

UNIVERSIDAD DE MÁLAGA  
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE  
INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIÓN



PROYECTO FIN DE CARRERA

**ESTUDIO DE LA IDENTIFICACIÓN POR RADIO-  
FRECUENCIA (RFID) Y DESARROLLO DE SOFTWARE  
RELACIONADO CON EL CONTROL DE LA CADENA DE  
SUMINISTRO**

INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIÓN

Málaga, 2006

Virginia García Candel

UNIVERSIDAD DE MÁLAGA  
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE  
INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación: Ingeniería de Telecomunicación

Reunido el tribunal examinador en el día de la fecha, constituido por:

D. \_\_\_\_\_

D. \_\_\_\_\_

D. \_\_\_\_\_

para juzgar el Proyecto Fin de Carrera titulado:

**ESTUDIO DE LA IDENTIFICACIÓN POR RADIO-  
FRECUENCIA (RFID) Y DESARROLLO DE SOFTWARE  
RELACIONADO CON EL CONTROL DE LA CADENA DE  
SUMINISTRO**

del alumno D<sup>a</sup>. Virginia García Candel

dirigido por D. Francisco Javier González Cañete

ACORDÓ POR: \_\_\_\_\_ OTORGAR LA CALIFICACIÓN DE

\_\_\_\_\_

Y, para que conste, se extiende firmada por los componentes del tribunal, la presente diligencia.

Málaga, a \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2006

**El Presidente**

**El Vocal**

**El Secretario**

Fdo.: \_\_\_\_\_ Fdo.: \_\_\_\_\_ Fdo.: \_\_\_\_\_

UNIVERSIDAD DE MÁLAGA  
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE  
INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIÓN

**ESTUDIO DE LA IDENTIFICACIÓN POR RADIO-  
FRECUENCIA (RFID) Y DESARROLLO DE SOFTWARE  
RELACIONADO CON EL CONTROL DE LA CADENA DE  
SUMINISTRO**

REALIZADO POR:

Virginia García Candel

DIRIGIDO POR:

Francisco Javier González Cañete

**DEPARTAMENTO DE:** Tecnología Electrónica

**TITULACIÓN:** Ingeniería de Telecomunicación

**PALABRAS CLAVE:** RFID, *Middleware*, trazabilidad, cadena de suministro.

**RESUMEN:**

Estudio de la tecnología RFID y desarrollo de una aplicación de los procesos de gestión logística en centros de distribución, fábrica y puntos de venta. A través de esta aplicación, que incorpora la tecnología RFID a los procesos involucrados, se aportan la identificación automática a procesos que hasta hoy se habían llevado a cabo de forma manual. La aplicación permite la comunicación con dispositivos *hardware* RFID, el tratamiento de la información intercambiada entre estos dispositivos, y la comprobación automática de la entrada y salida de mercancías mediante el uso de la tecnología RFID.

**Málaga, Noviembre de 2006**

# ÍNDICE

CAPÍTULO 1. Introducción.....	1
CAPÍTULO 2. Sistema RFID.....	5
2.1 Componentes hardware de un sistema RFID.....	5
2.1.1 Tags pasivos vs tags activos.....	8
2.1.2 Radio frecuencia.....	9
2.1.3 Capacidad de lectura / escritura.....	10
2.2 Componentes software de un sistema RFID.....	10
2.2.1 RFID System Software.....	11
2.2.2 RFID Middleware.....	12
2.2.3 Host Application.....	14
2.3 El presente y el futuro del RFID.....	15
2.3.1 Utilidades actuales de RFID.....	15
2.3.2 RFID en la cadena de suministro.....	16
2.3.3 RFID en el sector público.....	17
2.3.4 Aplicaciones RFID emergentes.....	17
CAPÍTULO 3 Fundamentos RF de un sistema RFID.....	19
3.1 Campo Magnético.....	20
3.1.1 Diámetro Óptimo.....	21
3.1.2 Selección de la frecuencia adecuada para sistemas RFID de acoplamiento inductivo.....	23
3.2 Campo electromagnético.....	25
3.2.1 Transición de campo próximo a campo lejano.....	25
3.2.2 Densidad de radiación.....	27
3.2.3 Polarización de las ondas electromagnéticas.....	27
3.2.4 Reflexión de las ondas electromagnéticas.....	28
CAPÍTULO 4. Componentes hardware RFID.....	31
4.1 Tags.....	31
4.1.1 Aptitudes básicas de un tag.....	31
4.1.2 Características físicas.....	32
4.1.3 Fuente de alimentación.....	33
4.1.4 Interfaz aire.....	34

4.2 Lectores .....	46
4.2.1 Componentes físicos de un lector RFID .....	46
4.2.2 Componentes lógicos de un lector RFID .....	50
4.2.3 Impresoras y aplicadoras RFID.....	51
4.2.4 Tipos de lectores.....	53
4.2.5 Disposición de los lectores y las antenas .....	53
4.2.6 Configuración.....	56
4.3 Regulación y estandarización.....	58
4.3.1 Regulación.....	58
4.3.2 Estándares actuales.....	60
4.3.3 Regulación Radio .....	70
4.3.4 EN 302 208.....	72
CAPÍTULO 5. Aplicaciones.....	75
5.1 Aplicaciones RFID.....	79
5.2 Trazabilidad en el sector agroalimentario .....	80
5.3 Oportunidades relacionadas el almacenamiento y la distribución.....	84
CAPÍTULO 6. Introducción al lenguaje XML.....	91
6.1 Objetivos XML.....	92
6.2 Sintaxis XML.....	93
6.3 Algunas aplicaciones.....	99
CAPÍTULO 7. Visual Basic .Net .....	101
7.1 La programación orientada a objetos (OOP) .....	102
7.1.1 Herencia .....	102
7.1.2 Encapsulación.....	103
7.1.3 Polimorfismo .....	104
7.2 Clases, Objetos, y Miembros de una clase.....	104
7.3 Las partes o elementos de un proyecto de Visual Basic .NET .....	108
7.4 XML y Visual Basic .Net.....	113
CAPÍTULO 8. Desarrollo.....	117
8.1 Entorno de operación, estructura del sistema, y funcionalidad de la aplicación.....	118
8.1.1 Entorno de operación .....	118
8.1.2 Estructura del sistema .....	120
8.1.3 Funcionalidad de la aplicación.....	121
8.1.4 Generar Pedido .....	122
8.1.5 Consultar Pedido .....	125

8.1.6 Comprobar Pedido.....	130
8.2 Comunicación con el hardware RFID.....	135
8.2.1 Comunicación con la impresora RFID.....	135
8.2.2 Comunicación con el lector RFID.....	144
8.3 Tratamiento de la información transferida.....	153
8.3.1 Generación de pedido XML.....	154
8.3.2 Comprobación de pedido .....	159
CAPÍTULO 9 Conclusiones y líneas futuras.....	163
9.1 Conclusiones .....	163
9.1.1 Estudio de la tecnología y posibles aplicaciones .....	163
9.1.2 Selección del sector de aplicación y de la tecnología .....	164
9.1.3 Desarrollo de la aplicación de demostración.....	166
9.2 Líneas futuras .....	167
Referencias .....	169
Bibliografía .....	171
APÉNDICE A: Comandos CHUMP .....	173
A.1 Command Format .....	173
A.2 Reader Management Commands .....	173
A.3 Tag Commands .....	174
A.4 Flow Control Commands .....	174
A.5 Parameter Descriptions .....	175
APÉNDICE B: Comandos Fingerprint.....	177
B.1 Keyword List.....	177
B.2 Operators .....	178
B.3 Devices .....	180

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Componentes hardware de un sistema RFID .....	7
Figura 2.2 Componentes software RFID y su interdependencia .....	11
Figura 3.1 Relación dual entre campo magnético y campo eléctrico .....	20
Figura 3.2 Bucles conductores como antenas magnéticas .....	20
Figura 3.3 Intensidad de campo en relación al radio del bucle (R) y la distancia .....	21
Figura 3.4 Intensidad de campo en relación al radio del bucle .....	22
Figura 3.5 Sistema RFID HF .....	23
Figura 3.6 Intensidad de campo en función a la distancia .....	26
Figura 3.7 Efecto radar .....	28
Figura 3.8 Retrodispersión (Backscatter) .....	30
Figura 4.1 Modos de comunicación entre lector y tag.....	36
Figura 4.2 Modulación ASK.....	37
Figura 4.2 Modulación FSK .....	37
Figura 4.2 Modulación PSK .....	37
Figura 4.5 Codificación Manchester Bi-fase .....	38
Figura 4.6 Codificación por intervalo de pulso PIE .....	38
Figura 4.7 Codificación espacial Bi-fase .....	39
Figura 4.8 Codificación Miller modificada .....	40
Figura 4.9 Esquema físico de un tag UHF .....	42
Figura 4.10 Relación entre portadora y subportadora .....	43
Figura 4.11 Acoplamiento magnético.....	44
Figura 4.12 Acoplamiento capacitivo .....	45
Figura 4.13 Componentes físicos de un lector RFID .....	47
Figura 4.14 Subsistema de antena .....	48
Figura 4.15 Modulación de la señal.....	48
Figura 4.16 Diagrama de bloques de la unidad de control .....	49
Figura 4.17 Componentes lógicos de un lector RFID .....	50
Figura 4.18 Portal RFID .....	54
Figura 4.19 Túnel RFID .....	55
Figura 4.20 Lector RFID de mano .....	55
Figura 4.21 Situación global de regulación de frecuencias RFID en la banda UHF .....	59

Figura 4.22 Especificaciones que cumple la norma EN 302 208 .....	60
Figura 4.23 Tipos de etiquetas definidos por EPC .....	64
Figura 4.24 Comunicación lector-etiqueta EPC Gen2 .....	67
Figura 4.25 Comunicación etiqueta-lector EPC Gen2 .....	67
Figura 4.26 Diagrama de estados de una etiqueta EPC Generation 2 .....	69
Figura 4.27 Potencia radiada equivalente permitida por la norma EN 302 208.....	72
Figura 4.28 Canales en la banda de 2W .....	73
Figura 5.1 Diferentes niveles de etiquetado en la cadena de suministro .....	84
Figura 5.2 Los cinco puntos principales de la cadena de suministro.....	85
Figura 5.3 Beneficios acumulados en los diferentes niveles de etiquetado.....	86
Figura 8.1 RFID en el Proceso de Distribución.....	119
Figura 8.2 Hardware RFID .....	120
Figura 8.3 Presentación inicial de la aplicación .....	121
Figura 8.4 Función Generar Pedido .....	122
Figura 8.5 Verificación de pedido .....	124
Figura 8.6 Generación de pedido .....	125
Figura 8.7 Consultar pedido .....	126
Figura 8.8 Diagrama de la operación Consultar Pedido .....	126
Figura 8.9 Consultar por zona .....	127
Figura 8.10 Consultar por rango de fechas .....	128
Figura 8.11 Consultar por nivel de etiquetado y producto .....	129
Figura 8.12 Selección de la preselección.....	129
Figura 8.13 Comprobar pedido .....	130
Figura 8.14 Diagrama de la operación Comprobación de Pedido .....	131
Figura 8.15 Conexión con el dispositivo lector RFID.....	132
Figura 8.16 Comprobación de pedido en curso .....	133
Figura 8.17 Detener lectura .....	134
Figura 8.18 Pedido completo .....	135
Figura 8.19 Proceso de generación de pedido .....	137
Figura 8.20 Procesos que intervienen en la comunicación con la impresora .....	140
Figura 8.21 Diagrama del proceso de comunicación Ethernet con el lector RFID.....	145
Figura 8.22 Fichero de texto .....	155
Figura 8.23 Conversión a XML.....	156
Figura 8.24 Proceso de conversión TXT to XML.....	159

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 3.1 Intensidad de campo en función al radio del bucle.....	22
Ecuación 3.2 Longitud de onda .....	25
Ecuación 3.2 Densidad de radiación.....	27
Ecuación 3.3 Potencia por retrodispersión (Scattered Power) .....	29
Ecuación 3.4 Densidad de radiación en recepción .....	29

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4.1 Bandas de frecuencias RFID .....	35
Tabla 4.2 Rango de lectura según la banda de trabajo .....	35
Tabla 5.1 Aplicaciones para las distintas bandas de frecuencia RFID .....	77
Tabla 7.1 Nodos más comunes en XML .....	114
Tabla 7.2 Métodos y propiedades de los nodos XML .....	114
Tabla 7.3 Métodos y propiedades específicos de los nodos XML.....	115

## ÍNDICE DE CÓDIGOS

Código 6.1 Organización en forma de elementos.....	94
Código 6.2 Elemento raíz .....	95
Código 6.3 Elemento vacío, única etiqueta .....	95
Código 6.4 Elementos anidados de un elemento vacío .....	96
Código 6.5 Elementos con atributos .....	96
Código 6.6 Namespace, identificador único .....	98
Código 8.1 Comandos Fingerprint en un archivo de texto .....	138
Código 8.2 Comunicación vía puerto serie .....	142
Código 8.3 Escucha continua sobre el puerto serie .....	143
Código 8.4 Estructura del fichero de configuración.....	146
Código 8.5 Comunicación vía socket TCP / IP .....	149
Código 8.6 Selección de los parámetros de configuración TCP / IP .....	150
Código 8.7 Recuperar el comando versión.....	152
Código 8.8 Recuperar el comando protocolos.....	152
Código 8.9 Conversión de TXT a XML.....	158
Código 8.10 Procesado de datos Samsys MP9320 .....	161
Código 8.11 Función Comprobacion_Lectura .....	162

### **CAPÍTULO 1. Introducción**

La tecnología de identificación por radio frecuencia, RFID (*Radio Frequency Identification*), no es una tecnología realmente nueva, pero en la actualidad se está aplicando en nuevos sectores gracias a los avances tecnológicos y al descenso en los costes de la electrónica. Se usó por primera vez en la segunda guerra mundial con el fin de identificar aviones amigos y actualmente lo podemos encontrar en gran variedad de servicios, tanto públicos como privados, desde un hospital hasta una autopista.

En un sistema RFID, un artículo se etiqueta con un pequeño chip de silicio y una antena; el chip y la antena (a ambos juntos se le denomina 'tag') será escaneado por lectores fijos o móviles a través de ondas de radio frecuencia, RF (*Radio Frequency*). Dentro del chip se podrá grabar información de identificación única (*tagID*), permitiendo al dispositivo lector identificar de forma única cada artículo o elemento etiquetado. Por ejemplo, en una tienda de ropa, cada chaqueta en particular, incluyendo características diferenciadoras como talla y color, podrán identificarse de forma electrónica. En una farmacia, un químico puede hacer una receta de un medicamento que lleva su etiqueta RFID confirmando así la autenticidad de su contenido. En las autopistas, los coches con etiquetas RFID en sus parabrisas, pueden moverse rápidamente a través de los peajes ahorrando tiempo y reduciendo la congestión de tráfico. En casa, se puede implantar un chip RFID a los animales domésticos para facilitar la identificación de sus dueños en caso de pérdida. En cada uno de estos casos será necesario que un lector RFID escanee las etiquetas, extraiga la información contenida en ellas y la pase a una base de datos que la interprete. El *tag*, el lector RFID y la base de datos son los elementos básicos de un sistema RFID.

Los defensores del RFID creen que la capacidad de estos sistemas de proporcionar de una forma precisa y segura información de los elementos o artículos etiquetados, mejorará la eficiencia y proporcionará de igual forma grandes beneficios tanto a los negocios como a los consumidores. Uno de los minoristas más importantes a nivel mundial (Wal-Mart), ha obligado a todos y cada uno de sus grandes proveedores a etiquetar con RFID los palets y las cajas de producto suministrado. Otras empresas en los Estados Unidos y el resto del mundo están investigando para poder seguir las

## Capítulo 1. Introducción

---

mismas directivas. Además del sector minorista, las bibliotecas también están etiquetando libros y se está motivando a la industria farmacéutica para que etiquete también sus productos evitando así posibles falsificaciones.

Mientras estos desarrollos ofrecen beneficios considerables tanto a la industria como a consumidores, existen aplicaciones que rallan la preocupación por lo que concierne a la privacidad. La capacidad de codificar un identificador único a nivel de artículo final, yendo más allá del palet o la caja, ha revolucionado el pensamiento de la gestión de inventario pero también ha suscitado el temor de que esta tecnología se utilice para el seguimiento de productos fuera de la tienda, e incluso en casa del consumidor, monitorizando el comportamiento de los individuos. Del mismo modo que pasó con Internet, estas preocupaciones deben ser expuestas para que se tengan en cuenta a la hora de desarrollar sistemas de este tipo. Se necesita una gran labor de formación para que el consumidor entienda la tecnología, cómo puede encontrarla en sus diferentes aplicaciones y cómo la ley lo protege frente a cualquier fraude.

En los capítulos que siguen se va a hacer una introducción progresiva de la tecnología RFID y de una de las aplicaciones, EPC (*Electronic Product Code*), que actualmente es objetivo de estudio para la organización de desarrollo de estándares GS1 (*Global Standardization*) en la banda de frecuencias UHF, que será la base de la aplicación desarrollada en el proyecto.

El capítulo dos permite hacer una idea de la estructura básica de un sistema RFID. Detalla los componentes básicos y el modo de operación de cada uno de ellos. También define las características variables del sistema y de cada uno de sus componentes, que serán determinantes en la operación y aplicación final del sistema diseñado. El capítulo tres es un inciso en los fundamentos de radio frecuencia en los que está basada la tecnología RFID. Es necesario hacer un repaso para poder interpretar las diferentes variantes que ofrece esta tecnología dependiendo de la frecuencia de operación del sistema. El capítulo cuatro hace una descripción detallada de cada uno de los componentes de un sistema RFID básico. Estará estructurado en tres partes, etiquetas RFID (*tags*), dispositivos lectores y antenas RF, y finalmente se hará una breve descripción de las diferentes normativas RF y estándares RFID bajo los que cualquier sistema RFID debe trabajar.

## Capítulo 1. Introducción

---

Una vez introducidos en el mundo de la identificación por radiofrecuencia y cada una de sus variantes según el estándar al que se adapte, se anotarán, en el capítulo cinco, las principales aplicaciones en las que esta tecnología aporta ventajas operativas. De entre las diferentes puntualizaciones se destacará la aplicación que se ha citado anteriormente, el EPC, o la gestión de la cadena de suministro, citando cada uno de sus puntos débiles y cómo la tecnología RFID puede ayudar a fortalecerlos. Este capítulo nos introduce en la necesidad que ha generado la razón de este proyecto.

Con estos cinco capítulos se considera suficiente para que el lector comprenda la causa o el porque de desarrollar una aplicación, o un proyecto en torno a la tecnología RFID, y en concreto para una aplicación EPC.

En adelante, la memoria va a desarrollar cada uno de los pasos que se han seguido durante el desarrollo de la aplicación de gestión para la cadena de suministro utilizando tecnología RFID. El capítulo seis habla del lenguaje de XML (*eXtensible Markup Language*), introduciéndolo para que más adelante se comprenda como se ha utilizado en el desarrollo del proyecto. En el capítulo siete se habla del lenguaje de programación y la plataforma de desarrollo que se ha seleccionado para la implementación de la aplicación, en este caso Visual Basic .Net.

El capítulo ocho describe la arquitectura y el desarrollo de la aplicación de gestión. Este capítulo se divide en tres partes, una primera en la que se transmite la funcionalidad de la aplicación, la estructura o arquitectura, y el entorno gráfico. El siguiente apartado, trata la parte de comunicaciones entre la plataforma de gestión y los dispositivos *hardware* RFID. Este apartado tiene bastante peso dentro del grueso del proyecto, ya que es donde se está en contacto con la tecnología. Una última sección, habla del tratamiento de la información, del '*middleware*' que se ha desarrollado para poder interpretar la información que se transfiere desde y hacia el *hardware* RFID.

En el capítulo nueve se recogen las conclusiones globales rescatadas de la memoria final del proyecto. Además se incluyen posibles líneas futuras sobre las que se pueda trabajar en base a este desarrollo.



### **CAPÍTULO 2. Sistema RFID**

Entender los dispositivos RFID y cómo trabajan no es fácil si se tiene en cuenta los aspectos políticos que le rodean. Se hacen referencias generalizadas a esta tecnología que no son del todo correctas, por ejemplo RFID por si misma no es una tecnología de seguimiento (*tracking*). Sólo en los lugares donde se encuentren instalados los lectores RFID se podrá hacer seguimiento de los artículos etiquetados. Nunca podrá compararse con un sistema de posicionamiento global, GPS (*Global Positioning System*) que utiliza una red de satélites para localizar de forma muy puntual la situación o posición de un receptor. La tecnología RFID por si misma sirve para gran variedad de aplicaciones, desde tarjetas de identificación que son detectadas o leídas a varios centímetros de distancia del lector RFID, hasta sistemas de autopistas que utilizan etiquetas RFID activas que pueden iniciar la comunicación con el lector a una distancia de hasta 30 metros.

Aunque los componentes *hardware* son los responsables de la identificación y la captura de datos, un sistema RFID no es útil sin la capacidad de gestión y manipulación de datos que proporcionan los componentes *software*.

#### **2.1 Componentes hardware de un sistema RFID**

Un sistema RFID tiene tres elementos primarios: el chip, la antena y el lector RFID. Una cuarta parte también importante en un sistema RFID será la base de datos que contiene información relacionada con los elementos etiquetados y sin la cual el sistema quedaría cojo.

El **chip**, normalmente hecho de silicio, contiene información del artículo al cual está unido. Los chips utilizados por los minoristas y fabricantes para identificar sus artículos deben contener un Código Electrónico de Producto, EPC (Electronic Product Code). El EPC es el equivalente en RFID al código universal de producto, UPC (Universal Product Code) o código de barras que actualmente se encuentra impreso en casi todos los productos. Los códigos necesitan un escáner óptico y además solo tienen información genérica del producto y no particularizada. Por el contrario, el chip EPC se

encripta con un código de identificación único perteneciente al producto al que está unido y se puede leer mediante radio frecuencia, sin necesidad de tener visibilidad directa. Este código contiene los datos necesarios para hacer un seguimiento o trazabilidad de la autenticidad y la localización de los productos a través de la cadena de suministro, desde la fabricación hasta el punto de venta.

- **La antena** unida al chip es la responsable de la transmisión de información del *tag* hacia el lector RFID. Normalmente cuanto mayor es la antena mayor es el rango de lectura o distancia de identificación. El conjunto de chip más antena se conoce como transpondedor (transmisor / respondedor) o más comúnmente *tag*. Un dispositivo que emite una señal identificable en respuesta a una interrogación.
- **El lector** RFID, o dispositivo de escaneo que casi siempre tiene su propia antena para comunicarse con el *tag*. Los lectores varían en forma, tamaño y potencia y pueden ser móviles o estáticos. Aunque cualquiera que maneje un dispositivo lector puede escanear un *tag*, los sistemas RFID utilizan el cifrado y la autenticación para evitar lecturas no autorizadas. Leer *tags* es el proceso de comunicación mediante ondas de radio frecuencia entre un *tag* y un lector funcionando a una determinada frecuencia. Un lector puede escanear un *tag* sin necesariamente tenerlo a la vista. Del mismo modo que puede procesar el escaneo de varios *tags* de forma simultánea. Es aquí donde se detecta la gran ventaja con respecto a los códigos de barras, un incremento notable de la velocidad de lectura o identificación.

Algún ejemplo de las diferentes formas que puede tener un lector según la aplicación podría ser, un lector estático para el control de cajas etiquetadas que entran en un almacén, un lector móvil para monitorizar el inventario de una planta minorista y un prototipo global embebido para escanear actividades domésticas diarias.

- **El host**, o cualquier otro sistema logístico final, almacena información sobre los elementos etiquetados. Antes de entender la información almacenada por el tag, es necesario acceder al lector y a la base de datos. Con el fin de interpretar esa información, el lector debe ser capaz de comunicarse con la

## Capítulo 2. Sistema RFID

---

base de datos. Uno de los protocolos desarrollados para fabricantes, usa chips embebidos con un EPC de 96 bits. Este número incluye varios campos entre los que destacan la identificación de fabricante, del producto, el tamaño, el paquete y un identificador único. Este sistema “*EPC global network*” hace un llamamiento a una red segura de servidores que comparten información obtenida de los artículos etiquetados que se mueven a través de la cadena de suministro. Los datos se almacenarían en bases de datos miembros de EPC global, cuyo acceso será controlado por estas mismas compañías miembro. Para poder interpretar todos los campos de dicho código, existe un directorio, o Servicio de Nombramiento de Objetos, ONS (Object Naming System), que indicará al lector el camino donde la información relacionada con el *tag* se encuentra almacenada. El ONS funciona como un navegador de Internet que interpreta la dirección URL (*Uniform Resource Locator*) como un sitio web. En el contexto RFID, el ONS interpreta el servidor donde se encuentra almacenada la información respectiva al *tag* en cuestión. Las bases de datos serán diferentes según la aplicación, en el caso de una autopista con pago automático, las bases de datos enlazan números de identificación almacenados en el *tag* con la cuenta prepago asociada.

La figura 2.1 muestra la configuración básica de los elementos *hardware* de un sistema RFID básico.

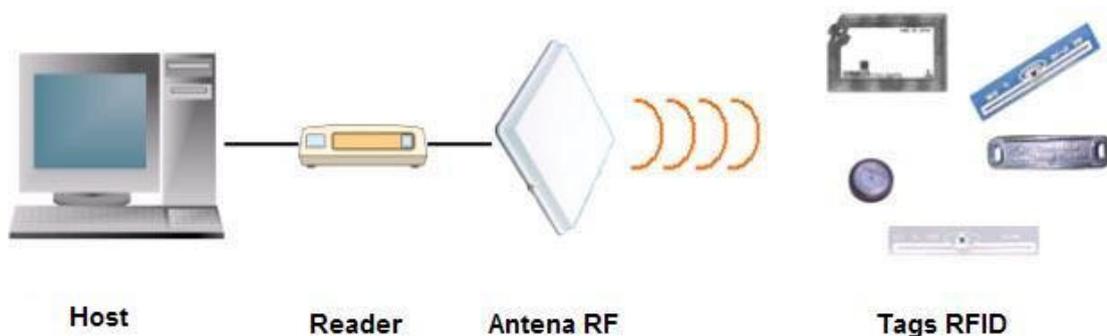


Figura 2.1 Componentes *hardware* de un sistema RFID

Aunque casi todos los sistemas RFID cuentan con estos componentes básicos, otras variables afectan al uso o la configuración de las aplicaciones para las que podría ser adecuado un determinado *tag*. Como se verá a continuación algunos factores clave serán: usar un *tag* activo o pasivo; qué frecuencia utilizar; la medida de las antenas unidas a los chips; cuanta y que información irá contenida en el chip; y si el *tag* permitirá lectura / escritura o simplemente lectura. Estos factores serán determinantes en el rango de lectura del sistema así como en el tipo de objetos que podrán etiquetarse. También tendrán repercusión en los costes, una consideración comercial muy importante cuando hay que etiquetar un gran volumen de artículos.

### 2.1.1 Tags pasivos vs tags activos

Existen tres tipos de *tags* RFID diferenciados por cómo, cada uno de ellos, se comunican e inician la comunicación.

- **Los tags pasivos** no tiene alimentación propia, no tienen batería, y no inician la comunicación. El lector debe interrogar primero al *tag* pasivo, enviando ondas electromagnéticas que se acoplen a la antena del *tag*. Acorde con la autenticación, comprobación y cifrado, el *tag* responde a la interrogación enviando vía radio la información contenida en él. Actualmente, dependiendo de la forma de la antena y la frecuencia de trabajo, un *tag* pasivo puede ser leído desde una distancia de hasta nueve metros (9 m). Los *tags* pasivos ya se están utilizando en una gran variedad de aplicaciones, entre ellas las tarjetas de acceso a edificios, billetes de transporte público y cada vez más en el seguimiento o trazabilidad de productos a través de la cadena de suministro. Dependiendo de la sofisticación del chip, cuanta memoria tiene o su capacidad de encriptación, un *tag* pasivo puede costar entre 20 céntimos y varios euros.
- **Los tags semi-pasivos** no inician la comunicación con el lector, pero tienen sus propias baterías. Esta alimentación propia la usan para activar la circuitería del chip y almacenar información ambiental como por ejemplo la temperatura ambiente. Los *tags* semi-pasivos se combinan con sensores

inalámbricos que monitorizan los factores ambientales. Una cadena de supermercados utilizaría estas etiquetas para hacer un seguimiento del uso y consumo de energía, y en un viñedo se podría utilizar para medir los cambios climatológicos y estudiar como afectan éstos a las uvas. Actualmente estos dispositivos pueden llegar a costar hasta 100€es, aunque se prevé que en los próximos años el precio descienda hasta unos 10€la unidad.

- **Los tags activos** pueden iniciar la comunicación y normalmente tienen su propia alimentación. Poseen el mayor rango de lectura, de hasta 30 metros. Actualmente un *tag* activo puede llegar a costar unos 15€ La aplicación más común es el pago automático en autopistas, proporcionando a los usuarios carriles especiales en los que no es necesario pararse y pagar.

### 2.1.2 Radio frecuencia

La comunicación entre los *tags* y los lectores RFID depende de la frecuencia de operación. Determina la velocidad de comunicación y la distancia de lectura, normalmente a mayor frecuencia, mayor rango de lectura. Los *tags* de baja frecuencia, LF (*Low Frequency*), que trabajan a 135 kilohercios (kHz), son apropiadas para aplicaciones de corto alcance como identificación de animales y sistemas antirrobo, como llaves de coche con RFID embebido. Los sistemas que operan a 13,56 megahercios (MHz) se caracterizan como sistemas de alta frecuencia, HF (*High Frequency*). Ambos sistemas, HF y UHF pueden ser pasivos. Un lector puede leer muchos *tags* HF de forma simultanea y a una velocidad superior que en HF. Una de las aplicaciones básicas de HF son las tarjetas inteligentes, de acceso a edificios o a modo de billete en transporte público.

La tercera frecuencia de operación, UHF (ultra HF), se contempla para uso generalizado en los mayoristas, que están luchando por que los proveedores etiqueten las cajas y los palets con etiquetas UHF. Estas etiquetas trabajan alrededor de los 900 MHz, las distancias de lectura fuera de laboratorio, en un entorno real, pueden llegar desde 1 metro hasta 4 metros. Sin embargo los *tags* UHF son más sensibles a las condiciones ambientales como el agua que absorbe la energía e impide la comunicación con el lector.

### 2.1.3 Capacidad de lectura / escritura

Finalmente, otra característica de los *tags* RFID es la capacidad de lectura / escritura o un único estado de lectura. Esto hace referencia a la capacidad de un *tag* para añadir datos en el chip durante su ciclo de vida. La información contenida en un *tag* de sólo lectura no puede ser alterada, en cambio un *tag* de lectura / escritura es capaz recibir y almacenar información adicional. Las aplicaciones de lectura / escritura son más habituales cuando se reutilizan los *tags*. Estos son más sofisticados y caros que los que sólo permiten acceso a lectura. Además las aplicaciones de lectura / escritura tiene un rango de operación menor, debido a que una operación de escritura requiere más estabilidad y potencia de señal. Los *tags* de sólo lectura se utilizan para etiquetado a nivel de artículo en centros minoristas ya que son menos caros y pueden proporcionar gran cantidad de direccionando al lector hacia la base de datos asociada donde se encuentra la información del artículo etiquetado.

## 2.2 Componentes software de un sistema RFID

Las características y funcionalidades de los componentes *software* de un sistema RFID varían mucho dependiendo de los requisitos de la aplicación final. Estos componentes se pueden clasificar entres categorías:

- *RFID system software*
- *RFID middleware*
- *Host application*

Aunque se pueden ver estos tres sistemas de forma independiente, es razonable encontrar alguna funcionalidad común a los tres componentes *software*. La figura 2.2 muestra estas interdependencias funcionales entre los tres componentes.

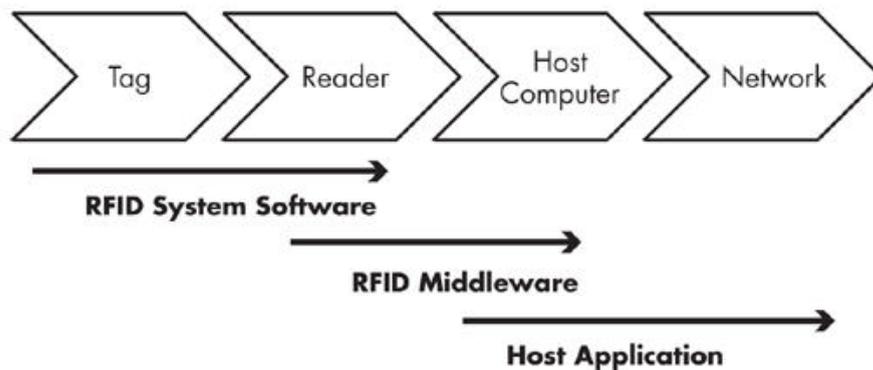


Figura 2.2 Componentes *software* RFID y su interdependencia

### 2.2.1 RFID System Software

El *software* de sistema RFID es una colección de operaciones necesarias para permitir la interacción básica entre el dispositivo lector y el *tag*. Básicamente, la comunicación se realiza a nivel de procesamiento de señales radio. Se necesita *hardware* RF, *software* de muy bajo nivel (firmware), y un sistema *software* de alto nivel para gestionar el flujo de datos que se intercambian entre el dispositivo lector y el *tag*. A continuación se destacan las operaciones básicas requeridas a nivel de comunicación *tag-reader*.

#### Lectura / Escritura

Estas son las dos operaciones básicas de un *tag*. El dispositivo lector solicita al *tag* una operación de lectura o escritura de datos sobre él. El *tag*, accede a su memoria para recuperar la información solicitada por el dispositivo lector y transmite esta información de vuelta a este. También se puede hacer llegar información hacia el *tag* a través la aplicación cliente, para que esta sea almacenada en la memoria del *tag*, siempre que el *tag* tenga la capacidad de escritura.

#### Anticolisión

El *software* de anticolisión se utiliza cuando se produce una situación en la que múltiples *tags* se encuentran en el campo RF generado por el dispositivo lector y deben

ser identificados de forma simultanea. Esta situación es bastante común en aplicaciones de cadena de suministro. Por ejemplo en una aplicación de inventario implementada en un almacén cientos de objetos etiquetados pueden aparecer en el campo RF del lector de forma simultanea. La operación de anticollisión requiere la cooperación del lector y el *tag* para minimizar el riesgo de que varios *tags* respondan al mismo tiempo, colisionando las respuestas provocando errores de comunicación. En ocasiones los algoritmos implementados son tan simples como la espera de un tiempo aleatorio antes de responder a la petición del dispositivo lector.

### **Detección / Corrección de errores**

Un lector puede implementar *software* sofisticado para la detección y corrección de posibles errores de transmisión desde el *tag*. Este *software* puede incluir programación para detectar y descartar datos incompletos o información duplicada.

### **Cifrado, Autorización, y Autenticación (Seguridad)**

El cifrado, autorización, y autenticación son útiles cuando se necesita un intercambio de información seguro entre el lector y el *tag*. Ambos, lector y *tag*, deben cooperar para conseguir ejecutar el protocolo necesario para conseguir el nivel de seguridad deseado. Por ejemplo, para prevenir a un dispositivo lector no autorizado capturar información de un *tag*, el *tag* y el lector deben ejecutar un protocolo de autorización intercambiando un código o clave secreto. Después de compartir y validar esta información, el *tag* ya puede transmitir la información hacia el lector.

### **2.2.2 RFID Middleware**

El *middleware* RFID consiste en un conjunto de componentes *software* que actúan como un puente entre los componentes *hardware* del sistema RFID (*tags* y dispositivos lectores) y la aplicación cliente. No se debe confundir el termino *middleware* RFID con el *middleware* que se utiliza en aplicaciones TI para empresas. En este otro caso, aplicaciones TI para empresas, el *software* *middleware* se utiliza para conectar diferentes piezas de la aplicación *software* de empresa. Este realiza dos operaciones principales:

- Monitorizar el estado de salud de los dispositivos del sistema RFID (de los lectores)
- Gestionar la infraestructura específica RFID (lectores y *tags*) y el flujo de información

Estas operaciones son relativas y a veces comparten o manejan información común. Además, complementan requisitos de aplicaciones muy diversas y tiene características únicas. La mayoría de los vendedores de *middleware* RFID ofrecen *software* que contiene ambas operaciones en el mismo paquete. Aunque, como en cualquier paquete *software*, cada uno implemente estas operaciones con un grado de sofisticación diferente. La elección de un paquete concreto debe estar basada en los requisitos de la aplicación final.

### **Monitorización**

Esta función consiste en centralizar la monitorización y los informes del estado de salud de los dispositivos lectores en el sistema RFID, dentro de la aplicación disponible RFID. Es una operación esencial en entornos donde hay varios dispositivos lectores distribuidos en una o varias localizaciones y una monitorización manual o visual no es posible. Por ejemplo, en el caso de estar gestionando un gran almacén donde se encuentran varios transportadores motorizados (*conveyors*) equipados con dispositivos lectores que automáticamente recogen la información de los artículos etiquetados que se desplazan sobre el transportador. En este caso, es importante que cuando el dispositivo lector sufra algún fallo de operación o malfuncionamiento se genere una alerta lo antes posible en el puesto centralizado de gestión de almacén. De esta forma se detecta el problema en tiempo real.

En una situación ideal, el *software* de monitorización debe ser capaz de manejar otros dispositivos además de los lectores RFID, por ejemplo cuando utilizamos también lectores de código de barras o impresoras RFID.

### **Gestión**

Esta operación consiste en la codificación, recolección, procesamiento, filtrado, y agregación de la información transmitida entre los *tags* y los dispositivos lectores para la consiguiente integración en la aplicación cliente. Esta función es muy interesante en entornos donde los dispositivos lectores recogen gran cantidad de información, ráfagas

de datos o cadena de datos de *tags*, como en una aplicación de cadena de suministro. La información de los *tags* necesita ser tratada para eliminar lecturas duplicadas, o filtrarla, y la generación de alertas es importante a la hora de definir reglas de recolección de información.

Otra función importante que se desarrolla en esta fase es la normalización de los datos. En ausencia de estándares, el formato de datos que genera el dispositivo lector y los protocolos de comunicación con el host cliente son normalmente propietarios. Para operar en un entorno multi-propietario, el *middleware* RFID es responsable de traducir los diferentes formatos de los diferentes dispositivos lectores en uno sólo, un formato normalizado para una sencilla integración a nivel de aplicación cliente.

### 2.2.3 Host Application

La aplicación cliente recibe la información del *tag* procesada y normalizada a través del lector y del *middleware* RFID. La aplicación cliente normalmente es un *software* que existe en la empresa previo a la implementación del sistema RFID, como por ejemplo una aplicación de control de inventario, o una aplicación de gestión de almacén. Dependiendo del nivel de sofisticación del *middleware* RFID y de las capacidades de la aplicación cliente, esta no tiene que conocer la fuente de origen de información de la que van a llegarle los datos. Por ejemplo, en una aplicación de control de inventario se puede hacer un seguimiento exitoso de todos los productos en las estanterías del punto de venta sin necesidad de conocer cómo entra esta información en el sistema. Antes de que el sistema RFID se instale, la información podía introducirse manualmente o a través de un lector de código de barras. Si la aplicación cliente tiene un buen interfaz de entrada de datos, el *middleware* RFID sólo necesitará procesar y formatear la información procedente del *tag* y utilizar el protocolo definido por la aplicación cliente para pasar la información hacia el sistema.

No obstante, algunas aplicaciones cliente tienen que modificarse para poder aceptar información proveniente del *middleware* por falta de definición en el protocolo interfaz. Este escenario es común en aplicaciones antiguas o que han ido creciendo poco a poco.

En otros casos, será necesario trabajar o comprar una nueva aplicación host debido a que los sistemas de adquisición de datos son incompatible. Por ejemplo, en un sistema de control de acceso que previamente se había llevado a cabo con llaves metálicas, ahora necesita una aplicación *software* para hacer la gestión automática de autenticación y permiso de paso.

Es importante anotar que existe un reto significativo en la adaptación de un sistema RFID hacia la aplicación cliente. No será común encontrar aplicaciones de empresa que sean capaces de manejar toda esta nueva información. Por ejemplo, en una solución típica de cadena de suministro, los artículos son identificados a través del EPC (Código Electrónico de Producto). El EPC es una variante del código EAN-UCC utilizado en los sistemas de código de barras, y permite codificar más información del artículo que el código EAN-UCC. Los modelos de negocio de cadena de suministro y las soluciones que emplean EAN-UCC, ahora tienen acceso a esa nueva y extendida información y deben ser capaces de manejarla. A esto se le conoce como el reto del identificador único o serializado. Los negocios deben rediseñar sus aplicaciones y modelos de negocio para que sean capaces de conseguir los beneficios reales que puede generar manejar esta información adicional a través de los sistemas RFID.

### **2.3 El presente y el futuro del RFID**

Ambos sectores, tanto el público como el privado, aplican la tecnología para mejorar la entrega de bienes y servicios.

#### **2.3.1 Utilidades actuales de RFID**

Algunos usuarios están familiarizados con el empleo de tarjetas de identificación que autentican al poseedor antes de darle paso. Otro uso relacionado es para acceso a eventos como parques de recreo, áreas de esquí o conciertos donde se utilizan brazaletes etiquetados o tiques. Algunos modelos de automóvil utilizan RFID en las llaves para autenticar al usuario proporcionando otra clave de seguridad antes de poner en marcha el coche. RFID también está revolucionando las autopistas al permitir a los conductores pasar por el peaje sin tener que parar a pagar. Un *tag* activo en el parabrisas del vehículo avisa al lector situado en el peaje de que un coche va a pasar. Éste se pone en

contacto con la base de datos que asocia el identificador del *tag* con la cuenta de prepago a la que se carga el importe.

### 2.3.2 RFID en la cadena de suministro

La verdadera revolución del RFID está ocurriendo fuera del alcance de visión público; en almacenes, centros de distribución y otras fases de la cadena de suministro. El impacto del RFID en el flujo de bienes a través de la cadena de suministro afecta no sólo a fabricantes, distribuidores y minoristas, sino también a consumidores. Como resultado de una distribución más eficiente debido al uso de RFID, los consumidores podrán encontrar lo que buscan, cuando lo necesiten y posiblemente a precios más bajos.

La industria minorista sufre unas pérdidas anuales de billones de euros debido a la poca visibilidad en la cadena de suministro. La incapacidad de localización de productos a medida que éstos hacen su camino desde la fábrica hasta el punto de venta, resulta en falta de *stock* o inventarios imposibles.

RFID puede ayudar a prevenir estos lapsus mejorando la visibilidad en múltiples fases de la cadena de suministro. Los lectores RFID recogen información sobre los artículos etiquetados a medida que éstos viajan desde la fábrica hacia almacenes y centros de distribución, y finalmente a los puntos de venta. RFID también mejora la precisión de escaneo de información con respecto al código de barras, que es más vulnerable a errores humanos. Toda esta precisión en cuanto a información de producto hace que los minoristas tengan menos problemas a la hora de tener sus necesidades de *stock* cubiertas y eliminar todo aquello que no sirva de sus mostradores.

También hay que remarcar otra disciplina que cubre RFID que es la reducción de las pérdidas involuntarias o robos. La lectura o identificación RFID es mucho más rápida que la lectura óptica de códigos de barras, por ello los productos se mueven diez veces más rápido por la cadena de suministro que en el caso de códigos de barras. RFID también facilita la retirada del mercado de determinados productos ya que se tiene conocimiento de la posición de dichos productos en la cadena de suministro. Además puede contribuir a la frescura de los productos controlando la fecha de caducidad.

### 2.3.3 RFID en el sector público

RFID está siendo contemplado por entidades gubernamentales con el fin de conseguir objetivos similares a los que pretende el sector privado. El departamento de defensa de los Estados Unidos, DoD (*Department of Defense*) hizo un mandato en 2003 para que todos sus suministradores etiquetaran sus productos con RFID para junio de 2005 y algunas bibliotecas públicas utilizan este sistema para el seguimiento de libros. Existen iniciativas para promover el uso de RFID en la industria farmacéutica para el 2007. Los fabricantes de fármacos principalmente etiquetarán los botes de prescripciones individualizadas, aunque será posible encontrar algunos medicamentos comunes etiquetados. El principal objetivo de esta iniciativa es combatir la falsificación estableciendo un expediente o pedigrí para cada producto farmacéutico. Otro posible uso gubernamental viene de otra entidad, el departamento de defensa nacional, DHS (*Department Homeland Security*), que propone el uso de RFID para el seguimiento y control del equipaje de los viajantes. Tanto los aeropuertos como las aerolíneas podrán tener un control inmediato del equipaje desde la facturación hasta el destino. Otra iniciativa de este departamento es incorporar un chip en el pasaporte con información biométrica como huellas dactilares, etc.

### 2.3.4 Aplicaciones RFID emergentes

Uno de los sectores que es foco de investigación RFID es el sector asistencia sanitaria, donde los dispositivos RFID se podrían utilizar en el seguimiento de equipos médicos y personas dentro de las instalaciones sanitarias. Otra aplicación tendría como objetivo mejorar el cuidado de nuestros mayores, etiquetando objetos clave en el hogar como botes de medicamentos, comida o electrodomésticos y mediante un sistema RFID embebido en un guante se podrían monitorizar los hábitos diarios de un individuo. Este sistema puede facilitar la independencia de ciudadanos mayores.



### **CAPÍTULO 3. Fundamentos RF de un sistema RFID**

La mayoría de los sistemas RFID (13,56 MHz) operan según los principios del acoplamiento inductivo. Por ello, para poder entender el proceso de activación y transferencia de datos, se requiere un repaso de los principios físicos del fenómeno magnético. Los campos electromagnéticos (ondas radio propiamente dichas) se usan en sistemas RFID a 30 MHz. Se estudiará la propagación de ondas en campo lejano. El campo eléctrico explota el acoplamiento capacitivo.

El funcionamiento básico de un sistema RFID pasivo, empieza por el *tag*. El *tag* pasivo no tiene su propia fuente de energía, necesita absorber la energía propagada por la antena del dispositivo lector para activar el chip y comunicarse con el lector enviándole la información contenida en su memoria. Conforme un *tag* se mueve a través del campo electromagnético generado por la antena del lector, éste se activa y transmite su información de identificación.

Tanto los dispositivos lectores como los *tags* necesitan de una antena RF para poder comunicarse vía radio. Las antenas son elementos pasivos que permiten la comunicación vía radio. Según la frecuencia de operación del sistemas así serán sus características físicas y de propagación.

Cualquier corriente eléctrica variable que fluye a través de un material conductor genera un campo electromagnético alrededor. Del mismo modo, un campo electromagnético aplicado a una superficie conductora, genera una corriente eléctrica a través. La figura 3.1 muestra la relación dual entre campo magnético y campo eléctrico, propiedad física fundamental de la propagación por radio frecuencia. La región cercana a la fuente de corriente, al conductor, donde se captan las fuerzas magnéticas se denomina campo de inducción. Fuera del campo de inducción se encontrará el campo de radiación. Dependiendo de la frecuencia del sistema, será el campo de inducción o el de radiación quien activará el *tag*.

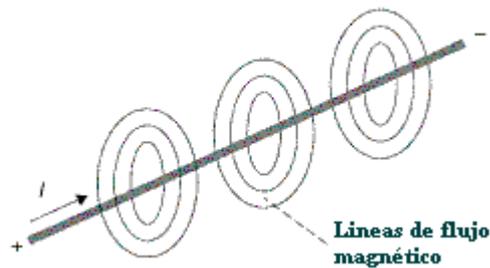


Figura 3.1 Relación dual entre campo magnético y campo eléctrico

- En sistemas de **LF** y **HF** el *campo de inducción* es suficiente fuerte como para activar los *tags*. El campo radiado no tendrá suficiente fuerza para hacerlo.
- En sistemas **UHF** será el *campo radiado* el que active los *tags*. Se trabaja en campo lejano.

### 3.1 Campo Magnético

En sistemas RFID de acoplamiento inductivo se utilizan bucles conductores como antenas para generar campos magnéticos. El campo magnético es particularmente intenso si el conductor tiene forma de bucle. Normalmente habrá más de un bucle,  $N$  bucles, de misma área, por los que fluirán la misma corriente. La figura 3.2 muestra una antena en forma de bucle con  $N=3$ .

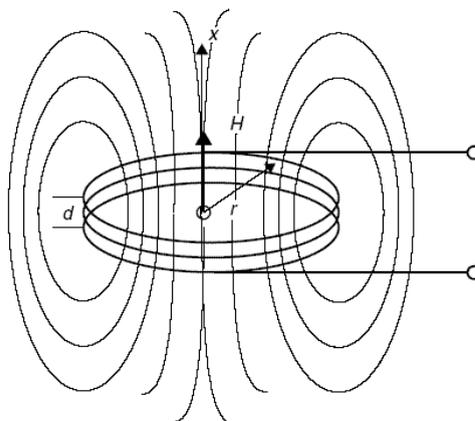
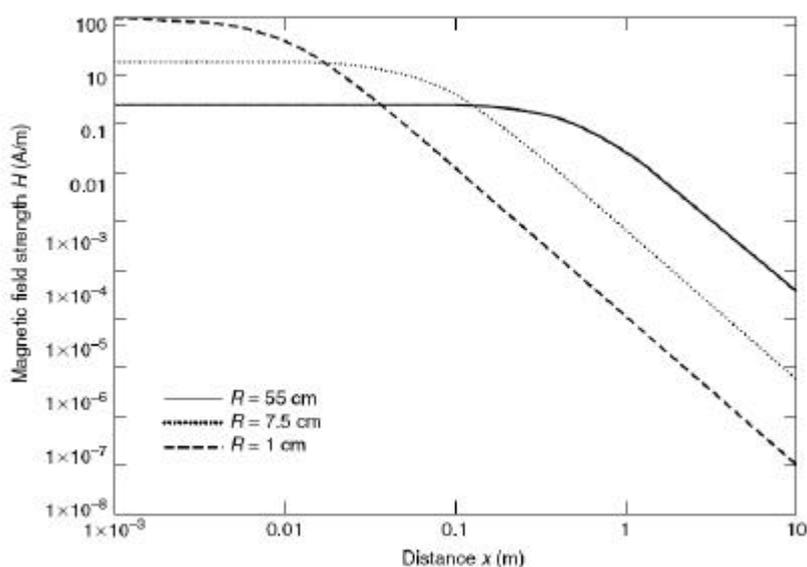


Figura 3.2 Bucles conductores como antenas magnéticas

La intensidad del campo magnético generado por el conductor decrece a medida que aumenta la distancia  $x$ , véase la figura 3.3. A su vez, la intensidad del campo magnético está estrechamente relacionada con el radio del bucle,  $r$ , figura 3.2. Se dice que la intensidad de campo para un determinado radio se mantiene constante hasta cierta distancia,  $x$ , y a partir de esta distancia cae rápidamente. En espacio libre, la caída es aproximadamente de 60dB por década en campo próximo a la antena.



**Figura 3.3** Intensidad de campo en relación al radio del bucle ( $R$ ) y la distancia

Si nos interesa el campo próximo a la bobina ( $x < R$ ) entonces una antena pequeña proporciona una intensidad de campo muy alta a una distancia  $x = 0$ . Pero si lo que nos interesa es tener intensidad de campo a una cierta distancia ( $x > R$ ) una antena grande es capaz de mantener la intensidad de campo máxima a cierta distancia de la antena.

### 3.1.1 Diámetro Óptimo

Dependiendo de la distancia de lectura que se quiera conseguir, habrá un diámetro óptimo de antena. La figura 3.4 muestra cómo varía el campo magnético en función de la variación del radio de la antena. Para encontrar una relación matemática hay que buscar el punto de inflexión de la función  $\mathbf{H}(\mathbf{R})$ , ver ecuación 3.1.

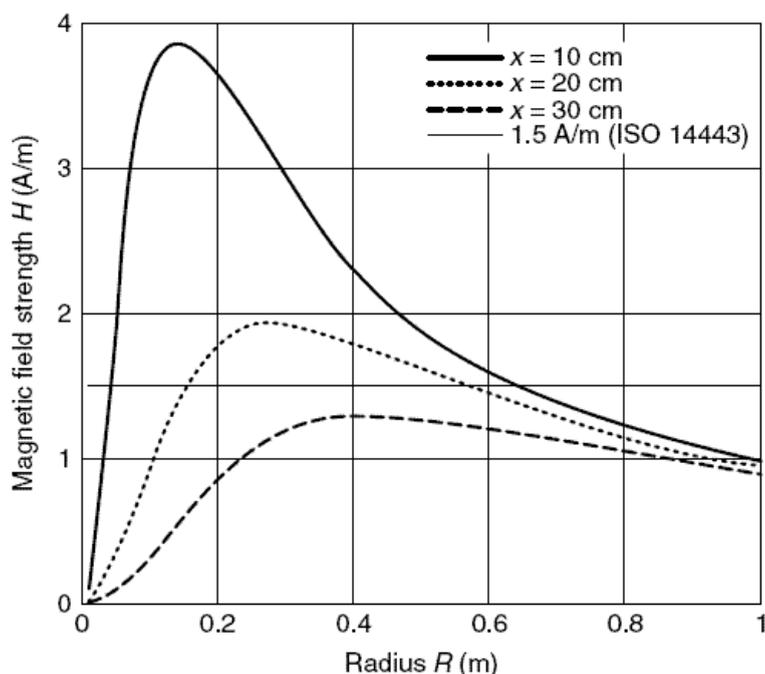


Figura 3.4 Intensidad de campo en relación al radio del bucle

$$H = \frac{I \cdot N \cdot R^2}{2\sqrt{(R^2 + x^2)^3}}$$

$$H'(R) = \frac{d}{dR} H(R) = \frac{2 \cdot I \cdot N \cdot R}{\sqrt{(R^2 + x^2)^3}} - \frac{3 \cdot I \cdot N \cdot R^3}{(R^2 + x^2) \cdot \sqrt{(R^2 + x^2)^3}}$$

$$R_1 = x \cdot \sqrt{2}; \quad R_2 = -x \cdot \sqrt{2}$$

Ecuación 3.1 Intensidad de campo en función al radio del bucle

Los puntos de inflexión, donde la función **H(R)** es máxima, se consiguen cuando el radio de la antena, bucle, es equivalente a la distancia de lectura, **x**, multiplicada por raíz de dos. También habrá que tener en cuenta el campo magnético mínimo que necesita el *tag* para activarse, si el radio de la antena es demasiado grande puede que la intensidad de campo sea demasiado baja para activar el transpondedor incluso a una distancia  $x = 0$ .

Teniendo en cuenta la propiedad física fundamental de la propagación por radio frecuencia, si trabajamos dentro del rango de frecuencia LF o HF, las antenas del dispositivo lector y de los *tags* tendrán forma de espiral y se comunicarán a través del efecto de inducción. La figura 3.5 hace referencia a un sistema RFID HF. La antena del lector será excitada por una fuente externa, batería, generando un campo magnético alrededor del conductor con suficiente potencia como para que a una determinada distancia, cualquier *tag* que pasé a través del campo generado acople la energía radiada a su antena y genere la corriente variable suficiente para activar e chip.

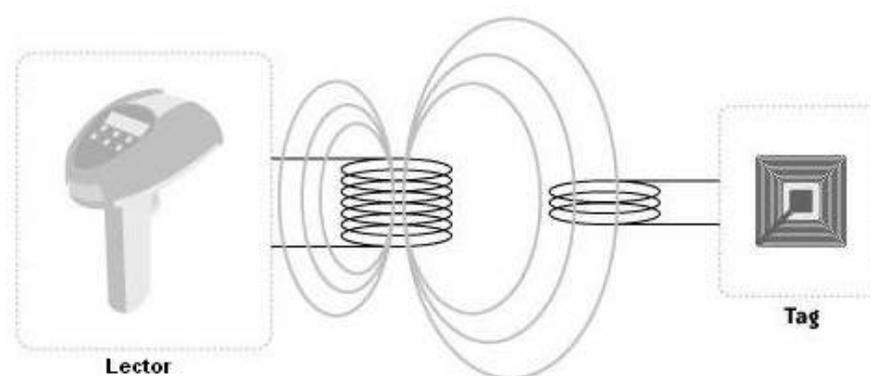


Figura 3.5 Sistema RFID HF

### 3.1.2 Selección de la frecuencia adecuada para sistemas RFID de acoplamiento inductivo

Hay que tener en cuenta las características de los escasos rangos de frecuencias disponibles a la hora de implementar un sistema RFID de acoplamiento inductivo.

Recordando el efecto de la intensidad de campo magnético en campo próximo y en campo lejano, la reducción de intensidad con el incremento de la distancia es de 60dB por década en un principio y una vez se alcanza el límite de campo lejano ( $\lambda/2\pi$ ) la atenuación se suaviza hasta 20dB por década. Este comportamiento ejerce gran influencia al determinar la frecuencia o rango de operación del sistema.

Dependiendo de la longitud de onda del sistema (inversamente proporcional a la frecuencia), el límite de campo lejano se encontrará a una distancia mayor o menor de la antena transmisora. Se conoce que si nos encontramos en el límite de campo lejano y

nos acercamos hacia la antena, la intensidad de campo incrementa 60dB por década, por tanto interesa trabajar a frecuencias bajas donde la longitud de onda es mayor y por tanto el área de campo próximo también es mayor.

Para una frecuencia de 6,78 MHz la intensidad de campo empieza a crecer 60dB por década a una distancia de 7,1 metros. Para una frecuencia de operación de 27,125 MHz ésto no ocurre hasta una distancia de 1,7 metros. A frecuencias menores a 135 kHz el caso es mucho más favorable, los límites de potencia están menos controlados ya que esta frecuencia no se encuentra en la banda ISM , por encima de 1 Mhz, y además el incremento de 60dB de intensidad de campo se consigue a una distancia de, por lo menos, 350 metros.

Por otro lado hay que tener en cuenta la eficiencia del sistema en relación al ancho de banda. Al medir el rango de un sistema de acoplamiento inductivo con la misma intensidad de campo magnético (H) a diferentes frecuencias, se observa que el rango se maximiza a frecuencias entorno a los 10 MHz. La eficiencia en la transmisión de potencia es bastante mayor que a frecuencias menores a 135 kHz.

Aunque este efecto se compensa con la permisibilidad en la intensidad de campo para sistemas a 135 kHz, los sistemas RFID consiguen un rango similar para ambas frecuencias.

- **< 135 kHz:** Se utiliza para rangos de lectura mayores y *tags* de bajo coste.
  - Niveles de potencia mayores
  - *Tags* con bajo consumo de energía debido a su frecuencia de reloj
  - *Tags* miniaturizados, identificación de animales
  - Cociente de absorción bajo y alta profundidad de penetración
- **13,56 MHz:** Se utiliza para aplicaciones de alta velocidad / alto procesamiento y media velocidad / bajo procesamiento
  - Válida a nivel mundial
  - Velocidad de transmisión (~106kbps)
  - Frecuencia elevada que permite funciones de encriptado y microprocesado.
  - Capacidad de adaptación de impedancias en el propio

### 3.2 Campo electromagnético

Para entender las ondas electromagnéticas, hay que recordar su principio físico fundamental; cualquier campo magnético induce un campo eléctrico con líneas de campo cerradas. El campo eléctrico rodea al campo magnético que varía con el tiempo. A su vez, el campo magnético rodea al campo eléctrico que varía con el tiempo. Debido a esta dependencia mutua de ambos campos variantes con el tiempo, hay un efecto cadena en el espacio.

La radiación sólo ocurre a la velocidad de propagación de la luz ( $c \sim 300\,000\text{ km/s}$ ) sobre el campo electromagnético. A una distancia  $\lambda/2$  de la antena, las líneas de campo no terminan sobre la antena sino que se cierran sobre sí mismas formando remolinos. Los remolinos que se crean en la dirección opuesta en los siguientes  $\lambda/2$ , impulsan a los remolinos existentes y a la energía almacenada, lejos del emisor a la velocidad de la luz,  $c$ . Cuando se alcanza cierta distancia los campos se sueltan del emisor y se produce la radiación electromagnética (campo lejano). A altas frecuencias, UHF, donde la longitud de onda es menor, la radiación generada es particularmente efectiva, ya que la separación de los campos se produce a una distancia muy próxima del emisor cuando la intensidad de campo aun es fuerte.

La distancia entre dos remolinos que rotan en la misma dirección se denomina *longitud de onda* ( $\lambda$ ).

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

Ecuación 3.2 Longitud de onda

#### 3.2.1 Transición de campo próximo a campo lejano

El campo principal generado por el bucle conductor empieza en la antena. Conforme el campo magnético se propaga el campo eléctrico va creciendo aumentado por la inducción. El campo que originalmente era magnético puro, se va transformando continuamente en un campo electromagnético. Además a una distancia de  $\lambda/2\pi$  el

campo electromagnético empieza a separarse de la antena y queda suelto en el espacio en forma de onda electromagnética. El área comprendida entre la antena y el punto donde se forma la onda electromagnética se denomina *campo próximo*, el área después del punto en que la onda electromagnética está totalmente formada y separada de la antena se denomina *campo lejano*.

Una vez formada la onda electromagnética, ésta no tiene ningún efecto retroactivo sobre la antena que la ha generado por acoplamiento inductivo o capacitivo. Por ello, en los sistemas RFID inductivos, cuando empieza el campo lejano, el acoplamiento inductivo no es posible. El campo lejano es un umbral insuperable para los sistemas de acoplamiento inductivo.

Conforme avanza en distancia, la intensidad de campo magnético mantiene una relación proporcional  $1/d^3$  en campo próximo. Esto se corresponde con una caída de 60dB por década, como se muestra en la figura 3.6. Cuando se sobrepasa el límite de campo lejano, la caída se suaviza debido a la separación del campo electromagnético de la antena. Ahora sólo el efecto de la propagación en espacio libre será relevante en cuanto a la intensidad de la señal con la distancia. El campo decrece acorde con la siguiente relación de distancia  $1/d$ , una caída de 20dB por década.

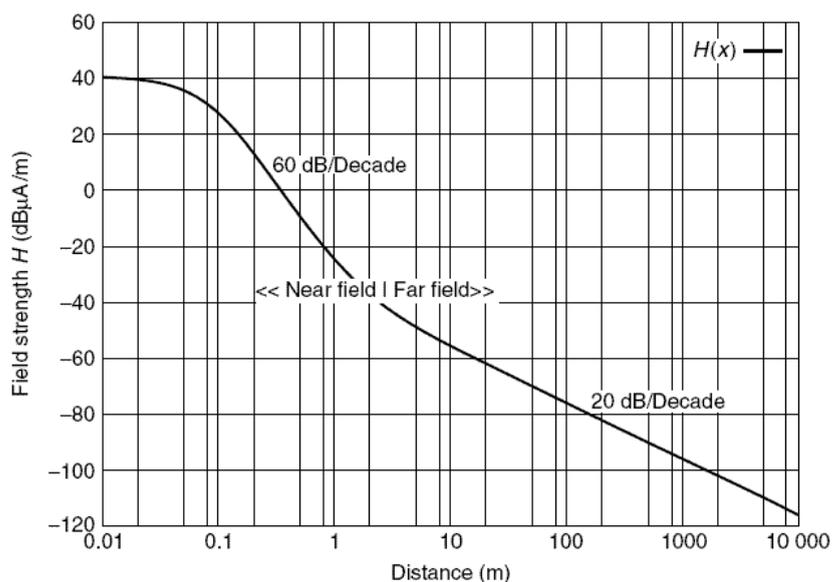


Figura 3.6 Intensidad de campo en función a la distancia

### 3.2.2 Densidad de radiación

Una onda electromagnética se propaga en el espacio con forma de esfera desde el punto de su creación. Al mismo tiempo la onda electromagnética transporta energía. A medida que la distancia incrementa, la energía se divide sobre la superficie esférica creciente. Ahí es donde se habla de potencia radiada por unidad de superficie o lo que es lo mismo *densidad de radiación S*.

En un emisor isotrópico, la energía se radia uniformemente en todas direcciones. A una distancia  $r$  la densidad de radiación  $S$  se puede calcular fácilmente como el cociente de la energía suministrada por el emisor  $P_{\text{EIRP}}$  y el área de superficie o esfera, ecuación 3.2.

$$S = \frac{P_{\text{EIRP}}}{4\pi r^2}$$

Ecuación 3.2 Densidad de radiación

### 3.2.3 Polarización de las ondas electromagnéticas

La polarización de una onda electromagnética viene determinada por la dirección de propagación del campo eléctrico de la onda. Se diferencia entre polarización lineal y polarización circular. En el caso de polarización lineal la dirección de las líneas de campo eléctrico en relación a la superficie de la tierra permite diferenciar entre polarización horizontal (líneas de campo paralelas a la superficie de la tierra) y polarización vertical (líneas de campo perpendiculares a la superficie de la tierra). Una antena dipolo es una antena lineal en la cual las líneas de campo eléctrico van en paralelo a los ejes del dipolo.

La transmisión de potencia entre dos antenas dipolo es óptima si las dos antenas tienen la misma dirección de polarización. La transmisión de potencia será mínima cuando la dirección de polarización de ambas antenas sea perpendicular,  $90^\circ$  o  $270^\circ$  en relación a la otra. En este caso se añade una caída de 20dB por pérdidas de polarización.

En los sistemas RFID no hay una relación establecida en cuanto a la posición u orientación de las antenas de los *tags* con respecto a las antenas del dispositivo lector. Esto puede conllevar fluctuaciones en el rango de lectura del sistema. Para salvar este problema se utilizan polarización circular en las antenas del lector. El principio de generación de la polarización circular no es más que la unión de dos dipolos en forma de cruz. Uno de los dos dipolos se alimenta con una línea defasada  $90^\circ$  ( $\lambda/4$ ). La dirección de polarización del campo electromagnético generado va rotando  $360^\circ$  cada vez que la onda se mueve una longitud de onda ( $\lambda$ ). La dirección de rotación del campo variará dependiendo del retardo de la línea. Habrá polarización circular a derechas y polarización circular a izquierdas.

En este caso se tendrá en cuenta una pérdida de polarización de 3dB, independientemente de la dirección de polarización de la antena receptora (*tag*).

### 3.2.4 Reflexión de las ondas electromagnéticas

Una onda electromagnética emitida en el espacio por una antena va a encontrarse con varios objetos. Parte de la energía de alta frecuencia que choca con los objetos es absorbida por éstos y convertida en calor; el resto de energía se dispersa en varias direcciones con diferente intensidad.

Una parte de esta energía dispersa encuentra el camino de retorno a la antena transmisora. La tecnología *Radar* utiliza esta reflexión para determinar la distancia y posición de objetos distantes, véase figura 3.7 .

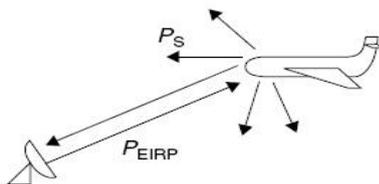


Figura 3.7 Efecto radar

En los sistemas RFID la reflexión de ondas electromagnéticas se usa para la transmisión de datos desde el *tag* hacia el lector (*backscatter*). Debido a que las

propiedades de reflexión se incrementan con la frecuencia, estos sistemas se utilizan sobre rangos de frecuencias de 868 MHz (Europa), 915 MHz (USA) y 2,45 GHz.

La antena del lector transmite ondas electromagnéticas en todas las direcciones a la potencia de transmisión  $P_{EIRP}$ . La antena del *tag* refleja la señal con una potencia  $P_S$  que es proporcional a la densidad de radiación  $S$  y al parámetro de dispersión  $\sigma$ , ecuación 3.3:

$$P_S = \sigma \cdot S$$

**Ecuación 3.3 Potencia por retrodispersión (*Scattered Power*)**

La onda electromagnética reflejada también se propaga por el espacio esféricamente desde el punto de reflexión, por ello la potencia decrece en proporción al cuadrado de la distancia,  $r^2$ . Finalmente la densidad de radiación que recibe la antena del lector se refleja en la ecuación 3.4:

$$S_{\text{Back}} = \frac{P_S}{4\pi r^2} = S \cdot \frac{\sigma}{4\pi r^2} = \frac{P_{EIRP}}{4\pi r^2} \cdot \frac{\sigma}{4\pi r^2} = \frac{P_{EIRP} \cdot \sigma}{(4\pi)^2 \cdot r^4}$$

**Ecuación 3.4 Densidad de radiación en recepción**

El parámetro de dispersión  $\sigma$  determina cómo de bien un objeto refleja las ondas electromagnéticas.  $\sigma$  depende de otros parámetros como el tamaño del objeto, la forma, el material, la estructura de la superficie, y también la polarización y la longitud de onda  $\lambda$ . Según estos parámetros se pueden dividir los objetos en tres categorías:

- **Rayleigh:** la longitud de onda es grande comparada con las dimensiones del objeto. Para objetos más pequeños que media longitud de onda,  $\sigma$  tiene una dependencia de  $\lambda^{-4}$ , por tanto las propiedades reflectivas de un objeto menor a  $0,1\lambda$  serán despreciables.
- **Resonantes:** la longitud de onda es comparable a las dimensiones del objeto. Variar  $\lambda$  causa fluctuaciones de varios decibelios en la sección del radar,  $\sigma$ .

- **Ópticos:** La longitud de onda es pequeña comparada con las dimensiones del objeto. En este caso sólo la geometría y posición del objeto tiene influencia sobre la sección del radar,  $s$ .

Los sistemas RFID que emplean *backscatter* utilizan antenas con diferentes formas y diferentes áreas de reflexión. La reflexión en los *tags* ocurre exclusivamente en el grupo de resonancia, ver figura 3.8. Para entenderlo mejor hay que conocer la sección de radar,  $s$ , de la antena resonante. La potencia reflejada por el *tag* será proporcional a la raíz cuarta de la potencia transmitida por el lector, es decir, si se quiere doblar la densidad de potencia  $S$  reflejada por el *tag*, entonces la potencia de transmisión del lector debe ser multiplicada por dieciséis.

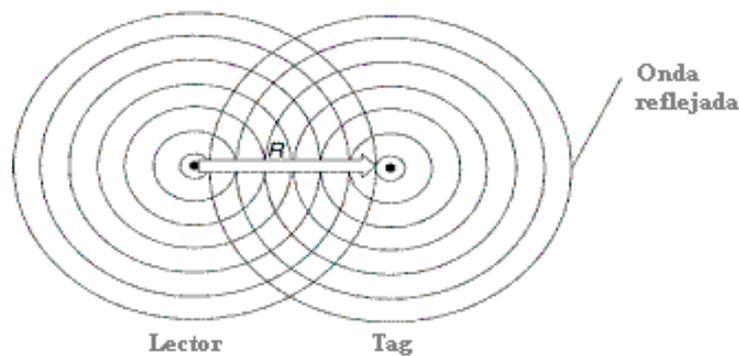


Figura 3.8 Retrodispersión (*Backscatter*)

### CAPÍTULO 4. Componentes *hardware* RFID

Como ya se comentó en el capítulo dos, un sistema RFID está compuesto de un conjunto de elementos *hardware* y *software* que interaccionan entre ellos para dar funcionalidad al sistema global. En este capítulo se van a tratar con más detalle los componentes *hardware* esenciales en un sistema básico RFID, lectores y *tags*. Además se tendrán en cuenta los estándares y protocolos que permiten que la tecnología RFID avance hacia la compatibilidad global e internacional.

#### 4.1 *Tags*

El objetivo principal de un *tag* es incorporar, físicamente, información de un determinado objeto al que el *tag* va unido. No todos los *tags* tendrán un microchip o su propia fuente de energía, pero en cambio, todos los *tags* sí van a tener una bobina o antena de algún tipo.

Es interesante conocer las características comunes entre los diferentes *tags*, pero también es muy importante conocer en que se diferencian para tener la capacidad de seleccionar el *tag* adecuado para cada una de las aplicaciones posibles. Hay muchos parámetros diferenciadores, como por ejemplo las características físicas, el interfaz aire o protocolo de comunicación con el lector, su capacidad de procesamiento y almacenado de información, etc. Existen estándares que definen y agrupan estos comportamientos con el fin de normalizar y regularizar la producción de estos dispositivos. Más adelante, dentro de este capítulo, se estudian los estándares más relevantes.

##### 4.1.1 Aptitudes básicas de un *tag*

Existe una gran variedad de operaciones que pueden realizarse sobre un *tag*, pero sólo dos de ellas son universales:

- **Adherir un *tag***: cualquier *tag* debe poder unirse, de algún modo, a un artículo.
- **Leer un *tag***: cualquier *tag* debe ser capaz de comunicarse, de algún modo, vía radio frecuencia.

Otros *tags* pueden ofrecer varias o muchas de las operaciones que se listan a continuación:

- **Destruir/deshabilitar** (*kill*): algunos *tags* permiten que el lector les envíe comandos que los deshabilita de forma permanente. Después de recibir un comando '*kill*' el *tag* ya no sirve, no puede recuperarse.
- **Escribir una vez**: algunos *tags* vienen de fábrica con la información de identificación pregrabada y no pueden modificarse, en cambio hay otros que permiten al usuario final escribir una sola vez la información de identificación para esa etiqueta. Después, la información contenida en el *tag* no podrá ser modificado a no ser que sea para deshabilitarlo (*kill*).
- **Escribir múltiples veces**: *tags* que pueden escribirse y sobrescribirse una y otra vez.
- **Anticolisión**: cuando hay varios *tags* dentro del área de operación de un lector, éste puede tener problemas a la hora de determinar en que momento debe empezar a transmitir cada *tag*. Un *tag* que implemente un algoritmo de anticolisión, sabrá esperar su turno para responder.
- **Seguridad y cifrado**: algunos *tags* son capaces de participar en comunicaciones cifradas y otros sólo responderán a aquellos lectores que puedan proporcionar una contraseña secreta.

Una vez conocidas las operaciones básicas que puede implementar un *tag*, es importante conocer los diferentes criterios de clasificación de estos dispositivos.

### 4.1.2 Características físicas

Debido a que los *tags* van unidos al artículo que identifican y existen artículos con formas y tamaños muy dispares, los *tags* se encontrarán en una gran variedad de tamaños y formas. Además normalmente deben ir acomodados en materiales diferentes según la aplicación que se les vaya a dar. Una muestra de los tipos de *tags* que se pueden encontrar según sus características físicas son:

- **Discos o botones** de plástico o PVC (policloruro de vinilo) con un agujero para poder sujetarlos. Normalmente son de larga duración y reutilizables.
- **Tarjetas inteligentes** o *Contactless Smart Card, tags* con forma de tarjeta de crédito.
- **Etiquetas inteligentes** o *Smart Labels, tags* insertados sobre una lámina de papel pegatina que luego se aplicarán sobre los artículos de igual modo que las etiquetas de código de barras.
- **Tags embebidos**, *tags* muy pequeños que viene embebidos en objetos comunes como prendas de ropa, brazaletes, relojes, etc.
- **Cápsulas de cristal**, *tags* embebidos en cápsulas de cristal que permiten la supervivencia en entornos corrosivos o en líquidos.

La presentación del *tag* es la característica más obvia a la hora de clasificarlos y será determinante en la forma de unión entre el *tag* y el artículo a identificar. Los discos con un agujero se unen al artículo a través de una cinta, las etiquetas se unen mediante una película adhesiva y las cápsulas de cristal simplemente se insertan en el artículo, en este caso podemos hablar de la identificación de animales o sustancias de laboratorio.

### 4.1.3 Fuente de alimentación

La fuente de alimentación del *tag* es un factor determinante en el coste y el ciclo de vida del *tag*. Los *tags pasivos* recogen toda la energía que necesitan para activar el chip de la señal transmitida por el lector. Los *tags activos* tiene su propia batería con la que alimentan las comunicaciones, el procesado, la memoria y los posibles sensores. Existen *tags* que utilizan su propia batería para alimentan sensores adicionales pero siguen utilizando la energía de la señal transmitida por el lector para activar el chip. A estos *tags* se les denomina *semi-pasivos*. Otro tipo de *tag*, este mucho más sofisticado, además de comunicarse con el lector es capaz de comunicarse con el resto de *tags*, de su misma clase, sin la intervención del lector. A estos se les llama *tags* bidireccionales (*two-way tags*).

El hecho de incorporar una batería al chip hace que el *tag* sea más costo pero también aporta ciertas ventajas sobre los chips pasivos. El rango de lectura de los *tags*

semi-pasivos y los *tags* activos es mucho mayor que el rango de lectura de los *tags* pasivos, ya que no dependen exclusivamente de la señal transmitida por el lector. En el caso de los *tags* activos, además de poseer el mayor rango de lectura, también pueden realizar operaciones con independencia del dispositivo lector. Muy útil en el caso de *tags* que mediante un sensor detectan la caducidad de productos perecederos.

### 4.1.4 Interfaz aire

El interfaz aire describe el modo en el que el *tag* se comunica con el lector. Conociendo el interfaz aire de un *tag* podemos determinar su rango de lectura y los dispositivos lectores compatibles. Los atributos más relevantes que comprenden la definición del interfaz aire son la fuente de alimentación, la frecuencia de operación, el modo de comunicación, la codificación y modulación, y el acoplamiento.

#### 4.1.4.1 Frecuencia de operación

La frecuencia de operación es la frecuencia electromagnética que los *tags* utilizan para comunicarse o para extraer la potencia de alimentación. El espectro electromagnético, en el rango en que suele operar un sistema RFID, se suele dividir en cuatro tramos; *Low Frequency* (LF), *High Frequency* (HF), *Ultra High Frequency* (UHF) y microondas. Debido a que los dispositivos RFID emiten ondas electromagnéticas, deben ser regulados según la normativa para los dispositivos radio. RFID no debe interferir en otras aplicaciones protegidas como servicios de radio urgentes o transmisión de señal de televisión.

En la práctica esto implica que las frecuencias disponibles para RFID están limitadas a aquellas frecuencias que estén apartadas de la banda ISM (*Industrial, Scientific Medical*). La tabla 4.1 muestra las bandas de frecuencias más comunes en RFID. Las frecuencias por debajo de 135 kHz están fuera de la banda ISM pero trabajan con campos magnéticos muy fuertes que, a pesar de no producir interferencias radio, pueden provocar comportamientos indeseados en equipos electrónicos cercanos.

## Capítulo 4. Componentes *hardware* RFID

Nombre	Rango de frecuencias	Frecuencias RFID
LF	30 kHz – 300 kHz	< 135 kHz
HF	3 MHz – 30 MHz	6.78MHz;13.56MHz;27.12MHz; 40.68MHz
UHF	300 MHz – 3 GHz	433.920MHz; 869MHz;866MHz; 915MHz
Microondas	> 3GHz	2.45GHz; 5.8GHz; 24.125GHz

**Tabla 4.1 Bandas de frecuencias RFID**

Cada rango de frecuencias tiene un comportamiento diferente según el medio de transmisión por el que se propague. Las bajas frecuencia son más capaces de viajar a través de líquidos debido a su profundidad de penetración pero las altas frecuencias permiten transportar mayor cantidad de información. Las altas frecuencias, normalmente, son más fáciles de leer a cierta distancia. La tabla 4.2 muestra los rangos de lectura correspondientes a las diferentes frecuencias de uso en sistemas RFID.

Frecuencia	Rango de lectura máximo	Aplicación
LF	50 centímetros	Identificación de animales
HF	3 metros	Control de acceso
UHF	9 metros	Cajas y palets
Microondas	> 10 metros	Identificación de vehículos

**Tabla 4.2 Rango de lectura según la banda de trabajo**

La reciente reducción de costes de los *tags* UHF ha hecho que se piense en utilizar estos *tags* en aplicaciones en las que antes era común utilizar *tags* LF o HF. Pero todavía no son capaces de sustituir a los *tags* de HF en implantes o los *tags* de microondas para lecturas a distancias de hasta 10 metros.

Los organismos de regularización han escogido distintos rangos de frecuencias en diferentes partes del mundo. En Europa, Sudamérica y algunas regiones de Asia, los *tags* UHF trabaja en la banda de 865 - 868 MHz. En Norteamérica operan en la banda de 902 – 928 MHz y en India se ha adoptado recientemente la banda de 865 – 867 MHz.

Lo ideal sería encontrar un estándar global, en el que ya se está trabajando, EPCglobal Gen2. Los *tags* de Gen2 operan en un rango de frecuencias desde 860 a 960 MHz y a unos niveles de potencia designados para que se ajusten a los requisitos regulatorios establecido en cada región.

#### 4.1.4.2 Modo de comunicación

Otro modo de distinguir entre los diferentes tipos de tags es según el modo de comunicación entre el dispositivo lector y el propio tag. Igual que sucede en las comunicaciones guiadas (por cable) las comunicaciones inalámbricas pueden ser Full-Duplex (FDX) o Half-Duplex (HDX). Existe otro modo de comunicación secuencial (SEQ) en el que el lector proporciona la alimentación necesaria a la comunicación pero cuando el tag habla el lector deja de transmitir esa señal. En la figura 4.1 se ve más claro la diferencia entre los tres posibles modos de operación. La gráfica hace referencia a tags pasivos. Downlink implica comunicación en el sentido lector → tag, uplink implica comunicación en el sentido tag → lector.

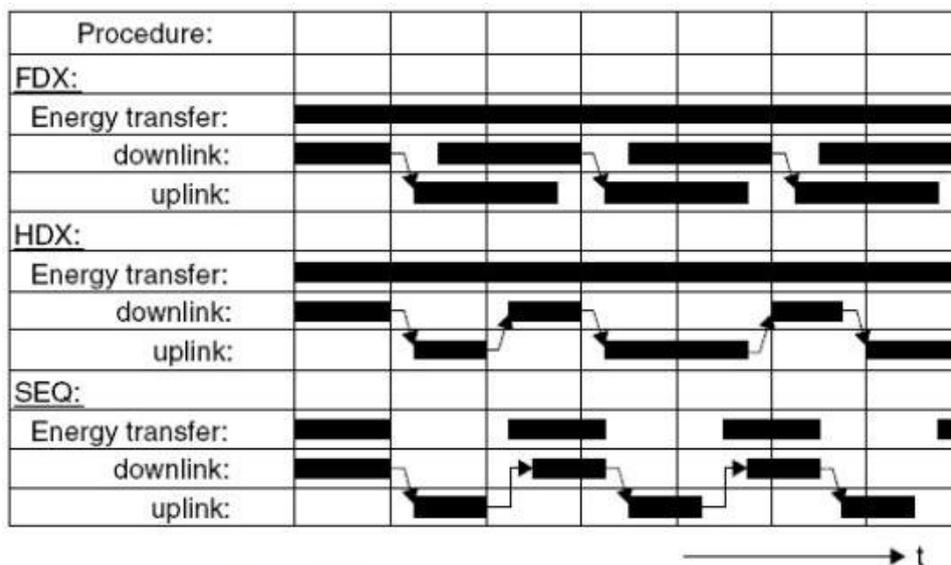


Figura 4.1 Modos de comunicación entre lector y *tag*

#### 4.1.4.3 Modulación

La modulación describe los atributos de la señal analógica portadora de la información. La portadora adquiere cierta forma dependiendo de la señal digital que ha de transportar (ceros y unos). Las principales formas de modulación son tres:

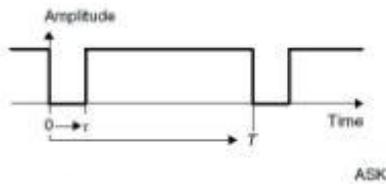


Figura 4.2 Modulación ASK

**Modulación por amplitud o *Amplitud-shift keying* (ASK):** la señal digital se envía sobre la portadora analógica a una frecuencia constante y variando su amplitud entre 2 posibles estados, según si es un cero o un uno lo que se quiere transmitir. La figura 4.2 muestra la modulación de ambos niveles, cero y uno.

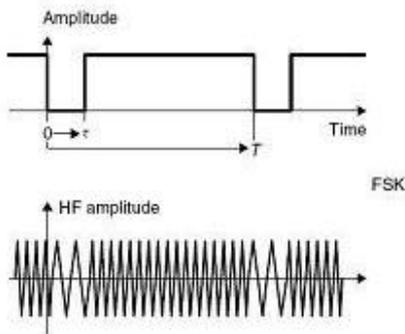


Figura 4.3 Modulación FSK

**Modulación por frecuencia o *Frequency-shift keying* (FSK):** la señal digital se envía sobre la portadora analógica con amplitud constante y variando su frecuencia entre dos posibles estados según si es un cero o un uno lo que se pretende transmitir. La figura 4.3 muestra la modulación de ambos niveles, cero y uno.

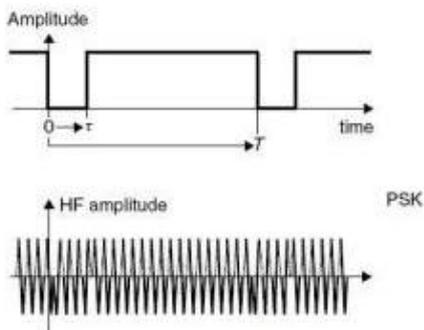


Figura 4.4 Modulación PSK

**Modulación por fase o *Phase-shift keying* (PSK):** La señal digital se envía sobre la portadora analógica a una frecuencia y amplitud constante y variando la fase de la señal ( $90^\circ$ ) entre dos posibles estados según si es un cero o un uno lo que se quiere transmitir. La figura 4.4 muestra la modulación de ambos niveles, cero y uno.

### 4.1.4.4 Codificación

La codificación determina el modo en que *tag* y lector interpretan los cambios en la portadora analógica a la hora de representar la señal digital. No es más que un acuerdo entre transmisor y receptor con respecto a los cambios en la modulación de la señal. Los esquemas de codificación más comunes en sistemas RFID son los siguientes:

- **Codificación Manchester (bi-fase):** Esta codificación utiliza transiciones negativas (flanco de bajada) en mitad de los pulsos que representan los unos y transiciones positivas (flanco de subida) en los pulsos que representan los ceros. La figura 4.5 representa la codificación Manchester de una determinada secuencia de unos y ceros.

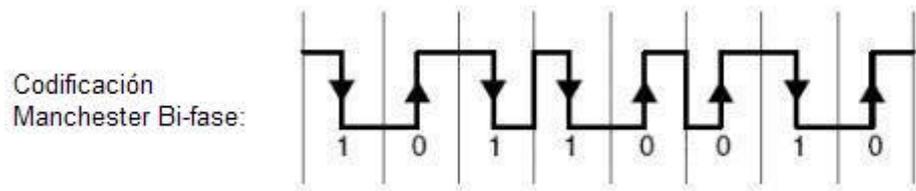


Figura 4.5 Codificación Manchester Bi-fase

Las transiciones que ocurren en los extremos de los pulsos no cuentan, son consecuencia de la repetición de un mismo valor, uno o cero. La codificación es independiente de la modulación que se utilice (ASK, FSK ó PSK), las transiciones están sincronizadas con el reloj interno del sistema y la sincronización es sencilla de conseguir. Los *tags* ISO 18000-6B utilizan este tipo de codificación.

- **Codificación por intervalo de pulso:** los valores se codifican variando el intervalo entre pulsos. Una pausa simple determina la transmisión de un uno y una pausa doble determina la transición de un cero. Tiene la ventaja de necesitar menos potencia y mejor resistencia al ruido. Puede ser un problema para la transmisión de larga duración ya que la cadena de datos no sigue la frecuencia del reloj. Los *tags* ISO-18000-6A utilizan codificación por intervalo de pulso para transmitir información hacia el lector. La figura 4.6 representa la codificación PIE de una determinada secuencia de unos y ceros.

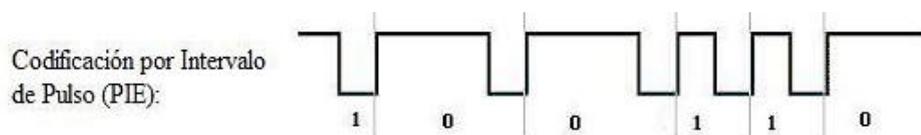


Figura 4.6 Codificación por intervalo de pulso PIE

- **Codificación espacial (bi-fase):** este tipo de codificación es común en la comunicación sentido lector  $\rightarrow$  *tag*. Sucede en cada ciclo de reloj. Si ocurre una transición adicional entre cada ciclo de reloj eso representa un cero, si no hay transmisión extra entonces cada ciclo de reloj representa un uno. La figura 4.7 muestra la codificación espacial bi-fase de una secuencia de unos y ceros.

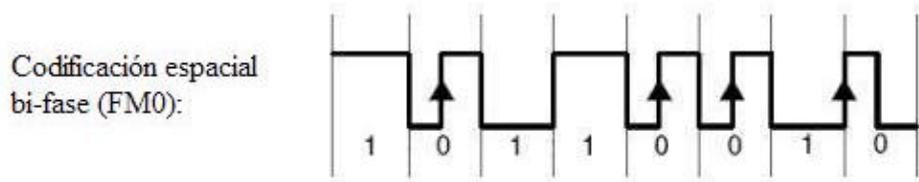


Figura 4.7 Codificación espacial Bi-fase

Esta codificación sigue la frecuencia del reloj interno y por ello es adecuada para transmitir mensajes largos. Los lectores ISO 18000-6 utilizan esta codificación al comunicarse con los *tags*.

- **Codificación RZ (Return Zero):** en esta codificación cuatro pulsos cortos en la primera mitad del espacio de representación de un bit implica un uno y cuatro pulsos cortos en la segunda mitad del espacio de bit representan un cero. En este caso cuando acaba la transmisión de un valor siempre se vuelve a cero. Cero no tiene un valor determinante, es el punto de partida. Los lectores EPC HF utilizan codificación RZ con cuatro pulsos por símbolo.
- **Codificación Miller:** un uno se representa con una transición, en mitad del espacio reservado para la representación de un bit, en cualquiera de los dos sentidos (flanco de subida o flanco de bajada) y un cero se representa por la continuación del nivel que ha dejado el uno anterior durante el siguiente bit. Si hay una cadena de ceros consecutiva, se irá alternando de nivel en cada bit. La figura 4.8 representa la codificación Miller modificada de una determinada secuencia de ceros y unos.

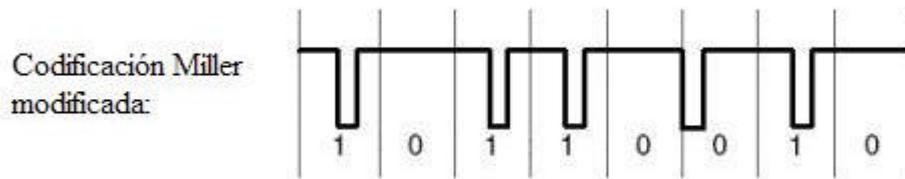


Figura 4.8 Codificación Miller modificada

El estándar EPC Gen2 codifica la señal con una variante de la codificación Miller, utiliza varios pulsos por bit. Si todos los pulsos se activan entonces se está representando un cero, si alguno de los pulsos no aparece se está representando un uno.

- **“1 to 256” y “1 to 4”**: estas dos formas de codificación se usan en *tags* que cumplen la norma ISO 15693. En la codificación “1 to 256” se pueden codificar los valores de 0 a 255. Cada trama contiene 512 *slots*. Para codificar un valor se multiplica éste por dos y se le suma uno. Activando el *slot* correspondiente a este valor resultante se codifica el valor original. Por ejemplo si se quisiera codificar un 12 se activaría el *slot* 25. Sólo se usan los *slots* impares para la codificación de información. En la codificación “1 to 4” sólo hay ocho *slots* disponibles que permiten transmitir sólo dos bits de forma simultanea.
- **Codificación por subportadora FSK**: en esta codificación se utilizan dos subportadoras para representar los unos y los ceros. El transmisor utiliza FSK para meter los pulsos en las portadoras. Los *tags* EPC UHF utilizan codificación por subportadora para la comunicación con los lectores.

### 4.1.4.5 Acoplamiento

El acoplamiento es el mecanismo que determina el modo en que el circuito del *tag* y el circuito del lector se influyen mutuamente permitiendo la transmisión y recepción de datos y energía. El tipo de acoplamiento afecta directamente al rango de lectura del sistema. Se pueden hacer tres grupos, sistemas de lectura cercanos (~ 1cm), sistemas

remotos (de 1cm a 1m) y sistemas de largo alcance (más de 1m). Algunos de los acoplamientos más comunes son; acoplamiento por retrodispersión, acoplamiento inductivo, acoplamiento capacitivo y acoplamiento magnético. El acoplamiento capacitivo y el acoplamiento magnético son ejemplos de sistemas cercanos. El acoplamiento inductivo es un caso de lectura remota y el acoplamiento por retrodispersión se utiliza en sistemas remotos y de largo alcance.

Además del alcance de lectura, el acoplamiento está muy relacionado con la frecuencia de operación. El acoplamiento inductivo funciona bien en frecuencias dentro de las bandas LF y HF. El acoplamiento por retrodispersión es más eficiente en altas frecuencias (UHF) y el acoplamiento magnético es más eficiente a 110 MHz. Veamos cada uno de estos casos en detalle.

### 4.1.4.5.1 Acoplamiento por retrodispersión

Retrodispersión describe el modo en que las ondas RF transmitidas por el lector se reflejan y dispersan al chocar con el *tag*. Es el modo de enviar una señal de vuelta desde el *tag*, reflejando la señal que le llega del lector. En la retrodispersión, el *tag* utiliza la misma frecuencia emitida por el lector pero cambia algunas características de la señal para enviar la información hacia el lector. Normalmente se hace conectando y desconectando una carga en paralelo a la antena del *tag* que hace que la reflexión de la señal sea peor cuando la carga está conectada. Este tipo de acoplamiento se utiliza en altas frecuencias, UHF, donde la forma típica de las antenas es de dipolo.

Debido a que lector y *tag* utilizan la misma frecuencia de comunicación necesitan de algún modo trabajar a turnos. Se habla de una comunicación “Half-Duplex”, el lector emite la señal de alimentación de forma continua. Se utiliza modulación ASK ya que no se varía ni la frecuencia ni la fase de la señal.

La figura 4.9 muestra el esquema físico de un *tag* UHF. La antena del *tag*, además de reflejar potencia hacia el lector, conduce algo de la señal recibida para alimentar el chip. El chip controla la resistencia que conecta las dos mitades de la antena y funciona como relé. Cuando el resistor conecta las dos mitades de la antena entonces la potencia se refleja con una amplitud alta. Cuando el resistor separa ambas mitades entonces la amplitud de la señal reflejada será baja. Moviendo el resistor dentro y fuera del circuito,

el chip es capaz de generar una señal modulada, ASK, para transmitir el identificador único almacenado en la memoria del chip.

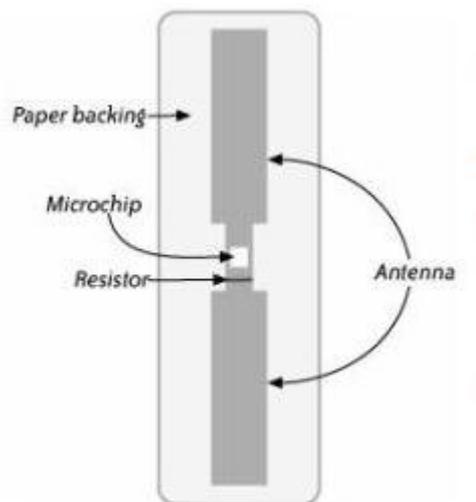


Figura 4.9 Esquema físico de un *tag* UHF

### 4.1.4.5.2 Acoplamiento inductivo

Es un tipo de acoplamiento muy común, la mayoría de los *tags* que hasta ahora se han utilizado han sido de este tipo siguiendo la norma ISO 15693. Por ejemplo las tarjetas inteligentes de acceso. El lector activa los *tags* mediante un campo magnético generado por su antena en forma de espiras. El campo magnético generado induce una corriente sobre la antena del *tag* del mismo modo que un transformador transmite energía entre dos bobinas. El campo magnético proporciona suficiente energía para activar el *tag*, y este se comunica con el lector de forma similar al proceso de retrodispersión. Mediante la conexión y desconexión de un resistor el *tag* provoca fluctuaciones en el campo magnético generando cambios de tensión en la antena del lector.

Cuando los cambios en el resistor son muy rápidos, el *tag* genera dos nuevas frecuencias (subportadoras), una por encima de la frecuencia de operación (portadora) y otra por debajo. Por ejemplo si la frecuencia de operación es 13,56 MHz y la frecuencia del alternador de resistor es de 500 kHz, las dos nuevas frecuencias aparecerán a 13,810 MHz y 13,310 MHz. Estas frecuencias se denominan subportadoras, el lector es capaz de identificarlas fácilmente. El *tag* utiliza una de esas dos frecuencias para enviar

información de vuelta al lector. La figura 4.10 muestra la relación entre portadora y subportadoras.

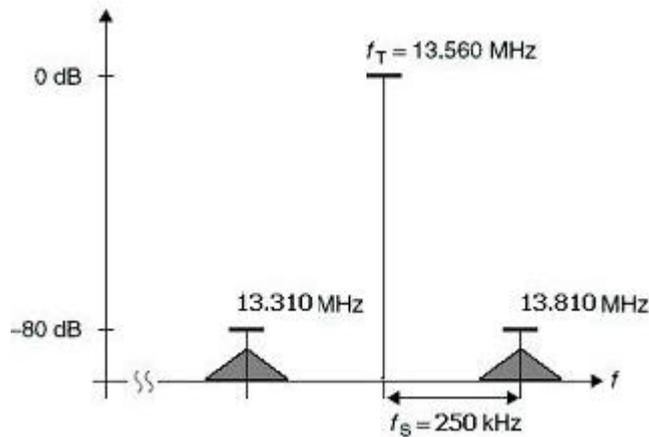


Figura 4.10 Relación entre portadora y subportadora

Otro modo de comunicación es utilizando armónicos. El lector transmite a una determinada frecuencia, 128 kHz y el *tag* responde utilizando el proceso de inducción a una frecuencia la mitad de la que ha recibido, 64 kHz.

Tanto en el modo subportadora como en el modo armónicos la transmisión/recepción se hace a frecuencias diferentes y por tanto la comunicación es “Full-Duplex”, no es necesario hacer turnos como en el caso de acoplamiento por retrodispersión. Se puede utilizar cualquier tipo de modulación, pero es común utilizar ASK.

El último tipo de acoplamiento inductivo usa comunicación SEQ (secuencial) y modulación FSK. Es una variante del método de retrodispersión en UHF, utiliza la misma frecuencia para enviar información desde el *tag* hacia el lector que desde el lector al *tag*. De forma secuencial el campo generado por el lector carga la capacidad del *tag* e inmediatamente se apaga. El *tag* utiliza un oscilador interno para genera su propio campo magnético a la misma frecuencia que el lector. El lector es capaz de detectar este campo ya que el suyo lo tiene apagado. El *tag* modula la señal mediante FSK, variando la frecuencia del oscilador interno.

Los *tags* que utilizan acoplamiento inductivo normalmente son pasivos o semi-pasivos. Se encuentran *tags* de sólo lectura y de lectura/escritura. Las antenas para este tipo de acoplamiento son espiras que generan campo magnético y por tanto el tamaño

erá mayor y el rango de lectura menor que en el caso de acoplamiento por retrodispersión.

### 4.1.4.5.3 Acoplamiento magnético

Es similar al acoplamiento inductivo ya que lector y *tag* se acoplan mediante un transformador. La diferencia radica en que en este caso la bobina del lector encierra un núcleo de ferrita. El *tag* debe estar a un centímetro de distancia de la antena del lector y situada en el espacio intermedio entre la ferrita. En la figura 4.11 se representa esta situación. Debido a su corto alcance y al campo magnético generado se utiliza modulación directa ASK.

Este tipo de acoplamiento activa chips bastante complejos. Estos sistemas normalmente requieren que el *tag* esté dentro del lector, por ello es conveniente para tarjetas inteligentes. (ISO 10536 define el estándar para tarjetas inteligentes de acoplamiento magnético).

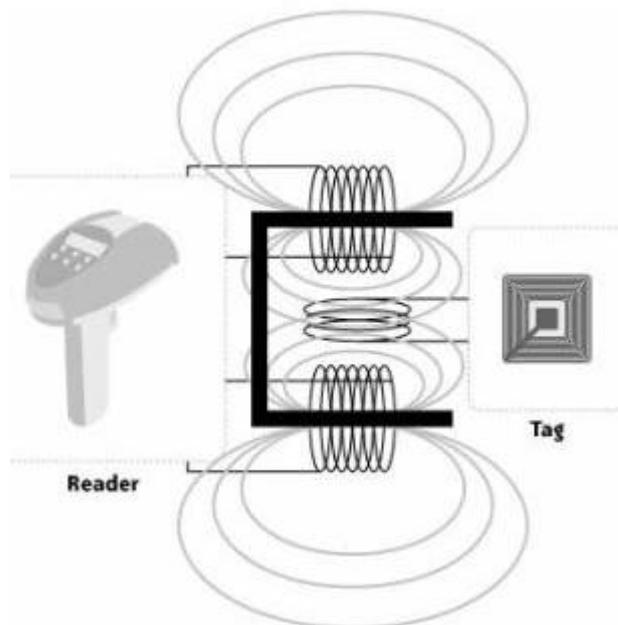


Figura 4.11 Acoplamiento magnético

### 4.1.4.5.4 Acoplamiento capacitivo

El acoplamiento capacitivo funciona de forma óptima cuando el *tag* se encuentra dentro del lector. También se suele utilizar para implementar tarjetas inteligentes (ISO 10536). El acoplamiento capacitivo prescinde de antenas y las sustituye por electrodos. Tanto el lector como el *tag* tienen parches conductores que juntos forman un capacitor cuando están en paralelo unos a otros sin llegar a tocarse. Como muestra la figura x.x, el circuito creado es idéntico a uno en el que lector y *tag* están conectados mediante un capacitor y compartiendo masa. Igual que sucede con el acoplamiento magnético, este tipo de acoplamiento permite activar *tags* complejos con mucha facilidad, y normalmente utiliza modulación ASK simple para transmitir la información.

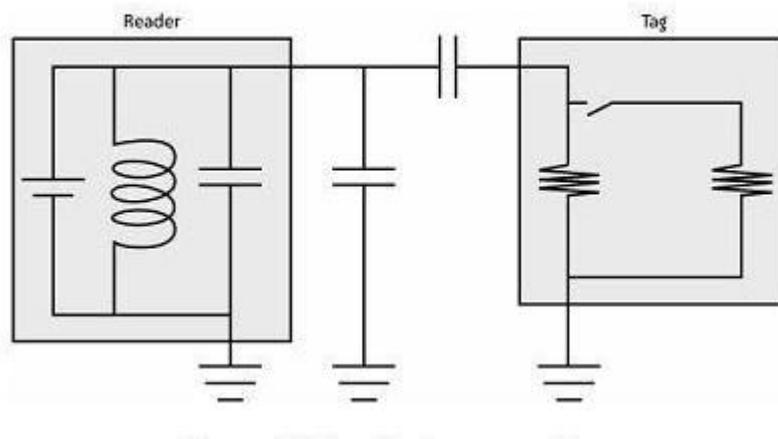


Figura 4.12 Acoplamiento capacitivo

### 4.2 Lectores

Los *tags* pasivos necesitan que un dispositivo transmisor los active y que un receptor escuche sus respuestas. Incluso los *tags* activos requieren cierto contacto con un dispositivo transmisor dentro de la red. En el entorno RFID este dispositivo transmisor/receptor se denomina *READER*, lector. Los lectores, dentro del sistema RFID, están situados entre el *tag* y el filtro de eventos. El lector debe conocer cómo comunicarse con los *tags*, crear eventos de bajo nivel a partir de las lecturas, y dirigir estos eventos hacia un filtro de eventos superior.

Se puede describir al dispositivo lector desde dos puntos de vista diferentes. El primero describe los componentes físicos que lo forman, el segundo describe la lógica de operación dividiendo sus funciones en componentes lógicos que no se corresponden con los componentes físicos.

Cuando se habla de lectores RFID no se puede pasar por alto hacer mención a las impresoras RFID y las aplicadoras, así como hacer referencia a las configuraciones de antenas típicas en las aplicaciones más comunes de RFID, y tomar nota a los posibles parámetros de configuración de un dispositivo lector.

#### 4.2.1 Componentes físicos de un lector RFID

La comunicación entre *tag* y lector a través de la radiofrecuencia hace necesario el uso de una o varias antenas RF. Debido a que el lector debe comunicarse con otros dispositivos dentro de la red, éste debe poseer también un interfaz de red de algún tipo. Los interfaces más comunes son los UART para comunicaciones RS-232 o RS-485 y los jack RJ45 para cables *Ethernet* 10BaseT o 100BaseT. Algunos lectores incluso tienen comunicaciones WiFi ó *Bluetooth* implementadas en su *hardware*. Además, para poder implementar los protocolos de comunicación y el control del transmisor, el dispositivo lector debe tener un microcontrolador o un microcomputador que funcionará como unidad de control. La figura 4.13 muestra los tres bloques funcionales en que se encuentran repartidos los diferentes componentes físicos del lector.

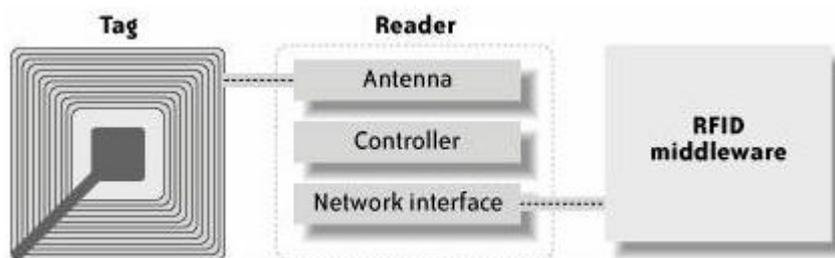


Figura 4.13 Componentes físicos de un lector RFID

### 4.2.1.1 Subsistema antena

Las antenas RF son simples en concepto, pero cada vez los requisitos de recepción a baja potencia y de adaptación a circunstancias especiales son más fuertes. Algunos lectores tienen una o dos antenas integradas; otros en cambio son capaces de manejar varias antenas colocadas de forma remota. La primera limitación en cuanto a número de antenas que el dispositivo lector puede controlar es la pérdida que suponen los cables de conexión, normalmente largos debido a la distancia entre lector y antenas.

Algunos lectores utilizan antenas diferentes para transmitir y recibir, en estos casos la dirección de movimiento del *tag* a través del campo generado por el lector es importante. Hay que buscar la configuración que permita un mayor tiempo de respuesta por parte de los *tags*. Si es un escenario en movimiento será importante poner antes la antena transmisora y después la receptora para que el *tag* permanezca activo la mayor parte de tiempo que éste esté dentro del campo de lectura generado por la antena receptora. El subsistema de antena, por tanto, tiene varias funciones:

- Generar potencia de transmisión a la frecuencia de trabajo (HF o UHF)
- Modular la señal portadora con la información a transmitir hacia el *tag*
- Recibir y demodular las señales RF recibidas desde el *tag*

Normalmente el subsistema de antena contiene dos caminos separados que corresponden a las dos direcciones de flujo de datos desde y hacia el *tag*.

La figura 4.14 muestra ambos caminos. La información que se transmite hacia el *tag* viaja por el brazo superior y la información que se recibe desde el *tag* viaja por el brazo inferior.

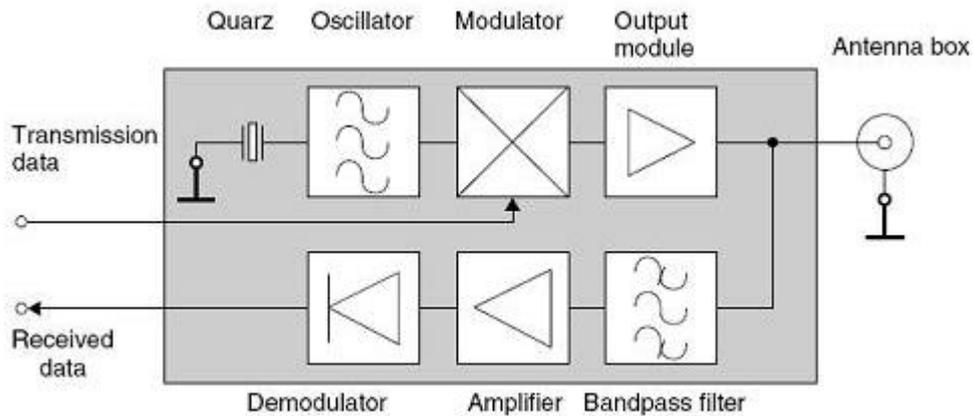


Figura 4.14 Subsistema de antena

La figura 4.15 muestra la señal de entrada al subsistema de antena y la señal de salida una vez se ha efectuado la modulación.

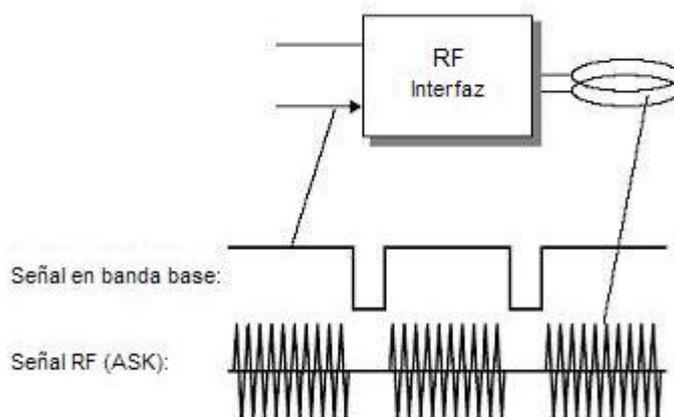


Figura 4.15 Modulación de la señal

### 4.2.1.2 Unidad de control

El dispositivo de computación que controla al lector puede variar en complejidad según la aplicación, un lector para PDA será menos complejo que un lector robusto con sistema operativo propio y disco duro de almacenaje. La unidad de control se encarga de manejar la parte de protocolo de comunicación entre el *tag* y el lector que corresponde a este último, así como de determinar cuando una lectura es un evento y por tanto debe ser redireccionado hacia la red.

La unidad de control se responsabiliza de las siguientes funciones:

- Comunicación con la aplicación *software* y ejecución de comandos desde la aplicación *software*
- Control de la comunicación con el *tag*
- Codificación y decodificación de la señal
- Ejecución de algoritmos de anticolisión
- Cifrado y descifrado de la información a transmitir
- Autenticación entre el lector y el *tag*

La unidad de control normalmente está basada en un microprocesador que ejecuta todas esas funciones. Las operaciones de cifrado y codificación se suelen hacer en una unidad de circuito integrado para aplicaciones específicas, ASIC, que libera al microprocesador de procesos de cálculo intensivo. La figura 4.16 muestra un posible diagrama de la unidad de control de un dispositivo lector.

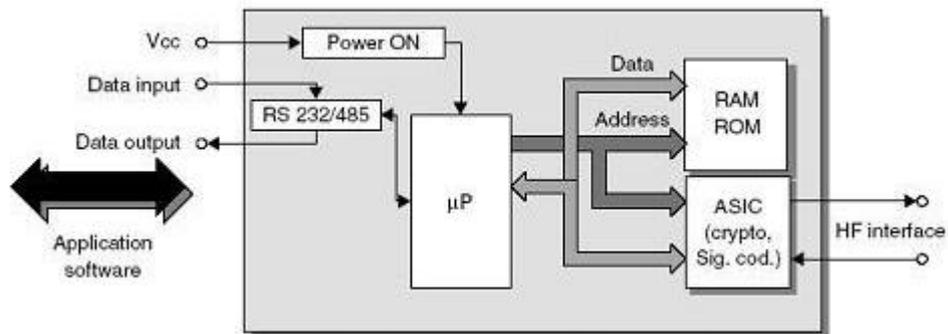


Figura 4.16 Diagrama de bloques de la unidad de control

### 4.2.1.3 Interfaz de Red

Las lecturas y los eventos no servirían para nada si el lector no los enviará hacia fuera, hacia la red. Los lectores se comunican con otros dispositivos a través de diferentes interfaces. Los primeros lectores utilizaban interfaces RS-232 o RS-485. Actualmente casi todos los lectores soportan *Ethernet* y algunos implementan WiFi, *Bluetooth* y hasta *ZigBee*.

### 4.2.2 Componentes lógicos de un lector RFID

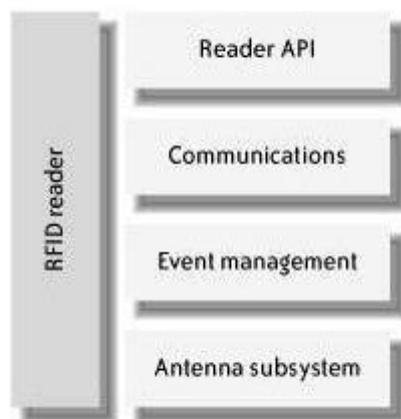


Figura 4.17 Componentes lógicos de un lector RFID

Dentro de la unidad de control del lector se pueden intuir cuatro subsistemas independientes que manejan diferentes operaciones. La figura 4.2.5 muestra una posible nomenclatura para estos cuatro subsistemas.

#### 4.2.2.1 Application Programming Interface (API)

Cada lector presenta un API que permite a otras aplicaciones ‘cliente’ hacer peticiones de inventario de *tags*, monitorizar el estado del lector, o controlar los parámetros de configuración como potencia, número de salidas RF, etc. Este componente está muy relacionado con la creación de mensajes que deben enviarse hacia el *software* intermedio, “*middleware*”, y la recepción de mensajes que proceden del “*middleware*” y se dirigen al dispositivo lector. La API puede ser síncrona, para peticiones explícitas de la aplicación cliente, o asíncrona, en el caso que ocurran excepciones controladas por el dispositivo lector.

#### 4.2.2.2 Comunicaciones

El subsistema de comunicaciones maneja la comunicación sobre el protocolo que el dispositivo lector implemente para comunicarse con el *middleware*. Este es el

componente que implementa Bluetooth, Ethernet o cualquier otro protocolo propietario que permita enviar y recibir los mensajes que implementa la API.

### 4.2.2.3 Gestor de eventos

Se denomina ‘observación’ cada vez que un dispositivo lector identifica un *tag*. Una observación que se diferencia de otra será un ‘evento’. Identificar estos eventos es lo que se denomina ‘filtrado de eventos’. El subsistema gestor de eventos determina qué eventos son considerados de suficiente interés para nombrarlos en un informe o enviarlos directamente hacia la aplicación cliente. A medida que los dispositivos lectores se diseñan con más inteligencia, éstos son capaces de hacer un procesamiento más complejo a nivel de eventos y por tanto reducir el nivel de tráfico hacia la aplicación cliente. Hay cierta tendencia a desplazar este componente de gestión y filtrado hacia el sistema de procesamiento del propio lector.

### 4.2.2.4 Subsistema de antena

Este subsistema consiste en un conjunto de interfaces y de lógica que permite a los lectores RFID interrogar a los *tags* RFID y controlar, físicamente, las antenas. Este subsistema implementa los protocolos de almacenamiento de información en los *tags* y los protocolos de comunicación, a través del interfaz aire, entre *tags* y lectores.

## 4.2.3 Impresoras y aplicadoras RFID

Los *tags* más comunes que se usan y se pretenden usar en aplicaciones de identificación y seguimiento son las etiquetas inteligentes “*smart labels*”. Son *tags* embebidos en etiquetas de papel adhesivo. La principal ventaja de este tipo de etiquetas, es que el usuario puede añadir, además de la codificación RFID, la impresión de un código de barras o cualquier información legible sobre el papel de la etiqueta antes de pegarla al artículo a identificar.

Las impresoras RFID son dispositivos que permiten ambas funciones de codificación. Implementan la función principal de cualquier impresora, escribir texto

legible sobre la etiqueta de papel, y codificar el *tag* con información RFID. Entonces, la principal diferencia entre una impresora RFID y un lector RFID es la capacidad de ésta de imprimir mediante inyección de tinta o láser texto legible sobre el *tag* embebido.

En aplicaciones de poco volumen de etiquetas, un operario puede aplicar manualmente las etiquetas a los artículos a identificar, pero en aplicaciones de gran volumen de etiquetado se necesita un dispositivo “*print and apply*” (imprimir y aplicar). Este dispositivo tan específico, contiene un lector RFID, una impresora, y un sistema automático para aplicar las etiquetas sobre los artículos, normalmente cajas. El aplicador suele ser un brazo neumático que aplica los *tags* adhesivos e impresos en un lateral de la caja. Debido a que la codificación RFID de los *tags* requiere algún tiempo y debido a que algunos *tags* están defectuosos y deben ser descartados, estos dispositivos suelen trabajar en parejas. Este detalle hace que los dispositivos “*print and apply*” sean más lentos que los aplicadores de código de barras de alta velocidad.

Con dispositivos de este tipo se pueden conseguir velocidades de codificado de hasta 60 *tags* por minuto, con sistemas de Gen 1, y hasta el doble con sistemas de Gen 2. Lo normal es que los fabricantes de lectores sean los que también fabriquen los lectores que van integrados en las impresoras RFID.

### **4.2.3.1 Verificador**

Es usual que los dispositivos “*print and apply*” incluyan un verificador RFID similar al que implementan los verificadores de código de barras. Este proceso de verificación lo implementa, normalmente, el mismo dispositivo lector que escribe o graba el *tag*. En el caso del verificador de código de barras, este proceso lo hace un lector aparte de la impresora. A pesar de esto, es común encontrar un lector de verificación en la línea de “*conveyor*” (cinta transportadora) que garantiza que el *tag* no se haya estropeado al ser aplicada al artículo o que el *tag* codificado no sólo sea legible por el lector de la propia impresora. Este aspecto deja de ser importante a medida que los protocolos de las impresoras y los *tags* se van estabilizando y reforzando.

### 4.2.4 Tipos de lectores

Tanto en el conjunto de lectores como en el conjunto de *tags* que se encuentran en el mercado, existen aspectos que los hacen diferentes entre ellos y adecuados para entornos y aplicaciones muy específicas. No cualquier lector es adecuado para cualquier entorno o aplicación.

Los lectores varían, físicamente, tanto en forma como en tamaño. Se pueden encontrar lectores desde varios centímetros, embebidos en dispositivos de mano como una PDA o un teléfono móvil, hasta lectores del tamaño de un PC de sobremesa en entornos industriales, fijos a la pared y con protecciones a prueba de entornos hostiles. También se pueden encontrar integrados en estanterías y muelles de carga/descarga con antenas diseñadas para este tipo de aplicaciones.

Cada dispositivo lector implementa la misma norma que aquellos *tags* que es capaz de leer o identificar. Algunos lectores implementan varios protocolos de comunicación y son capaces de leer múltiples tipos de *tags*. Otros lectores, tienen un diseño propietario y sólo son capaces de identificar *tags* de un fabricante específico. Actualmente, con el desarrollo de una única norma para UHF, EPC Gen2, esta inconveniencia empieza a estar salvada. Los estándares más comunes para lectores RFID incluyen la normativa ISO y EPC sobre los que se hablará en próximos capítulos.

La normativa reguladora en cuanto a niveles de potencia de transmisión permitidos, y bandas de frecuencias disponibles para aplicaciones RFID, varían según la región en la que se encuentre el sistema. Un mismo *tag*, no se identificará a la misma frecuencia si se encuentra en U.S.A, 915 MHz, que si se encuentra en Europa, 866 MHz, debido a restricciones regulatorias. EPCglobal, ISO y otras organizaciones de estandarización, trabajan para que el cumplimiento de estas normas se adecue para un modo de operación lo más global posible. Por ahora, hay que tener muy en cuenta el cumplimiento de la regulación local a la hora de seleccionar un dispositivo lector.

### 4.2.5 Disposición de los lectores y las antenas

La instalación del lector y su correspondiente “*array*” (serie) de antenas depende en su totalidad de la aplicación que se le vaya a dar. Cada instalación es diferente según lo que se pretenda identificar. Las posibilidades son infinitas, pero examinar las

aplicaciones ‘arquetipo’ de RFID puede proporcionar una idea de la gran variedad de posibilidades que existen. Se podrían identificar varias categorías que incluyen, portales, túneles de identificación, lectores de mano, transportadores de palets (transpaletas), y estanterías inteligentes.

### 4.2.5.1 Portal

Un portal no es más que una puerta de entrada o salida, hacia o desde un almacén o centro de distribución. Un portal RFID está equipado con lectores y antenas diseñados para identificar artículos etiquetados que pasen a través, ya sea entrando o saliendo de éste. Esta es una configuración típica de un almacén, dónde los artículos entran y salen a través del muelle de carga/descarga. También es común para artículos que se mueven entre diferentes secciones dentro de una fábrica, por ejemplo desde el almacén hacia el ensamblado. Normalmente será una configuración fija, pero también se pueden encontrar portales móviles sobre estructuras con ruedas fácilmente movibles de un muelle a otro. La figura 4.18 muestra la típica configuración de portal RFID.

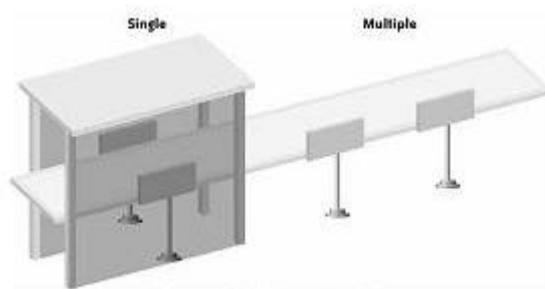


Figura 4.18 Portal RFID

### 4.2.5.2 Túnel

Un túnel es una estructura cerrada, normalmente sobre una cinta transportadora, “conveyor”, dónde las antenas y el lector están protegidos por una envoltura. Se podría decir que es un pequeño portal alrededor del *conveyor*, reforzado con material

absorbente que previene de posibles interferencias de otros lectores y antenas RF en el entorno. Es normal encontrarlo en líneas de ensamblado o *conveyor* de empaquetado, dónde el lector identifica por qué estación o proceso de ensamblado está pasando el artículo etiquetado. La figura 4.19 muestra la típica disposición de un túnel RFID sobre un *conveyor*.



**Figura 4.19 Túnel RFID**

### 4.2.5.3 Lector de mano

En los lectores de mano, la antena, el controlador y las comunicaciones están integrados y permiten a un operador escanear artículos etiquetados en situaciones dónde es difícil desplazar estos artículos hasta un lector fijo. El uso de estos lectores es muy similar al uso de lectores de código de barras, es usual encontrar lectores RFID de mano que también son capaces de leer código de barras. Estos dispositivos tienen interfaces de comunicación WiFi, módem, o USB. La figura 4.20 muestra un posible lector de mano.



**Figura 4.20 Lector RFID de mano**

### 4.2.5.4 Transpaletas

Por el mismo motivo que a veces es necesario utilizar un lector de mano, también es interesante en situaciones concretas, equipar las transpaletas, que trasladan artículos etiquetados de un lugar a otro dentro de un almacén o centro de distribución, con un sistema RFID. Los fabricantes de transpaletas están empezando a ofrecer lectores RFID en sus productos del mismo modo que lo han hecho anteriormente con los lectores de código de barras. En estos casos es importante delegar la instalación del equipamiento al fabricante de la transpaleta.

### 4.2.5.5 Estantería Inteligente

La estantería inteligente es una de las aplicaciones de la que más se ha hablado, pero a la vez una de las menos comunes. La estantería inteligente, tiene las antenas integradas en la propia estantería de modo que el lector reconozca la entrada de nuevos artículos y la salida de los disponibles en cierto momento. Esta capacidad, hace posible el inventario en tiempo real de los artículos en “*stock*”. Además de permitir hacer inventario en tiempo real, el sistema es capaz de identificar artículos con fecha de caducidad próxima y notificar al personal de reposiciones. Actualmente sólo existen prototipos de este tipo de soluciones de etiquetado a nivel de artículo final, pero se está centrando la atención en solucionar los posibles problemas que presenta esta aplicación, ya que se considera de total necesidad en el entorno logístico, farmacéutico y de venta al detalle.

### 4.2.6 Configuración

A pesar de que las propiedades de un lector varían bastante entre fabricantes, hay características que se mantienen comunes entre ellos. Todos los lectores son capaces de ejecutar peticiones de inventario, o configuraciones asíncronas dónde el “*host*” pide al lector las actualizaciones de cada identificación o lectura nueva que se haga.

Los lectores que soportan múltiples salidas RF, antenas, permiten dos modos de uso de éstas. Una de las configuraciones trata al conjunto de antenas como una sola antena y procesa la información leída como proveniente de una única fuente lógica. Esta es una

configuración típica para un portal RFID en el que interesa conocer qué etiquetas pasan a través de él, y no qué antena identifica a qué etiqueta. Otra opción es configurar cada antena como si fuera una localización independiente a las demás. Un posible uso se daría en un entorno en que artículos etiquetados pasan sobre un “conveyor” donde un lector monitoriza antenas colocadas en varias estaciones de control. Cada antena puede representar un proceso en la cadena de ensamblado y por tanto interesa tratarlas de forma independiente para conocer en qué posición se encuentra el artículo en cada momento.

Otra situación, no demasiado favorable, es encontrar varios lectores coexistiendo en un entorno cerrado, trabajando unos en el área de recepción de los otros y por tanto interfiriéndose entre ellos. Una posible solución sería controlar a los lectores para que sólo uno de ellos trabaje a la vez. Este modo de operación requiere que los lectores sean sensibles a la señal de transmisión entre ellos, o que exista un dispositivo controlador conectado a la red de lectores, que reparta los tiempos de transmisión, los “*duty cycle*” evitando que se solapen en el tiempo. Esta conexión entre los diferentes lectores de la red y el control central podría ser vía cable o vía WiFi.

En las especificaciones de EPC UHF Gen2 se requiere que los *tags* puedan operar en entornos donde varios lectores trabajan simultáneamente. A este modo de operación se le denomina “*Dense Interrogator Environment*” y prescribe diferentes soluciones para evitar las colisiones, dependiendo de la normativa de regulación de la región en la que se encuentre el sistema. Esto es así ya que en Europa el organismo regulador CEPT, determina dos posibles licencias RFID, una trabajando sobre un único canal RF, 869,45 MHz, y otra sobre múltiples canales en la banda 865-868 MHz. Bajo la regulación del “*Federal Communication Committee*” (FCC) en USA, hay una única licencia que permite trabajar sobre múltiples canales RF en la banda de los 915 MHz.

### 4.3 Regulación y estandarización

#### 4.3.1 Regulación

No existe ninguna administración que se encargue de la regulación a nivel global de la tecnología RFID, sino que cada país tiene sus órganos propios mediante los cuales regula de un modo individual el uso que se hace de las frecuencias y las potencias permitidas dentro de su propio territorio. Algunos de los organismos internacionales que regulan la asignación de frecuencias y potencias para RFID son:

- **EE.UU.:** FCC (*Federal Communications Commission*)
- **Canadá:** DOC (*Departamento de la Comunicación*)
- **Europa:** CEPT (siglas de su nombre en francés *Conférence européenne administrations des postes et des télécommunications*), ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*, creado por el CEPT) y administraciones nacionales. Obsérvese que las administraciones nacionales tienen que ratificar el uso de una frecuencia específica antes de que pueda ser utilizada en ese país
- **Japón:** MPHPT (*Ministry of Public Management, Home Affairs, Post and Telecommunication*)
- **China:** Ministerio de la Industria de Información
- **Australia:** Autoridad Australiana de la Comunicación (*Australian Communication Authority*)
- **Nueva Zelanda:** Ministerio de desarrollo económico de Nueva Zelanda (*New Zealand Ministry of Economic Development*)

En lo que al uso de frecuencias respecta, dependiendo de la banda en la que queramos trabajar, deberemos tener en cuenta que según donde nos encontremos tendremos que guiarnos por las recomendaciones que tenemos a continuación. Las etiquetas RFID de baja frecuencia (LF: 125 - 134 Khz. y 140 - 148.5 Khz.) y de alta frecuencia (HF: 13.56 MHz) se pueden utilizar de forma global sin necesidad de licencia ya que trabajan dentro de la banda ISM (*Industrial – Scientific – Medical*). La frecuencia UHF (868 - 928 MHz) no puede ser utilizada de forma global, ya que no hay un único estándar global. En Norteamérica, la frecuencia UHF se puede utilizar sin

## Capítulo 4. Componentes *hardware* RFID

licencia para frecuencias entre 908 - 928 MHz, pero hay restricciones en la potencia de transmisión. En Europa la frecuencia UHF está permitida para rangos entre 865.6 - 867.6 MHz. Su uso es sin licencia sólo para el rango de 869.40 - 869.65 MHz, pero existen restricciones en la potencia de transmisión (recientemente ha aparecido la nueva norma ETSI que permite hasta 2W de potencia de transmisión). El estándar UHF norteamericano (908-928 MHz) no es aceptado en Francia ya que interfiere con sus bandas militares. En China y Japón no hay regulación para el uso de las frecuencias UHF. Cada aplicación de frecuencia UHF en estos países necesita de una licencia, que debe ser solicitada a las autoridades locales, y puede ser revocada. En Australia y Nueva Zelanda, el rango es de 918 - 928 MHz para uso sin licencia, pero hay restricciones en la potencia de transmisión. La figura 4.21 muestra un resumen de las características principales de la regulación en las diferentes regiones del mundo.

	North America	Europe	Japan	Korea	Australia	Argentina, Brasil, Peru	New Zealand
Band (MHz)	902~928	866~868	952~954	908.5~914	918~928	902~928	864~929
Power	4W EIRP	2W ERP	4W EIRP	2W ERP	4W EIRP	4W EIRP	0.5~4W EIRP
Number of Channels	50	10	TBD	20	16	50	Varies
Spurious Limits	-50 dBc	-63 dBc	-61 dBc	-36 dBc	-50 dBc	?	?

Figura 4.21 Situación global de regulación de frecuencias RFID en la banda UHF

Existen regulaciones adicionales relacionadas con la salud y condiciones ambientales. Por ejemplo, en Europa, la regulación *Waste of electrical and electronic equipment* ("Equipos eléctricos y electrónicos inútiles"), no permite que se desechen las etiquetas RFID. Esto significa que las etiquetas RFID que estén en cajas de cartón deben de ser quitadas antes de deshacerse de ellas.

También hay regulaciones adicionales relativas a la salud; en el caso de Europa acaba de publicarse (por parte de la ETSI) un estándar llamado EN 302 208 que consta de dos partes. Una primera que describe las especificaciones técnicas y una segunda que especifica las condiciones a cumplir en cuanto a directivas europeas se refiere para compatibilidad electromagnética. Las especificaciones que cumple aparecen detalladas en la figura 4.22.

## Capítulo 4. Componentes hardware RFID

<b>Directive 1999/5/EC</b> of the European Parliament and of the Council of 9 March 1999 on radio equipment and telecommunications terminal equipment and the mutual recognition of their conformity (R&TTE Directive).
<b>CEPT/ERC/REC 70-03:</b> "Relating to the use of Short Range Devices (SRD)".
<b>ETSI EN 301 489-1:</b> "Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Electromagnetic Compatibility (EMC) standard for radio equipment and services; Part 1: Common technical requirements".
<b>ETSI TR 100 028 (all parts):</b> "Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Uncertainties in the measurement of mobile radio equipment characteristics".
<b>ETSI EN 302 208-1:</b> "Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Radio Frequency Identification Equipment operating in the band 865 MHz to 868 MHz with power levels up to 2 W Part 1: Technical requirements and methods of measurement".
<b>ETSI EN 301 489-3:</b> "Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); ElectroMagnetic Compatibility (EMC) standard for radio equipment and services; Part 3: Specific conditions for Short-Range Devices (SRD) operating on frequencies between 9 kHz and 40 GHz".
<b>Council Directive 73/23/EEC</b> of 19 February 1973 on the harmonization of the laws of Member States relating to electrical equipment designed for use within certain voltage limits (LV Directive).
<b>Council Directive 89/336/EEC</b> of 3 May 1989 on the approximation of the laws of the Member States relating to electromagnetic compatibility (EMC Directive).

Figura 4.22 Especificaciones que cumple la norma EN 302 208

### 4.3.2 Estándares actuales

Dentro del proceso de regulación tienen una gran importancia los organismos que desarrollan los diferentes estándares con los que RFID cuenta hoy en día.

*“Un estándar es una especificación que regula la realización de ciertos procesos o la fabricación de componentes para garantizar la interoperabilidad.” [4.1]*

La estandarización, o normalización, es el proceso de elaboración, aplicación y mejora de las normas que se aplican a distintas actividades científicas, industriales o económicas con el fin de ordenarlas y mejorarlas. Se puede hablar de normalización como el proceso de formular y aplicar reglas para una aproximación ordenada a una actividad específica para el beneficio y con la cooperación de todos los involucrados.

La normalización persigue fundamentalmente tres objetivos:

## Capítulo 4. Componentes *hardware* RFID

---

- ***Simplificación***: Se trata de reducir los modelos quedándose únicamente con los más necesarios.
- ***Unificación***: Para permitir la intercambiabilidad a nivel internacional.
- ***Especificación***: Se persigue evitar errores de identificación creando un lenguaje claro y preciso.

En RFID la estandarización es absolutamente necesaria si se pretende conseguir la adopción masiva de RFID. Un estándar sólido beneficia desarrollos de prototipos más rápidos, abarata los costes y garantiza la interoperabilidad e independencia entre fabricantes y proveedores.

Los requerimientos principales definidos en los estándares RFID son los siguientes:

- Reconocer e identificar *tags* RFID en el radio de acción del lector.
- Gestionar el problema de la colisión.
- Determinar el modo de presentación de los datos.
- Determinar el tamaño de la memoria del *tag*.
- Determinar qué partes de la memoria del *tag* son accesibles.
- Definir el modo en que se transmiten y reciben datos del tag.
- Modulación y codificación de la señal.
- Proveer autenticación de lectura y escritura.
- Compatibilidad internacional.
- Proveer mecanismos de seguridad e integridad de los datos y las comunicaciones.

Los organismos de estandarización para RFID, ISO y EPCglobal, han desarrollado diferentes estándares según las necesidades en un momento dado.

### 4.3.2.1 ISO



- **ISO 11784:** Identificación de animales por radiofrecuencia – Estructura de codificación. Contiene la estructura de codificación del ID para la identificación de animales por radiofrecuencia. No especifica los protocolos de transmisión entre el dispositivo transpondedor (*tag*) y el tranceptor (lector).
- **ISO 11785:** Identificación de animales por radiofrecuencia – Conceptos técnicos. Especifica cómo se activa el transpondedor y como la información almacenada se transmite hacia el tranceptor. Especifica las características técnicas del protocolo de comunicación entre lector y *tag*.
- **ISO 14223:** Identificación avanzada de animales. Además de permitir el almacenamiento de un código de identificación, permite almacenar información adicional, e implementa métodos de autenticación. Este estándar consiste en tres partes:
  - Part 1: Radio Frequency Identification of Animals, Advanced transponders - air interface.
  - Part 2: Radio Frequency Identification of Animals, Advanced transponders - code and command structure.
  - Part 3: Radio Frequency Identification of Animals, Advanced transponders – applications.

Es una extensión de la ISO 11784 e ISO 11785. Define el interfaz aire entre el *tag* y el lector.

- **ISO 10536:** Describe el modo de operación de las tarjetas inteligentes de acoplamiento cercano, con rango de operación de hasta 1 cm. Implica el acoplamiento capacitivo e inductivo a 4,9152 MHz. Debido al corto rango de operación no tiene un uso muy amplio en el mercado.

- **ISO 14443:** Describe el modo de operación de las tarjetas de proximidad. Este estándar soporta un rango de lectura de hasta 10 cm. ISO 14443 tiene dos variantes: ISO 14443-A y ISO 14443-B. Ambas operan sobre misma frecuencia pero con parámetros diferentes (modulación, codificación y anticolidión).
  
- **ISO 15693:** Describe el acoplamiento remoto, con un rango de operación de hasta 1 m. Igual que la ISO 14443 opera sobre la frecuencia 13,56 Mhz y utiliza acoplamiento inductivo. Este estándar soporta también varios modos de transmisión.
  
- **ISO 10374:** Estándar voluntario para la identificación RFID de contenedores. Es un estándar dual, pasivo, y de sólo lectura que incluye las frecuencias 850-950 y 2400-2500 Mhz.
  
- **ISO/IEC 18000:** Estándar RFID para la gestión de objetos. Define una línea de trabajo para los protocolos de comunicación comunes a nivel internacional en el uso de RFID. El estándar se especifica en varias partes:
  - Part 1, Generic Parameters for Air Interface Communication for Globally Accepted Frequencies.
  - Part 2, Parameters for Air Interface Communication below 135 kHz.
  - Part 3, Parameters for Air Interface Communication at 13.56 MHz.
  - Part 4, Parameters for Air Interface Communication at 2.45 GHz.
  - Part 5, Parameters for Air Interface Communication at 5.8 GHz.
  - Part 6, Parameters for Air Interface Communication - UHF Frequency Band

### 4.3.2.2 EPC

El EPC, siglas de Código Electrónico de Producto (Electronic Product Code), nace de las manos de EPCglobal, un consorcio formado por EAN International (European Article Numbering) el cual tiene 101 organizaciones miembro, representadas en 103 países y UCC (Uniform Code Council) propietario del UPC (Universal Product Code), presente en 140 países y ahora llamado GS1 US. La intención de EPCglobal al crear el EPC no fue otra que la de promover la EPCglobal Network, un concepto de tecnología

## Capítulo 4. Componentes *hardware* RFID

que pretende cambiar la actual cadena de suministro por otra con un estándar abierto y global, que permita la identificación en tiempo real de cualquier producto, en cualquier empresa de cualquier parte del mundo.

EPCglobal Network ha sido desarrollada por el Auto-Id Center, un equipo de investigación del MIT (Massachusetts Institute of Technology) que cuenta con laboratorios por todo el mundo. Dicho desarrollo fue llevado a cabo en más de 1000 compañías de alrededor del mundo. Así mismo, actualmente, todo estándar que desarrolla EPCglobal pasa por la supervisión de la ISO (International Standards Organization), con la única condición de que los estándares concretos que crea ISO sean ratificados y usados en los que cree EPCglobal.

Una vez conocemos de donde proviene el EPC, vamos a hacer un pequeño estudio sobre el estándar para ver qué ventajas e inconvenientes nos proporciona. Las especificaciones del EPC se pueden dividir en:

- Especificaciones para las etiquetas, referentes a los datos almacenados en ellas, a los protocolos de comunicación con el lector y la parte de RF que permite la comunicación.
- Especificaciones para los lectores: protocolo para el interfaz aire y comunicaciones lógicas con las etiquetas.

El estándar EPC divide las etiquetas usadas en seis tipos diferentes, dependiendo de su funcionalidad. La figura 4.23 muestra un esquema de las diferentes clases.

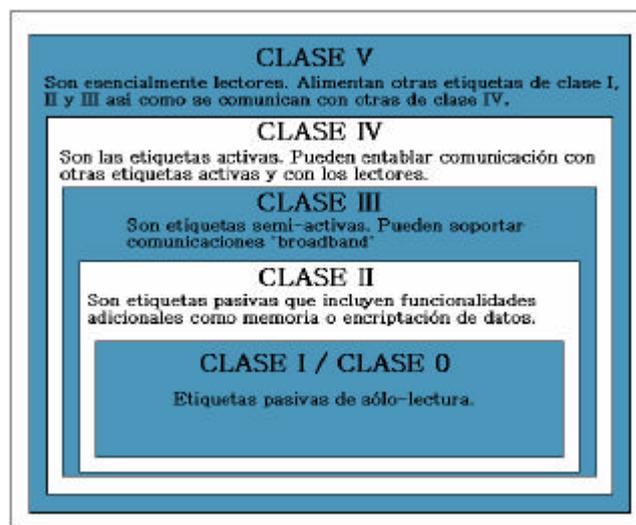


Figura 4.23 Tipos de etiquetas definidos por EPC

### 4.3.2.3 EPC Gen2

El pasado mes de enero de 2005, EPCglobal publicó las especificaciones de la última versión de EPC, el ECP Generation 2, versión 1.0.9. Esta última publicación está llamada a ser el estándar adaptado a nivel mundial en el uso de los sistemas de RFID ya que se ha realizado para cumplir con las necesidades de los consumidores. Para poder suplir las necesidades mencionadas EPCglobal, además de incluir especificaciones no observadas en otras regulaciones realizadas anteriormente, ha pretendido homogeneizar los principales estándares existentes.

En el siguiente listado se citan los estándares más importantes existentes en la actualidad y que se tienen como requisito para el desarrollo del protocolo EPC Gen2. Un dato muy importante es que se incluye la norma EN 302 208 de la ETSI, asunto que representa un gran paso hacia una estandarización única tanto para Europa como para USA, es decir: EPC Generation 2 no va a depender de la localización geográfica, va a ser transparente a las regulaciones radio, adaptándose a aquella cualquiera de ellas.

- **EPCglobal™: EPC™ Tag Data Standards**
- **EPCglobal™ (2004): FMCG RFID Physical Requirements Document (draft)**
- **EPCglobal™ (2004): Class-1 Generation-2 UHF RFID Implementation Reference (draft)**
- **European Telecommunications Standards Institute (ETSI), EN 302 208: Electromagnetic compatibility and radio spectrum matters (ERM) – Equipamiento de identificación por radiofrecuencia operando en la banda de 865 MHz a 868 MHz con niveles de potencia máximos de hasta 2 W, Parte 1 – Características técnicas y métodos de medida.**
- **European Telecommunications Standards Institute (ETSI), EN 302 208: Electromagnetic compatibility and radio spectrum matters (ERM) – Equipamiento de identificación por radiofrecuencia operando en la banda de 865 MHz a 868 MHz con niveles de potencia máximos de hasta 2 W, Parte 2 – Harmonized EN under article 3.2 of the R&TTE directive**
- **ISO/IEC Directives, Part 2: Rules for the structure and drafting of International Standards**

- **ISO/IEC 3309:** *Information technology – Telecommunications and information exchange between systems* – Procesos de control de enlaces de datos de alto nivel (*High-level data link control*) (*HDLC*) – Estructura de la trama
- **ISO/IEC 15961:** *Information technology, Automatic identification and data capture* – Identificación por radiofrecuencia (RFID) a nivel de artículo – Protocolo de información: interfaz de aplicación
- **ISO/IEC 15962:** *Information technology, Automatic identification and data capture techniques* – Identificación por radiofrecuencia (RFID) a nivel de artículo – Protocolo de información: reglas de codificación y funciones lógicas de memoria.
- **ISO/IEC 15963:** *Information technology* — – Identificación por radiofrecuencia (RFID) a nivel de artículo – Identificador único para etiquetas RF
- **ISO/IEC 18000-1:** *Information technology* — – Identificación por radiofrecuencia (RFID) a nivel de artículo – Parte 1: Arquitectura de referencia y definición de los parámetros a estandarizar
- **ISO/IEC 18000-6:** *Information technology automatic identification and data capture techniques* – Identificación por radiofrecuencia (RFID) a nivel de artículo – Parte 6: Parámetros de comunicación del interfaz aire a 860–960 MHz
- **ISO/IEC 19762:** *Information technology AIDC techniques – Harmonized vocabulary – Part 3: radio-frequency identification (RFID)*
- **U.S. Code of Federal Regulations (CFR), Title 47, Chapter I, Part 15:** *Radiofrequency devices, U.S. Federal Communications Commission*

Las especificaciones de la capa física del EPC Gen2 establecen que en las comunicaciones desde el lector hacia la etiqueta deben usarse modulaciones de doble banda lateral ASK (*double sideband amplitude shift keying – DSB-ASK*), simple banda lateral ASK (*simple sideband amplitude shift keying – SSB-ASK*) o de reverso de fase ASK (*phase reversal amplitude shift keying – PR-ASK*), con una codificación por intervalo de pulso (*pulse-interval encoding - PIE*). El lector esperará una respuesta por retrodispersión (*backscattering reply*). Las figuras 4.24 y 4.25 muestran un esquema de la comunicación entre lector y *tag* en ambas direcciones de la comunicación.

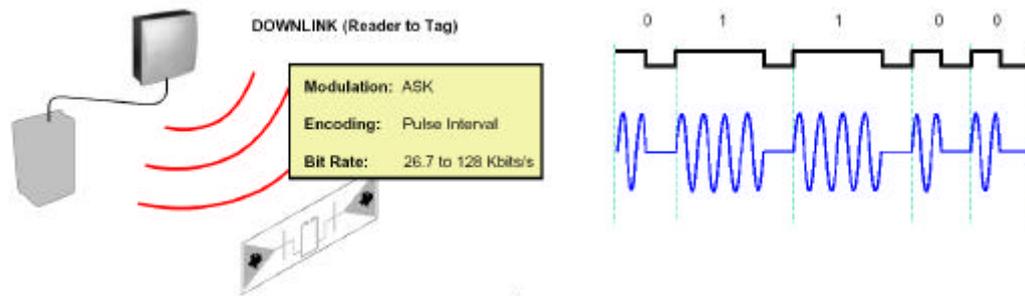


Figura 4.24 Comunicación lector-etiqueta EPC Gen2

En la comunicación desde la etiqueta hacia el lector se deberá enviar una señal modulada por amplitud o por fase (ASK ó PSK) y codificada en formato FM0 o código Miller. En ambos casos el método usado para comunicarse es Half Duplex.

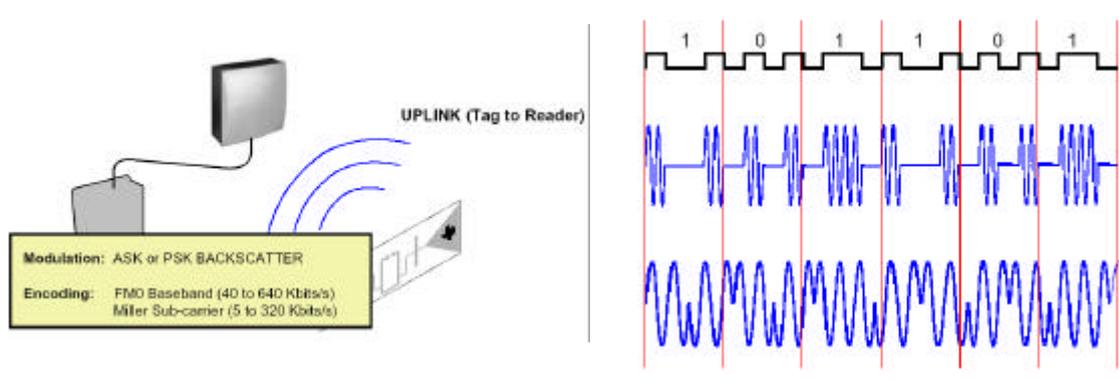


Figura 4.25 Comunicación etiqueta-lector EPC Gen2

Para proceder a la identificación de las etiquetas que se encuentran dentro del radio de acción del lector existen tres operaciones básicas:

- *Select*. Esta operación permite al lector poder ‘ver’ qué población de *tags* hay disponible en su rango de acción. Se puede decir que este proceso es equivalente a una *SELECT* realizada en una sentencia *SQL* para bases de datos, de ahí su nombre.

## Capítulo 4. Componentes *hardware* RFID

---

- *Inventario*. Es la operación que nos permite identificar las etiquetas. El proceso de inventario se inicia cuando el lector manda un comando *Query*. Entonces uno o más *tags* pueden responder a esta petición. El lector detecta una única respuesta de un *tag* y entonces interroga a éste para que le proporcione el código PC (*Protocol Control*), el código EPC y el CRC-16. Este proceso comprende varios comandos y se realiza en una única sesión a la vez.
- *Acceso*. El proceso de acceso comprende varias operaciones de comunicación con la etiqueta (lectura y/o escritura). Una única etiqueta debe ser identificada antes de iniciar el proceso de acceso a la misma.

De todos modos, el proceso de comunicación entre el lector y la etiqueta es mucho más complicado de lo que en un principio puede parecer. En la figura 4.26 podemos ver un diagrama de estados de una etiqueta. Estos estados representan la situación en la que se encuentra una etiqueta en cada posible momento de una comunicación con el lector.

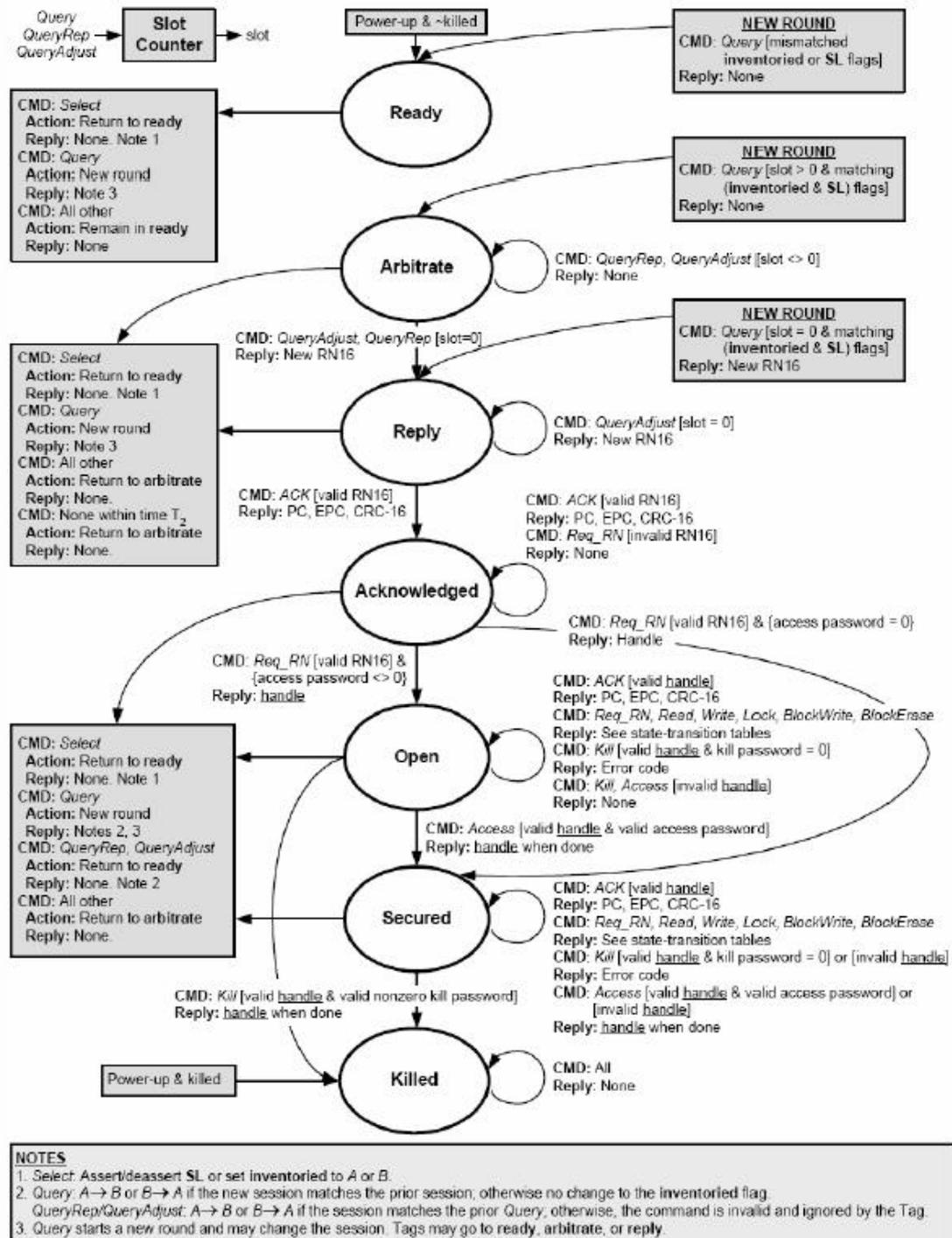


Figura 4.26 Diagrama de estados de una etiqueta EPC Generation 2

### 4.3.3 Regulación Radio

El espectro radioeléctrico es un recurso finito, por ello es necesario revisar los requisitos, las regulaciones, y las técnicas de administración que permitan asegurar el uso eficiente de este recurso. Cada vez se hace más importante una buena gestión del espectro. En los últimos años ha habido una explosión de servicios inalámbricos que ha incrementado la posibilidad de interferencia y ha obligado a implementar una gestión más eficiente del espectro. Es necesaria la acción de organismos reguladores del espectro a nivel regional. En Europa los organismos reguladores son el CEPT y la ETSI.

#### 4.3.3.1 CEPT (European Conference of Postal and Telecommunications Administrations)



Su actividad abarca la cooperación en la estandarización a nivel comercial, público, regulativo y técnico. En relación a las bandas de frecuencia que utiliza RFID, se han desarrollado las siguientes normativas:

- **CEPT/ERC 70-03:** Recommendation 70-03, relating the use of short range devices (SRD).
- **CEPT T/R 60-01:** Low-power radiolocation equipment for detecting movement and for alert (EAS).
- **CEPT T/R 22-04:** Harmonisation of frequency bands for Road transport Information System (RTI).

### 4.3.3.2 ETSI (European Telecommunication Standards Institute)



La ETSI es una organización independiente sin ánimo de lucro cuya misión es producir estándares para las telecomunicaciones de hoy y del futuro. Los estándares de la ETSI que aplican a la tecnología RFID son los siguientes:

- **ETSI EN 300 330 ERM:** Short Range Devices (SDR) Radio equipment in the frequency range 9kHz-25 MHz and inductive loop-systems in the frequency range 9kHz-30MHz.
  - Part 1: Technical characteristics and test methods.
  - Part 2: Harmonized EN under article 3.2 of the R&TTE Directive.
  
- **ETSI EN 300 220 ERM:** Short Range Devices (SDR) Radio equipment to be used in the 25 MHz-1GHz frequency range with power levels up to 500 mW.
  - Part 1: Technical characteristics and test methods.
  - Part 2: Supplementary parameters not intended for conformity purposes.
  - Part 3: Harmonized EN covering essential requirements under article 3.2 of the R&TTE Directive.
  
- **ETSI EN 300 440:** Radio Equipment and Systems (RES); SRD; 1GHz – 25 GHz.
  
- **ETSI EN 301 489 ERM:** Electro-Magnetic Compatibility (EMC) standard for radio equipment services.
  - Part 1: Common technical requirements.
  - Part 3: Specific requirements for Short-range Devices (SDR) operating on frequencies between 9kHz and 25 GHz.
  
- **ETSI EN 302 208 ERM:** Radio Frequency Identification Equipment operating in the band 865MHz to 868 MHz with power levels up to 2 W.
  - Part 1: Technical requirements and methods of measurement.

- Part 2: Harmonized EN under article 3.2 of the R&TTE Directive.

### 4.3.4 EN 302 208

Actualmente existen limitaciones en Europa en lo que al uso de RFID, dentro de a banda UHF, respecta ya que por el momento se encuentra limitado a frecuencias entre los 869.40 y los 869.65 MHz. debiendo cumplir la norma EN 300 220, la cual no contempla las necesidades de RFID en la banda UHF, con una potencia radiada equivalente menor a 500mW y un ciclo de trabajo inferior al 10%. La existencia de estas limitaciones dentro de la banda UHF, junto a las necesidades de un mercado que permita la libre circulación de equipos de RFID comunes para los países de la Unión Europea y la no armonización del espectro ha motivado que, en mayo de 2005, la ETSI publicara un nuevo estándar. El EN 302 208.

Este nuevo estándar aumenta la banda frecuencial en la cual pueden trabajar los sistemas RFID hasta los 3MHz. (desde los 865.00MHz. hasta los 868.00MHz.), con una potencia radiada equivalente como se ve en la figura 4.27.

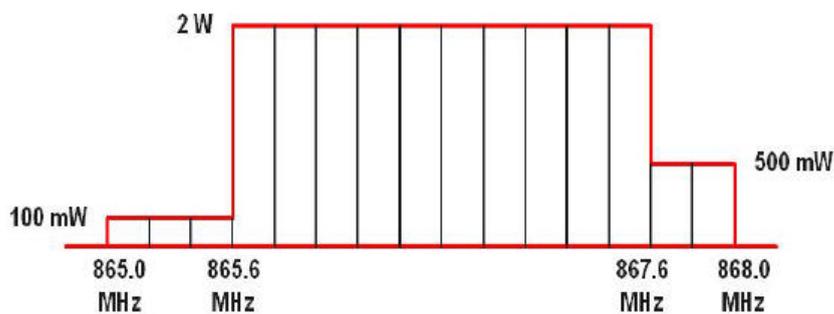


Figura 4.27 Potencia radiada equivalente permitida por la norma EN 302 208

Dentro de estas ventajas que proporciona la EN 302 208 también existen ciertas condiciones para el uso general de RFID en Europa. Una de ellas es el modo de trabajo que deben tener las etiquetas: *“listen before talk”*, es decir, el *tag* deberá permanecer en modo *‘idle’* hasta que el lector no le solicite ningún tipo de información. Esto se puede considerar totalmente lógico si tenemos en cuenta que estamos tratando con etiquetas pasivas, las cuales no tienen una fuente de alimentación propia y, por lo tanto, deben

## Capítulo 4. Componentes *hardware* RFID

---

optimizar la energía de la que disponen (campo magnético generado por el lector). Otras de las condiciones que se incluyen dentro de esta norma de la ETSI son:

- El uso de sub-bandas de 200kHz.
- Tiempo de escucha mayor de 5ms.
- Tiempo máximo continuado de transmisión de 4 segundos.
- Una pausa obligada de 100ms entre transmisiones repetidas en una misma sub-banda.

La figura 4.28 muestra la banda de frecuencias en la que la potencia máxima es de dos vatios, dividida en diez canales de 200 KHz.

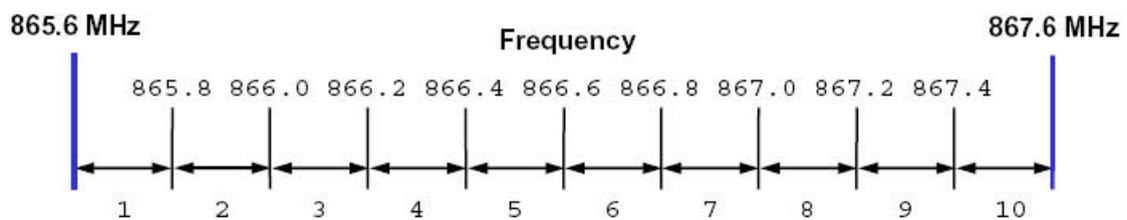


Figura 4.28 Canales en la banda de 2W



### **CAPÍTULO 6. Introducción al lenguaje XML**

XML (*eXtensible Markup Language*) como su propio nombre indica, pertenece a la familia de lenguajes como HTML (*HyperText Markup Language*) y SGML (*Standard Generalized Markup Language*), lenguajes de marcas, ambos, difíciles de manejar.

XML, no es más que un conjunto de reglas para definir etiquetas semánticas que nos organizan un documento en diferentes partes. Tanto SGML como XML se pueden considerar metalenguajes que definen la sintaxis utilizada para definir otros lenguajes de etiquetas estructurados. Ambos están basados en formatos de texto que proporcionan mecanismos para describir la estructura del documento mediante etiquetas de marcaje. Se puede encontrar un cierto parecido entre XML y HTML ya que ambos derivan de SGML y utilizan etiquetas para definir la estructura del documento. Afortunadamente XML es bastante más sencillo de aprender que otros lenguajes de marcado.

Los lenguajes de marcas no son equivalentes a los lenguajes de programación aunque se definan igualmente como "lenguajes". Son sistemas complejos de descripción de información, normalmente documentos, que si se ajustan a SGML, se pueden controlar desde cualquier editor ASCII. Las marcas más utilizadas suelen describirse por textos descriptivos encerrados entre signos de "menor" (<) y "mayor" (>), siendo lo más usual que existan una marca de principio y otra de final.

Se puede decir que existen tres utilidades básicas de los lenguajes de marcas: los que sirven principalmente para describir su contenido, los que sirven más que nada para definir su formato y los que realizan las dos funciones indistintamente. Las aplicaciones de bases de datos son buenas referencias del primer sistema, los programas de tratamiento de textos son ejemplos típicos del segundo tipo, y aunque no lo parezca, el HTML es la muestra más conocida del tercer modelo.

Conforme el uso de XML va creciendo, se entiende que ya no sólo sirve como descriptor de formatos de documentos Web, sino también como descriptor de una gran variedad de estructuras de datos. Es común encontrar XML en la representación de información estructurada, tabulada, y semi-estructurada. Así pues permite representar tanto estructuras de bases de bases, como el formato de una página web o un documento de negocio.

### 5. Aplicaciones

Hoy día es fácil encontrarse con sistemas RFID tanto en el ámbito cotidiano, como en el profesional e industrial. En el ámbito cotidiano nos encontramos con las llaves de inmovilización de vehículos que contienen chips RFID con códigos de autenticación a baja frecuencia (LF), o el pago automático en autopistas que utiliza *tags* activos de UHF.

En el ámbito profesional la identificación de animales a través de chips subcutáneos o bolos rumiales que trabajan en baja frecuencia (LF) según los estándares ISO 11784 e ISO 11785, la identificación de personas en entornos controlados como el acceso a edificios o áreas restringidas mediante chips RFID HF bajo el estándar ISO 14443, el control antirrobo mediante *Electronic Article Surveillance* (EAS) que trabaja en la banda de frecuencia media (7,4-8,8MHz), poco común en aplicaciones RFID, o incluso la identificación de pacientes en hospitales que utiliza HF (13,56 MHz ISO 15693).

Además también se encuentra esta tecnología a nivel industrial. Una de las aplicaciones principales hacia la que se orienta el RFID UHF es hacia la gestión y completa visibilidad de la cadena de suministro, desde la fabricación hasta el punto de venta. Para ello se trabaja en el diseño de equipos y etiquetas adecuadas para el seguimiento de artículos, cajas o palets y se ha creado un estándar global EPC EPCglobal Class1 Generation 2 sometido a la ISO 18000-6. Este estándar pretende ser independiente a la tecnología, es decir, define la estructura de los datos a codificar y las diferentes funcionalidades del sistema sin determinar la frecuencia de trabajo. Actualmente se ha concluido que para la identificación de cajas y paletas es imprescindible utilizar UHF, pero todavía está en estudio la frecuencia óptima de trabajo para etiquetar el artículo final. En algunos casos, como en los productos farmacéuticos, el uso de HF ISO 18000-3 en lugar de UHF EPC Gen2 ha quedado demostrado.

Pronto se podrán encontrar teléfonos móviles equipados con un módulo RFID que permitirá hacer compras o incluso descargar información a través de enlaces RFID. Incluso electrodomésticos con capacidad RFID para un uso más eficiente como podría ser detectar artículos caducados en el frigorífico, o identificar prendas de ropa delicada en la lavadora.

## Capítulo 5. Aplicaciones

En la siguiente tabla, tabla 5.1, se muestran las características principales y ejemplos de aplicación de las distintas bandas de frecuencia RFID:

Banda de Frecuencias	Características del Sistema	Ejemplos de Aplicaciones
<b>LF</b> ( de100 a 500 kHz ) Típico 125 a 134 kHz Internacional	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Corto alcance</li> <li>• Poca velocidad de transmisión</li> <li>• Relativamente económico</li> <li>• Gran penetración en los materiales (líquidos)</li> <li>• Trabaja bien junto a metales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Control de acceso</li> <li>• Identificación de animales</li> <li>• Control de inventario</li> <li>• EAS (Antirrobo)</li> <li>• Llaves de automóvil</li> </ul>
<b>HF</b> Típico 13,56 MHz Internacional	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Corto / medio alcance</li> <li>• Velocidad de transmisión media</li> <li>• Puede leer a través de líquidos y en entornos húmedos</li> <li>• Problemático junto a metales</li> <li>• Moderadamente caro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Control de acceso</li> <li>• Tarjetas inteligentes</li> <li>• EAS (Antirrobo)</li> <li>• Inventario en bibliotecas</li> <li>• Gestión de almacén</li> <li>• Control de equipajes</li> <li>• Gestión de lavandería</li> </ul>
<b>UHF</b> ( de 400 a 1000 MHz) Típico 850–950 MHz	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Largo alcance</li> <li>• Alta velocidad de transmisión</li> <li>• Mecanismos de anticolidión</li> <li>• Problemático con líquidos y metales</li> <li>• Problemático en entornos húmedos</li> <li>• El metal genera interferencias</li> <li>• Relativamente caro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gestión de artículos</li> <li>• Gestión de la cadena de suministro</li> </ul>
<b>Microondas</b> (de 2,4 a 6GHz) Típico 2,4 GHz o 5,8 GHz Internacional	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medio alcance</li> <li>• Características similares a los <i>tags</i> UHF pero con mayor velocidad de transmisión</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Control ferroviario</li> <li>• Peajes de autopista</li> <li>• Localización</li> </ul>

**Tabla 5.1 Aplicaciones para las distintas bandas de frecuencia RFID**

Son muchos los sectores industriales que pueden beneficiarse de las ventajas de la tecnología de auto-identificación por radiofrecuencia. Algunas de sus aplicaciones son las siguientes:

- Control de calidad, producción y distribución.
- Localización y seguimiento de objetos.
- Control de accesos.
- Identificación de materiales.
- Control de fechas de caducidad.
- Detección de falsificaciones.
- Almacenaje de datos.
- Control de stocks.
- Automatización de los procesos de fabricación.
- Información al consumidor.
- Reducción de tiempo y coste de fabricación.
- Reducción de colas a la hora de pasar por caja.
- Identificación y localización de animales perdidos.
- Elaboración de censos de animales.
- Identificación y control de equipajes en los aeropuertos.
- Inventario automático.
- Etc.

En general, los principales beneficios de la tecnología de RFID son:

- Gran capacidad de almacenaje de información.
- Ágil trazabilidad.
- Información almacenada en la etiqueta puede ser actualizada bajo demanda.
- Capacidad de recoger información de muchas etiquetas al mismo tiempo.
- Recolección de datos sin contacto directo o visibilidad de las etiquetas.
- Alta velocidad de lectura.
- Mayor distancia de lectura.
- Gran precisión en la recuperación de datos.
- En el caso de las etiquetas pasivas, su fácil ocultamiento y colocación en productos.

- Seguridad de funcionamiento en condiciones de inclemencia (suciedad-polvo-humedad-temperatura).
- Reducción de errores humanos.
- Trazabilidad precisa.

Los principales beneficios de la RFID vendrán por la optimización de los procesos de gestión de la cadena de suministro. Algunos ejemplos:

- **Reducción de inventarios** como resultado de una mejor visibilidad del stock. Permitirá llevar a cabo la trazabilidad y visibilidad a lo largo de la cadena de suministro, con mayor fiabilidad y agilidad que con los sistemas de códigos de barras, lo cual permitirá a las compañías adoptar políticas de planificación de stocks más ajustadas.
- **Mejora del nivel de servicio.** Gracias a un mayor control en las entregas de los pedidos a clientes, se podrá asegurar una trazabilidad de pedidos mucho más fiable, lo que se traducirá en una disminución de litigios y devoluciones, redundando en ahorros de costes administrativos y en aumento de ventas.
- **Mejora de la eficiencia y reducción de costes operativos.** Al no ser necesario hacer coincidir en la misma línea visual la unidad lectora y el chip, como ocurre con el código de barras, se podrá recurrir a arcos de lectura fijos similares a los que encontramos en las tiendas para prevenir hurtos. De esta forma, los procesos de gestión logística en almacenes se simplificarán enormemente al no ser necesario escanear e identificar repetidamente, en cada uno de los pasos y áreas por donde pasa la mercancía (producción, almacén de producto terminado, centro de distribución, *picking*, expedición, recepción en el punto de venta, etc.).
- **Exactitud en la identificación de mercancía.** Como la información no tendrá que ser introducida por ningún teclado o leída a través de ningún lector de códigos, se conseguirá una completa seguridad y exactitud en el proceso de altas y bajas de inventarios.

En general, la identificación por medio de radio frecuencia (RFID) traerá una nueva posibilidad de poder rastrear los envíos a través de las cadenas globales de distribución, permitiendo así que tanto proveedores como distribuidores y clientes, puedan estar de acuerdo con respecto a las cantidades recibidas y a las fechas de entrega. Permitirá además detectar áreas de alto robo, aliviar cuellos de botella y reducir de forma considerable la falta de productos en las tiendas.

### **5.1 Aplicaciones RFID**

Las tecnologías de identificación automáticas como RFID tiene gran utilidad a la hora de hacer seguimiento de objetos o personas, como control de inventario o acceso a edificios. RFID es particularmente útil por el hecho de poder ser embebido dentro de los objetos a identificar o localizar como cajas, tarjetas personales, documentos, o contenedores de transporte en general.

El hecho de transmitir información en forma de ondas de radio sin necesidad de visibilidad directa entre los dispositivos implicados en el proceso de identificación, incrementa la calidad, velocidad y la facilidad en la transacción de información con respecto a los proceso de identificación manual.

Ambos sectores, tanto el público como el privado, están fomentando el uso de esta tecnología de identificación, ya que ésta ha demostrado su valor añadido en los procesos de fabricación, distribución y seguimiento de artículos.

Es por ello que la posibilidad de aplicación de esta tecnología es tan amplia como las diferentes problemáticas de control y gestión de bienes o personas que puedan presentarse dentro de cada empresa particular. Algunos de los sectores más fácilmente identificables y sus aplicaciones relacionadas con la tecnología que se identifican a primera vista podrían ser los siguientes:

**Sector agroalimentario:** mejora del control de calidad de los productos, trazabilidad alimentaria, afectando a mercancías variadas como vacuno, ovino, porcino, carnes y derivados de ave, frutas y hortalizas o productos de mar, y/o recipientes, tetra-pack o cajas de producto.

**Sector industrial:** aplicaciones de logística, gestión de almacenes, trazabilidad del producto, localización y seguimiento de flotas de vehículos.

**Sector sanitario:** aplicaciones de control y seguimiento de pacientes, equipos médicos, material de laboratorio, etc.

**Sector farmacéutico:** aplicaciones para evitar la falsificación del producto final y controlar los procesos de fabricación.

**Sector servicios:** aplicaciones de mejora de la calidad del servicio ofrecido (evitar pérdidas de maletas en los aeropuertos, reducción de fuera de *stock* en los puntos de venta, mejora en la gestión de los aparcamientos privados, pago automático en autopistas, gestión de inventarios, antirrobo, acreditación automática en estaciones de squi, pagos, etc.).

**Seguridad:** aplicaciones de control de acceso a edificios o zonas restringidas.

### **5.2 Trazabilidad en el sector agroalimentario**

La seguridad y calidad de los alimentos juega un importante papel en el nivel de vida de los ciudadanos. Por ello, la industria agroalimentaria está atenta a la búsqueda de nuevas soluciones que contribuyan a la mejora de la seguridad y calidad en las diferentes etapas de la cadena alimenticia. Existe interés en la búsqueda de soluciones alternativas basadas en nuevas tecnologías que permitan hacer más extensivos los controles de seguridad y calidad de los alimentos. Inmunosensores y chips de DNA para el control de contaminación química y biológica, sistemas multisensores portables para una adecuada logística y un mejor control de calidad pueden ser algunos de los beneficios de la introducción de las microtecnologías en este campo.

El concepto de trazabilidad se define como *“la posibilidad de encontrar y seguir el rastro, a través de todas las etapas de producción, transformación y distribución, de un alimento, un pienso, un animal destinado a la producción de alimentos o una sustancia*

*destinados a ser incorporados en alimentos o piensos o con probabilidad de serlo”.*  
[5.1]

Este concepto lleva inherente la necesidad de poder identificar cualquier producto dentro de la empresa, desde la adquisición de las materias primas o mercancías de entrada, a lo largo de las actividades de producción, transformación y/o distribución que desarrolle, hasta el momento en que el operador realice su entrega al siguiente eslabón en la cadena.

Para la puesta en marcha de los procedimientos de trazabilidad, han de ser tenidas en cuenta además las normativas horizontales y verticales que exigen la instauración de sistemas de autocontrol, así como la necesidad de que los productos vayan siempre acompañados por la pertinente documentación.

Ambas exigencias suponen la identificación de los productos que se manejan dentro de cada empresa, lo que facilita el desarrollo del sistema de trazabilidad. Los beneficios de este proceso están repartidos:

### ***Para las empresas: aumento de la seguridad y beneficios económicos***

Un buen sistema de trazabilidad en la cadena alimenticia no sólo juega un importante papel en la protección de los intereses del consumidor, sino que, además, aporta grandes beneficios para las empresas. La implementación de un buen sistema de trazabilidad no tiene por qué llevar necesariamente asociado grandes costos. Es preciso considerar cuidadosamente qué cambios son necesarios para asegurar trazabilidad en la empresa. El coste de tales cambios puede ser compensado con los posibles beneficios que supone el disponer del sistema de trazabilidad.

### ***Para el consumidor: aumento de confianza***

Los sistemas de trazabilidad proporcionan confianza a los consumidores debido a que dan certeza de que los productos se producen con la conveniente transparencia informativa a lo largo de toda la cadena agroalimentaria, desde el productor al consumidor. Con la aplicación de este sistema, el consumidor tiene la garantía de que

ante cualquier problema las acciones a tomar se realizarán con la máxima eficacia, rapidez y coordinación.

### ***Para la Administración: mayor eficacia en gestión de incidencias***

El sistema de trazabilidad se puede englobar dentro del amplio enfoque de los autocontroles de los operadores económicos. Esta orientación ha traído consigo innumerables beneficios para empresas y Administración, ya que implica una intensa colaboración e interrelación entre las Autoridades Competentes y los distintos operadores económicos a lo largo de la cadena alimenticia. El establecimiento de sistemas de trazabilidad permite a la Administración depositar una mayor confianza en las empresas alimenticia, facilitando las actividades de control oficial a lo largo de toda la cadena. El sistema de autocontrol desarrollado por las empresas alimenticias, y como parte del mismo la trazabilidad, está facilitando a la Administración la racionalización y optimización de recursos. Actualmente, si una empresa alimenticia dispone de eficaces sistemas de autocontrol, la Administración puede realizar el control oficial mediante el sistema de auditoría. Ello permite que los recursos destinados a lo largo de muchos años a la “inspección tradicional” se deriven a otros fines, focalizando la inspección hacia aquellas empresas pequeñas y/o menos desarrolladas. La optimización de los sistemas de trazabilidad por parte del sector, permitirá a la Administración una mayor eficacia en gestión de incidencias, crisis o alertas sobre seguridad alimenticia. Ello podrá prevenir o atenuar los efectos de las posibles alarmas en la población, que tanto perjuicio suponen para los consumidores y el sector empresarial, así como para la propia Administración.

### **Deficiencia de las actuales soluciones de trazabilidad**

Casi todas las compañías disponen, en mayor o menor medida, de soluciones que garantizan la trazabilidad. Sin embargo, existen algunos errores comunes en estas soluciones:

- Generar gran cantidad de información muchas veces inexacta.
- Lentitud de respuesta ante crisis alimenticias.

## Capítulo 5. Aplicaciones

---

- Imposibilidad de mantener la identidad de los ingredientes a través de las sucesivas transformaciones de producto.
- Imposibilidad de trazar desde el punto de origen y/o a lo largo del ciclo de producto.
- Complejidad derivada de la falta de uniformidad en los datos tratados y procesos de registro.
- Ausencia de protección contractual frente al incumplimiento de proveedores.
- Sistemas de gestión diversos no integrados entre si.

Dentro del concepto de trazabilidad podemos encontrar diferentes aplicaciones internas:

1. Trazabilidad como **instrumento frente a la alerta sanitario-alimenticia** (Identificar, localizar y eliminar el alimento no seguro. Fomentar la seguridad del consumidor).
2. Trazabilidad como catalizador en la **mejora de procesos productivos y logísticos** (Reducir los costes a lo largo de la cadena de valor).

Las exigencias del mercado europeo, estadounidense y nipón respecto ciertos estándares de trazabilidad ha fomentado el uso de la tecnología RFID como solución a ciertos procesos de negocio en la industria agroalimentaria. La figura 5.1 muestra los diferentes niveles de etiquetado en la cadena de suministro, nivel de artículo, nivel de caja, y nivel de palet.

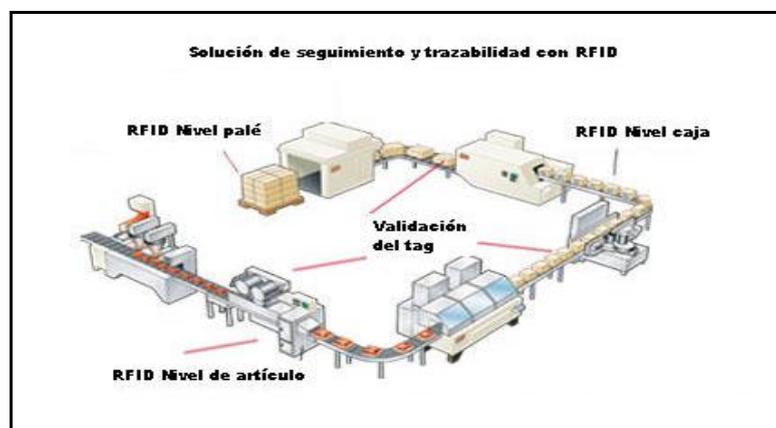


Figura 5.1 Diferentes niveles de etiquetado en la cadena de suministro

### ***5.3 Oportunidades relacionadas el almacenamiento y la distribución***

La identificación por frecuencia de radio es una de las tecnologías nuevas más prometedoras que se han orientado al sector del almacenamiento y distribución en muchos años. Aunque la tecnología de la identificación por frecuencia de radio ofrece diferentes beneficios y ventajas en comparación con la tecnología de identificación actualmente realizada mediante códigos de barras, el costo de la tecnología de RFID y los numerosos obstáculos tecnológicos que enfrenta han evitado que se generalice su uso para las operaciones del centro de almacenamiento y distribución. En el futuro cercano, mientras la tecnología de RFID se esfuerza para superar estas limitaciones y lograr una implementación más amplia, se utilizarán en general sistemas híbridos de código de barras y RFID.

Los beneficios iniciales de la tecnología de RFID en torno al centro de almacenamiento o distribución derivarán principalmente de la automatización de los procesos manuales y del uso eficaz de mayores cantidades de datos. Aún así, estos conceptos simples ofrecen beneficios variables y solucionan problemas muy diferentes. Por ejemplo, el uso de las etiquetas de RFID para automatizar la operación de recepción de productos puede reducir no sólo el costo laboral de dicha función, sino además mejorar su precisión y puede ayudar a reducir la cantidad de tiempo que una caja demora en un centro de distribución. La figura 5.2 muestra los cinco puntos principales por los que pasa el producto dentro de la cadena de suministro y distribución, desde el fabricante de producto hasta el cliente final.

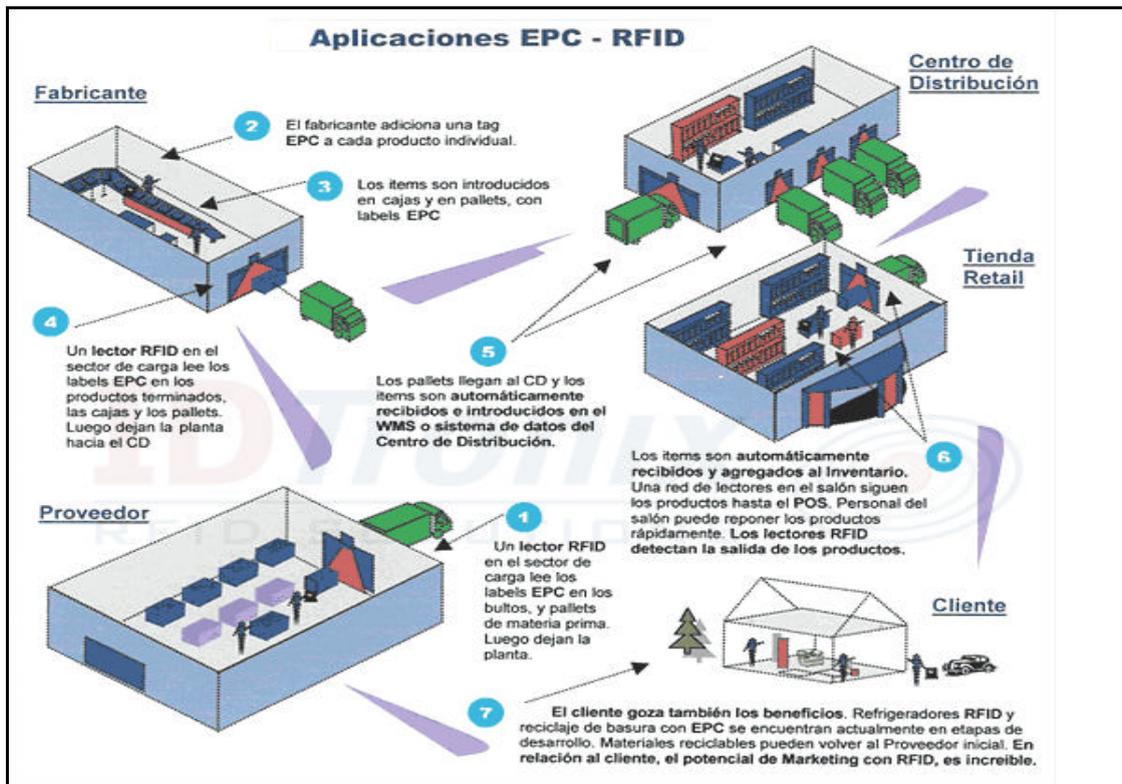
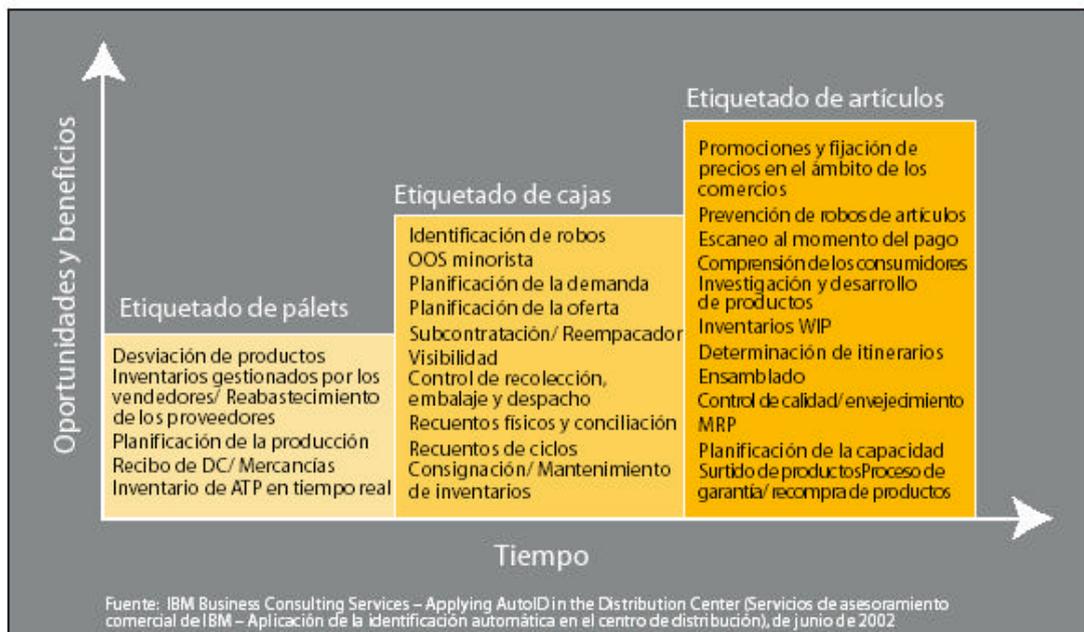


Figura 5.2 Los cinco puntos principales de la cadena de suministro

Con los diferentes niveles de uso de la identificación por frecuencia de radio, desde el etiquetado de palets, pasando por el etiquetado de cajas, y hasta el etiquetado de artículos, corresponden diferentes beneficios que se acumulan. La figura 5.3 detalla dichos beneficios. En el nivel de etiquetado de palets, la identificación por frecuencia de radio ofrece mejoras para la desviación de productos, la planificación de la producción, el control de inventarios y el almacenamiento y para los programas de inventarios gestionados por los vendedores, entre otros. En el nivel de etiquetado de cajas, la tecnología de RFID presenta oportunidades para mejorar la planificación de la oferta y la demanda, la identificación de robos, y para el control de recolección, embalaje y despacho. En el nivel de etiquetado de artículos, la tecnología de RFID brinda numerosos beneficios, incluyendo las promociones y la fijación de precios en el ámbito de los comercios, la prevención de robos de artículos y la planificación de la capacidad, entre muchos otros.



**Figura 5.3 Beneficios acumulados en los diferentes niveles de etiquetado**

Para lograr estos beneficios los centros de distribución deben adecuar los beneficios de la identificación por radiofrecuencia a los problemas y las limitaciones reales inherentes a su funcionamiento.

Aunque los problemas relacionados con los costos y la implementación evitan que la mayoría de las organizaciones intenten una conversión a la tecnología de RFID, es lógico seleccionar algunos proyectos de alta probabilidad para mostrar un rendimiento rápido de la inversión. Si se adopta este punto de vista las organizaciones tendrán que vivir con un método híbrido de códigos de barras-RFID en el futuro inmediato. Sin embargo, si se toman en cuenta los problemas y obstáculos que presenta la tecnología de RFID ya existente, incluido su costo, significa que es más probable lograr el éxito con proyectos cortos, bien definidos y orientados. Estos éxitos a corto plazo no sólo ayudarán a la organización sino que además sentarán las bases para lograr inversiones futuras exitosas utilizando esta tecnología.

A continuación se presentan algunos ejemplos de cómo la identificación por frecuencia de radio se puede aplicar a áreas específicas de un centro de distribución. Aunque la tecnología de RFID no está diseñada para que se adapte perfectamente a la situación específica de una organización ni para representar todas las aplicaciones potenciales, se encuentra entre los muchos conceptos que pueden dar resultado cuando se los adapta para funcionar dentro del marco de una operación específica.

### **Embarques y recepción**

Una de las mejores oportunidades para implementar la identificación por frecuencia de radio con éxito se encuentra en la automatización de la operación de recepción de productos. En este proceso, los palets y las cajas se etiquetan con códigos electrónicos de producto para identificación por frecuencia de radio. Los lectores de etiquetas de RFID ubicados en la puerta del andén leen la información a medida que pasan los contenedores.

Los contenedores con etiquetas de RFID incluyen mucha más información que aquellos etiquetados con códigos de barras. Como resultado de ello, el simple acto de manejar un montacargas para pasar los contenedores con etiquetas de identificación por frecuencia de radio por el lector ubicado en el portal de acceso de un andén se automatiza toda una serie de transacciones que de otra manera deberían realizarse manualmente. En un sistema de código de barras, un operador debería examinar los contenedores, conciliar las órdenes de compra, verificar que los productos adecuados se encuentren realmente en las cajas y luego es muy probable que debiera tener que incorporar una etiqueta de código de barras a la caja para el procesamiento interno.

Con la identificación por frecuencia de radio, este proceso se puede automatizar por completo. La información detallada acerca de los productos, los contenedores, las órdenes de compra y otra información acompaña ahora al contenedor. Una vez explorados los contenedores, el sistema de gestión de almacenes puede identificar de manera automática el envío, conciliarlo con la orden de compra y determinar su itinerario basándose en la información específica del producto real que se encuentra en la caja.

Este nivel de automatización mejora la velocidad del procesamiento, reduce los requerimientos de mano de obra y permite que el sistema comercial tome decisiones más rápidas con respecto a la manipulación de un determinado contenedor o producto. Si se aprovechan las mejoras al flujo de información, se pueden reducir los requerimientos de inventario, ya que este medio de andenes reduce la cantidad de tiempo que dicho inventario se encuentra en el almacén.

La lectura por RFID brinda tasas de precisión superiores a las de la exploración por códigos de barras, alcanza mayor velocidad y productividad y ofrece ahorros significativos en la mano de obra. También evita los errores en los envíos durante el

proceso de carga, permite ahorrar cuando no llega un intercambio electrónico de datos (EDI) o un aviso anticipado de embarque (ASN) y rinde para una manipulación de excepciones más rápida y precisa. La lectura por RFID en la puerta del andén también funciona bien con un sistema híbrido de códigos de barras y RFID.

Se obtienen resultados similares a los de la lectura en la puerta del andén cuando la exploración de RFID se utiliza para el control de calidad y para la lectura de artículos seleccionados en un sistema *'pick-to-light'* (de selección dirigida). RFID facilita la determinación de los productos seleccionados y provee mayor inteligencia comercial que los códigos de barras para el proceso de control de calidad. La lectura de RFID automatiza también el proceso de control de calidad, minimizando los requerimientos de mano de obra necesarios para lograrlo.

### **Montacargas**

Otra manera cuantificable para aprovechar el RFID es montar lectores directamente en los montacargas. En los almacenes actuales, los montacargas están equipados comúnmente con computadoras inalámbricas en red que pueden enviar y recibir información y cambiar las instrucciones de trabajo de forma inmediata. Si los lectores de RFID se encuentran incorporados en los carros montacargas, un almacén puede leer automáticamente los palets etiquetados con RFID. Esto no sólo reduce los requerimientos de mano de obra para la lectura de las etiquetas de los palets sino que además funciona como un paso previo de verificación para asegurar la precisión. La consecuencia directa de la disminución de errores es la reducción de los costos a través de la reducción de la manipulación manual y del reprocesamiento.

Una vez que se instalan lectores en los carros montacargas, el sistema de gestión de inventarios puede aprovechar la información suministrada por el lector para determinar en tiempo real la ubicación exacta de los montacargas. Con esta información adicional, el sistema puede volver a planificar el trabajo de algunos o de todos los montacargas para que se adapten a la situación actual. Esto puede generar la capacidad para procesar pedidos urgentes mediante el envío de órdenes nuevas de trabajo directamente a los montacargas. También brinda la opción de reubicar los montacargas para procesar los pedidos que se atrasan. Al igual que con el uso general de la identificación por

frecuencia de radio, cuanto más inteligencia se agrega al *software*, más rápidamente se pueda adaptar a las demandas de los clientes y de los proveedores.

La exploración con RFID en los carros montacargas proporciona muchos otros beneficios. El proceso automatiza el proceso de carga con la información referente al embarque y del aviso anticipado de mismo, proporciona información sobre la ubicación para las actividades de recoger y colocar y ofrece una mayor productividad como resultado del incremento en el flujo de información. La lectura con RFID en los montacargas es más económico que los lectores de las puertas de los muelles y funcionan también para un medio híbrido de códigos de barras y RFID.

### **Clasificación y transporte**

La última área para obtener ganancias potenciales iniciales en el uso de RFID es el área de la clasificación. Una vez tomada la decisión de utilizar las etiquetas de RFID en un almacén, generalmente resulta lógico continuar leyendo dicha etiqueta en los procesos que siguen, incluido el de clasificación.

Los beneficios obtenidos con el uso de la RFID en la clasificación variarán mucho según el tipo de sistema. Por ejemplo, para la manipulación de equipaje, en la que la lectura de los códigos de barras es muy baja, incluso de hasta un 85 por ciento en muchos casos, la cantidad de manipulación manual requerida para trasladar rápidamente un bolso hasta el avión correcto fácilmente justifica la incorporación de las etiquetas de RFID.

En la mayoría de las aplicaciones de almacenamiento y distribución, los resultados no son tan significativos. Sin embargo, si se tiene en cuenta la cantidad de manipulación manual requerida para los casos por falla de lectura y la dificultad para verificar con absoluta seguridad que se clasificaron y cargaron las cajas correctas en el camión correcto, el período de recuperación de la inversión para la implementación de la clasificación con identificación por frecuencia de radio puede ser justificable a corto plazo.

En el caso de separadores de paquetes, RFID puede cambiar la premisa básica según la cual se organiza el despacho de las cajas. Con códigos electrónicos de producto (EPC) en las etiquetas RFID, el sistema de control o el sistema de control de almacenes pueden cambiar en forma dinámica el itinerario de los embalajes tomando como base

## Capítulo 5. Aplicaciones

---

los contenidos de los mismos en vez de que sólo el sistema de gestión de almacenes sepa lo que hay en cada caja. El sistema de control o el sistema de control de almacenes en un medio sin RFID sólo ve un código de identificación de una matrícula que es sólo un número de serie estadístico.

Otros beneficios adicionales por el uso de lectura con RFID durante la clasificación y el transporte incluyen tasas superiores de precisión y la capacidad para leer información desde cualquier posición de un contenedor o de una caja. La implementación de la lectura con RFID para la clasificación también impulsa la inversión en tecnología importante ya existente en infraestructura en un centro de almacenamiento o distribución y es compatible con un sistema híbrido de código de barras y RFID.

Aparte de ser capaz de representar información estructurada y semi-estructurada, XML posee ciertas características que lo han llevado a ser considerado de forma generalizada como formato de representación de datos. XML es extensible, independiente de la plataforma sobre la que se trabaje, e internacional, siendo totalmente conforme al *Unicode*. El hecho de que XML esté basado en texto implica que en cualquier momento se pueda editar el documento con una herramienta de edición de textos estándar.

XML es independiente de cualquier lenguaje de programación, sistema operativo o *software* propietario. Esta independencia de plataforma, proporciona cierta interoperabilidad entre diferentes plataformas de desarrollo y sistemas operativos.

Los beneficios de exponer la información en formato XML se han reconocido y han permitido la proliferación de este lenguaje y sus fuentes de información. Documentos de negocio y bases de datos son dos ejemplos de fuentes de información que se mueven hacia una representación XML. Productos de Microsoft como *Microsoft Office*, *Microsoft SQL Server* y *Microsoft .NET Framework* permiten a sus usuarios desarrollar, producir y utilizar documentos, mensajes de red, y otro tipo de información con formato XML.

La extensibilidad de XML se manifiesta de varios modos, el más interesante resulta de poder modificar la información contenida en una estructura de datos compleja, por ejemplo añadir un atributo a un elemento, sin necesidad de tener que cambiar el código de acceso a la estructura inicial, dejando abierta la posibilidad de acceder a más información considerada de interés a través de un nuevo código o de otra aplicación *software*.

### **6.1 Objetivos XML**

Respecto a sus objetivos son:

- XML debe ser directamente utilizable sobre Internet
- XML debe soportar una amplia variedad de aplicaciones.
- XML debe ser compatible con SGML.

- Debe ser fácil la escritura de programas que procesen documentos XML.
- El número de características opcionales en XML debe ser absolutamente mínima, idealmente cero.
- Los documentos XML deben ser legibles por humanos y razonablemente claros.
- El diseño de XML debe ser preparado rápidamente.
- El diseño de XML debe ser formal y conciso.
- Los documentos XML deben ser fácilmente creables.
- La concisión en las marcas XML es de mínima importancia.

Esta especificación, junto con los estándares asociados (Unicode e ISO/IEC 10646 para caracteres, Internet RFC 1766 para identificación de lenguajes, ISO 639 para códigos de nombres de lenguajes, e ISO 3166 para códigos de nombres de países), proporciona toda la información necesaria para entender la Versión 1.0 de XML y construir programas de computador que los procesen.

### **6.2 Sintaxis XML**

El esquema de estructuración de un fichero XML se podría resumir en seis conceptos muy fáciles de entender.

1. La información se divide en elementos. Cada elemento empieza con una etiqueta `<TAG>` y termina con el cierre de la misma `</TAG>`. Estas etiquetas tienen identificadores que resultan familiares y que incluso aportan cierta descripción de la información que encierran. Además, estos elementos pueden estar anidados dentro de otros elementos. El código 6.1 es una muestra de esta organización de la información en forma de elementos:

## Capítulo 6. Introducción al lenguaje XML

---

```
<ARGUMENTO>
  <HECHO>One way to learn a language is to immerse yourself in it.</HECHO>
  <HECHO>If you're reading this, you're immersed in XML.</HECHO>
  <CONCLUSION>One way to learn XML is to read this.</CONCLUSION>
</ARGUMENTO>
<ARGUMENTO>
  <HECHO>I made up these tags to suit my purpose.</HECHO>
  <HECHO>My purpose was to help you read XML.</HECHO>
  <CONCLUSION>I made up these tags to help you.</CONCLUSION>
</ARGUMENTO>
```

### Código 6.1 Organización en forma de elementos

Se puede decir que la información XML está dividida en elementos etiquetados cada uno de ellos de forma independiente de tal forma que el significado de cada elemento esté bien claro e incluso pueda anidarse dentro de otros de acuerdo con la relación natural entre ellos. Este hecho hace que la información sea mucho más accesible y fácil de gestionar que en el caso de que se almacenara como una masa uniforme y no etiquetada.

2. Se pueden almacenar tantos elementos de datos en el fichero XML como sea necesario, siempre teniendo en cuenta que habrá un único elemento raíz. El elemento raíz '*root*' es el primer elemento que se encuentra en el fichero. Todos los demás elementos se encuentran anidados dentro del elemento raíz. En el código 6.2, el elemento `<EJEMPLOS_DE_LOGICA>` actúa como elemento raíz, el resto de elementos se anidan dentro de él.

```
<EJEMPLOS_DE_LOGICA>
  <ARGUMENTO>
    <HECHO> Una forma de conocer un lenguaje es sumergirte dentro de él.</HECHO>
    <HECHO> Leyendo esto estás conociendo XML.</HECHO>
    <CONCLUSION> Una modo de aprender XML es leer esta
información.</CONCLUSION>
  </ARGUMENTO>
```

## Capítulo 6. Introducción al lenguaje XML

---

```
<ARGUMENTO>
  <HECHO> XML se caracteriza por las etiquetas de elementos.</HECHO>
  <HECHO> El propósito de XML es ayudar.</HECHO>
  <CONCLUSION> Las etiquetas están para ayudar.</CONCLUSION>
</ARGUMENTO>
</EJEMPLOS_DE_LOGICA>
```

### Código 6.2 Elemento raíz

3. Algunos elementos XML no contienen información. En este caso sólo habrá una etiqueta identificando el elemento, la etiqueta de inicio tendrá una barra al final y no hará falta etiquetar el final de elemento. En el código 6.3 se ve más claro, no hace falta definir los elementos anidados en un elemento si estos están vacíos.

```
<EJEMPLOS_DE_LOGICA>
  <ARGUMENTO>
    <HECHO>Una forma de conocer un lenguaje es sumergirte dentro de él.</HECHO>
    <HECHO>Leyendo esto estás conociendo XML.</HECHO>
    <CONCLUSION>Una modo de aprender XML es leer esta
información.</CONCLUSION>
  </ARGUMENTO>
  <ARGUMENTO/>
  <ARGUMENTO>
    <HECHO>XML se caracteriza por las etiquetas de elementos.</HECHO>
    <HECHO>El propósito de XML es ayudar.</HECHO>
    <CONCLUSION>Las etiquetas están para ayudar.</CONCLUSION>
  </ARGUMENTO>
</EJEMPLOS_DE_LOGICA>
<ARGUMENTO/>
```

### Código 6.3 Elemento vacío, única etiqueta

Utilizar una única etiqueta en el elemento `<ARGUMENTO/>` es equivalente a usarla en cada uno de sus elementos anidados, el código 6.4 muestra los elementos anidados de un elemento vacío:

```
<ARGUMENTO>
```

```
<HECHO/>
<HECHO/>
<CONCLUSION/>
</ARGUMENTO>
```

### Código 6.4 Elementos anidados de un elemento vacío

4. En ocasiones, dar nombre a un elemento no será suficiente para soportar todo lo que se ha de conocer acerca de dicho elemento. Por esta razón, XML permite asignar otras propiedades a los elementos además del nombre. Estas otras propiedades o características se denominan ‘ atributos’ . Muchos elementos no poseen atributos, algunos sólo poseen uno y otros tienen varios.

En el código 6.5 a cada elemento <ARGUMENTO> se le asigna un atributo que caracteriza a dicho elemento como ‘ convincente’ . En el primer elemento <ARGUMENTO>, el atributo está marcado como “ Si” pero en el resto de elementos está marcado como “ No” .

```
<EJEMPLOS_DE_LOGICA>
<ARGUMENTO convincente="Si">
  <HECHO>Todas las virtudes son loables.</HECHO>
  <HECHO>Ser agradecido es una virtud.</HECHO>
  <CONCLUSION>Ser agradecido es loable.</CONCLUSION>
</ARGUMENTO>
<ARGUMENTO convincente ="No"/>
<ARGUMENTO convincente ="No">
  <HECHO>Sócrates es un hombre.</HECHO>
  <HECHO>Todos los hombres son iguales.</HECHO>
  <CONCLUSION>Sócrates es Platón.</CONCLUSION>
</ARGUMENTO>
</EJEMPLOS_DE_LOGICA>
```

### Código 6.5 Elementos con atributos

## Capítulo 6. Introducción al lenguaje XML

---

Como se observa en el código 6.5, los atributos se definen dentro de la etiqueta que marca el inicio de un elemento. Además, un elemento vacío puede tener atributos como cualquier otro.

5. El hecho de poder nombrar tus propios elementos de datos, confiere a XML una característica ventajosa para la identificación o localización de la información dentro del fichero, pero a la vez facilita la aparición de conflictos por nomenclatura.

Este tipo de conflictos no sólo aparecen en XML, también ocurre al dar nombre a cualquier fichero. Un nombre muy común de fichero es *'index.html'*.

Este conflicto se soluciona añadiendo una referencia de dominio o de *'path'* donde se encuentra dicho fichero, lo que se denomina 'espacio de nombres' (*Namespaces*). Estos espacios de nombres, actúan como primer nombre para cada elemento, eliminando la posibilidad de conflicto entre diferentes espacios de nombres.

No hay unas reglas determinadas para los espacios de nombres, es importante buscar algo que sea único, como por ejemplo un dominio Web. Normalmente estos espacios de nombres no se citan junto con cada elemento, sino que forman parte del elemento raíz como un atributo llamado *'xmlns'* referido a *XML namespace*. En el código 6.6 se puede apreciar este nombramiento único.

```
<EJEMPLOS_DE_LOGICA xmlns="http://www.wordsite.com/namespace1">
  <ARGUMENTO convincing="Yes">
    <HECHO>All virtues are laudable.</HECHO>
    <HECHO>Kindness is a virtue.</HECHO>
    <CONCLUSION>Kindness is laudable.</CONCLUSION>
  </ARGUMENTO>
  <ARGUMENTO convincing="No"/>
  <ARGUMENTO convincing="No">
    <HECHO>Socrates was a man.</HECHO>
    <HECHO>All men are created equal.</HECHO>
    <CONCLUSION>Socrates was Plato.</CONCLUSION>
  </ARGUMENTO>
```

</EJEMPLOS\_DE\_LOGICA>

### Código 6.6 *Namespace*, identificador único

La clave para recordar los espacios de nombres en XML es recordar que actúan del mismo modo que lo hacen los dominios en Internet. Permiten utilizar cualquier nombre siempre que se haga dentro de un dominio o espacio de nombres en el caso de XML, sin tener que preocuparse de conflictos de nombramiento dentro de otros espacios de nombres.

6. Algunas de las sentencias dentro de un fichero XML no tienen nada que ver con los elementos de datos. Por ejemplo, normalmente dentro de cada fichero XML la primera sentencia es una declaración del tipo:

```
<?xml version="1.0"?>
```

Una declaración XML se conoce como una instrucción de procesado. Dentro de los paréntesis angulados de la instrucción de procesado, el primer y último carácter debe ser un interrogante. Un fichero XML puede contener varios tipos de instrucciones de procesado. A pesar de esto, el estándar XML no requiere que todos los ficheros XML contengan instrucciones de procesado.

El objetivo de estas instrucciones de procesado es declarar que el contenido del fichero XML es conforme a una versión particular del estándar XML. La versión actual del estándar es la 1.0.

Una declaración XML puede contener otros atributos además de la versión del estándar, por ejemplo un atributo de codificación para designar el esquema de codificación utilizado en el fichero. Si un fichero se codifica según el esquema de codificación utf-8, la sentencia de declaración en XML sería la siguiente:

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
```

De acuerdo con el estándar XML, cualquier *software* que utilice ficheros XML debe ser capaz de leer cualquier carácter codificado mediante utf-8 y utf-16.

Además, cuando un fichero está codificado mediante utf-8 o utf-16, la declaración XML no necesita especificarlo. Debido a que los ficheros ASCII son conformes a la codificación utf-8 y la mayoría de los ficheros *Unicode* utilizan codificación utf-16, se podría omitir el atributo de codificación en la declaración XML a excepción de los ficheros que utilicen otro tipo de codificación.

Además de las declaraciones XML, hay muchos ficheros que contienen comentarios. Los comentarios son fáciles de reconocer.

<!--Los comentarios siempre están encerrados entre paréntesis angulosos. -->

<!--Los comentarios siempre empiezan con un signo de exclamación y dos guiones. -->

<!--Los comentarios siempre terminan con dos guiones. -->

<!--Los comentarios son ignorados por las aplicaciones *software*. -->

### **6.3 Algunas aplicaciones**

Son muchísimas las aplicaciones de los ficheros XML. Con la existencia de librerías para producir, analizar y transformar XML, disponibles para varios lenguajes de programación, cada día se usa más el XML en varios campos muy diversos. Veamos las aplicaciones más comunes donde encontramos las relacionadas con la funcionalidad que han desarrollado dentro del proyecto.

#### **Datos de configuración**

En muchas aplicaciones se utiliza XML para almacenar datos de configuración. El uso de XML para formar los archivos de configuración permite describir mejor los valores. La existencia de librerías optimizadas para extraer información y modificar documentos XML facilita la tarea del programador.

### **Transferencia de datos**

XML es un formato excelente para transferir datos entre equipos. Cualquier equipo que los reciba, podrá leer los datos contenidos, sin importar el sistema operativo o lenguaje de programación. Por ejemplo XML es una buena interfaz para proporcionar datos a una base de datos, o para almacenar copias de partes del contenido de la base de datos, en ficheros de texto. Cada campo en una tabla de la base de datos se puede hacer corresponder al contenido de alguna marca XML.

### **Almacenamiento de datos**

XML es un buen reemplazo de bases de datos pequeñas. Permite generar un formato sencillo de archivo que se autodescriba, en el que se permitan las relaciones, y que pueda ser modificado.

### CAPÍTULO 7. Visual Basic .Net

Visual Basic .Net (VB.NET) no es sólo una mejora con respecto a las versiones anteriores de Visual Basic sino que cambia mucho, tanto como si de otro lenguaje de programación se tratara. VB.NET está basado en el **.NET Framework**. .NET framework es el corazón de los lenguajes .NET. .NET Framework es un entorno para construir, instalar y ejecutar servicios Web y otras aplicaciones. Se compone de tres partes principales: el *Common Language Runtime*, las clases *Framework* y ASP.NET.

Visual Basic .NET usa una jerarquía de clases que están incluidas en el .NET Framework, por tanto conocer el .NET Framework ayuda a conocer al propio Visual Basic .NET.

¿Qué es el .NET Framework?

El .NET Framework es un entorno multi-lenguaje para la construcción, distribución y ejecución de Servicios Webs y aplicaciones. Es una nueva plataforma diseñada para simplificar el desarrollo de aplicaciones en el entorno distribuido de Internet.

El .NET Framework consta de dos componentes principales: el *Common Language Runtime* y la librería de clases .NET Framework. El *Common Language Runtime* (CLR) es una serie de librerías dinámicas (DLLs), también llamadas *assemblies*, que hacen las veces de las DLLs del *Application Programming Interface* (API) de Windows así como las librerías *runtime* de Visual Basic o C++. Cualquier ejecutable depende de una forma u otra de una serie de librerías, ya sea en tiempo de ejecución como a la hora de la compilación. CLR son esas librerías usadas en tiempo de ejecución para que cualquier ejecutable basado en .NET pueda funcionar.

Por otro lado, las librerías de clases de .NET Framework proporcionan una jerarquía de clases orientadas a objeto disponibles para cualquiera de los lenguajes basados en .NET, incluido el Visual Basic. Esto quiere decir que a partir de ahora Visual Basic tendrá a su disposición todas las clases disponibles para el resto de los lenguajes basados en .NET.

VB.NET ahora es totalmente un lenguaje orientado a objetos con herencia inclusive. También permite crear *Threads* o hilos o tramas de ejecución y otras cosas que antes estaban vetadas.

El entorno de desarrollo (IDE) de Visual Studio .NET es el mismo para cualquier lenguaje .NET. Por tanto, se podrá trabajar con varios proyectos a un mismo tiempo, aunque sean de lenguajes diferentes.

### **7.1 La programación orientada a objetos (OOP)**

Todo el .NET *Framework* está basado en clases (u objetos). A diferencia de las versiones anteriores de Visual Basic, la versión .NET de este lenguaje basa su funcionamiento casi exclusivamente en las clases contenidas en .NET *Framework*, además casi sin ningún tipo de limitaciones. Debido a esta dependencia en las clases del .NET *Framework* y sobre todo a la forma "hereditaria" de usarlas, Visual Basic .NET ofrece esta característica sin ningún tipo de restricciones.

Para que un lenguaje sea definido como lenguaje basado en objetos debe cumplir estos tres requisitos:

1. Herencia
2. Encapsulación
3. Polimorfismo

A continuación se verá qué es lo que significa cada uno de ellos.

#### **7.1.1 Herencia**

*‘Una relación de herencia es una relación en la que un tipo (el tipo derivado) se deriva de otro (el tipo base), de tal forma que el espacio de declaración del tipo derivado contiene implícitamente todos los miembros de tipo no constructor del tipo base.’*

*‘La herencia es la capacidad de una clase de obtener la interfaz y comportamiento de una clase existente.’*

*‘La herencia es la cualidad de crear clases que estén basadas en otras clases. La nueva clase heredará todas las propiedades y métodos de la clase de la que está derivada, además de poder modificar el comportamiento de los procedimientos que ha heredado, así como añadir otros nuevos.’ [7.1]*

Gracias a la herencia se puede ampliar cualquier clase existente, además de aprovecharnos íntegramente de todo lo que esa clase haga. Suponiendo que se tiene una clase Gato que está derivada de la clase Animal. El Gato hereda de Animal todas las características comunes a los animales, además de añadirle algunas características particulares a su condición felina. Se puede decir que un Gato es un Animal, lo mismo que un Perro es un Animal, ambos están derivados (han heredado) de la clase Animal, pero cada uno de ellos es diferente, aunque en el *fondo* los dos son animales. Esto es herencia: usar una clase base (Animal) y poder ampliarla sin perder nada de lo heredado, pudiendo ampliar la clase de la que se ha derivado (o heredado).

### **7.1.2 Encapsulación**

*‘La encapsulación es la capacidad de contener y controlar el acceso a un grupo de elementos asociados. Las clases proporcionan una de las formas más comunes de encapsular elementos.’ [7.2]*

La encapsulación es la capacidad de separar la implementación de la interfaz de una clase del código que hace posible esa implementación. Esto realmente sería una especie de abstracción, ya que no nos importa cómo esté codificado el funcionamiento de una clase, lo único que nos debe interesar es cómo funciona.

Cuando se habla de la implementación de la interfaz de una clase, se hace referencia a los miembros de esa clase: métodos, propiedades, eventos, etc. Es decir, lo que la clase es capaz de hacer.

Cuando usamos las clases, éstas tienen una serie de características (los datos que manipula) así como una serie de comportamientos (las acciones a realizar con esos datos). La encapsulación es esa capacidad de la clase de ocultarnos sus interioridades

para que sólo veamos lo que tenemos que ver, sin tener que preocuparnos de cómo está codificada para que haga lo que hace, simplemente nos debe importar que lo hace. Tomando el ejemplo de la clase Gato, se conoce que araña, come, se mueve, etc., pero el cómo lo hace no es algo que no interesa.

### 7.1.3 Polimorfismo

*‘El polimorfismo se refiere a la posibilidad de definir múltiples clases con funcionalidad diferente, pero con métodos o propiedades denominados de forma idéntica, que pueden utilizarse de manera intercambiable mediante código cliente en tiempo de ejecución.’ [7.3]*

El Polimorfismo permite usar miembros de distintas clases de forma genérica sin tener que preocuparse de si pertenece a una clase o a otra. Siguiendo con el ejemplo de los animales, si el Gato y el Perro pueden morder se podría tener un "animal" que muerda sin importar que sea el Gato o el Perro, simplemente se podría usar el método Morder ya que ambos animales tienen esa característica "animal mordedor".

La Programación Orientada a Objetos es posible ahora con Visual Basic. Pero antes de seguir sería bueno tener claros algunos conceptos a los que se ha hecho referencia.

## 7.2 Clases, Objetos, y Miembros de una clase

### Las clases

Una clase no es ni más ni menos que código. Aunque dicho de esta forma, cualquier programa sería una clase.

Cuando se define una clase, realmente se definen dos cosas diferentes: los datos que dicha clase puede manipular o contener y la forma de acceder a esos datos. Por ejemplo, si se tiene una clase de tipo Cliente, por un lado se tendrán los datos de dicho cliente y por otro la forma de acceder o modificar esos datos. En el primer caso, los datos del Cliente, como por ejemplo el nombre, domicilio etc., estarán representados por una serie de campos o propiedades, mientras que la forma de modificar o acceder a

esa información del Cliente se hará por medio de métodos. Esas propiedades o características y las acciones a realizar son las que definen a una clase.

### Los Objetos

Por un lado se tiene una clase que es la que define un "algo" con lo que se puede trabajar. Pero para que ese "algo" no sea un "nada", se tiene que poder convertirlo en "algo tangible", es decir, se debe tener la posibilidad de que exista. Aquí es cuando entran en juego los objetos, ya que un objeto es una clase que tiene información real.

Se puede decir que la clase es la "plantilla" a partir de la cual se puede crear un objeto en la memoria. Por ejemplo, se pueden tener varios objetos del tipo Cliente, uno por cada cliente que se tenga en la cartera de clientes, pero la clase sólo será una. Dicho de otra forma: se pueden tener varias instancias en memoria de una misma clase. Una instancia es un objeto (los datos) creado a partir de una clase (la plantilla o el código).

### Los miembros de una clase

Las clases contienen datos, esos datos suelen estar contenidos en variables. A esas variables cuando pertenecen a una clase, se les llama: campos o propiedades. Por ejemplo, el nombre de un cliente sería una propiedad de la clase Cliente. Ese nombre se almacenará en una variable de tipo *String*, de dicha variable se puede decir que es el "campo" de la clase que representa al nombre del cliente.

Por otro lado, si queremos mostrar el contenido de los campos que contiene la clase Cliente, usaremos un procedimiento que nos permita mostrarlos, ese procedimiento será un método de la clase Cliente.

Por tanto, los miembros de una clase son las propiedades (los datos), y los métodos las acciones a realizar con esos datos. El código que internamente se use para almacenar esos datos o para, por ejemplo, mostrarlos, es algo que no debe preocupar mucho, simplemente hay que saber que se puede almacenar esa información (en las propiedades de la clase) y que hay formas de acceder a ella, (mediante los métodos de dicha clase), eso es "abstracción" o encapsulación.

### Crear o definir una clase

Igual que existen instrucciones para declarar o definir una variable o cualquier otro elemento de un programa de Visual Basic, existen instrucciones que permiten crear o definir una clase.

Para crear una clase se debe usar la instrucción **Class** seguida del nombre que tendrá dicha clase, por ejemplo:

#### **Class Cliente**

A continuación se escribe el código que se necesite para implementar las propiedades y métodos de esa clase, pero para que Visual Basic sepa que ya se ha terminado de definir la clase, se usa una instrucción de cierre:

#### **End Class**

Por tanto, todo lo que esté entre **Class <nombre>** y **End Class** será la definición de dicha clase.

### Definir los miembros de una clase

Para definir los miembros de una clase, se escribe dentro del "bloque" de definición de la clase, las declaraciones y procedimientos que se crea convenientes. Véase el ejemplo:

```
Class Cliente
    Public Nombre As String

    Sub Mostrar()
        Console.WriteLine("El nombre del cliente: {0}", Nombre)
    End Sub
End Class
```

En este caso, la línea **Public Nombre As String**, estaría definiendo una propiedad o "campo" público de la clase Cliente.

Por otro lado, el procedimiento **Mostrar** sería un método de dicha clase, en este caso, permitiría mostrar la información contenida en la clase Cliente.

Esta es la forma más simple de definir una clase, y normalmente se hará siempre así, por tanto se puede comprobar que es muy fácil definir una clase, así como los miembros de dicha clase.

### Crear un objeto a partir de una clase

Las clases definen las características y la forma de acceder a los datos que contendrá, pero sólo eso: los define. Para que se pueda asignar información a una clase y poder usar los métodos de la misma, hay que crear un objeto basado en esa clase, o lo que es lo mismo: hay que crear una nueva instancia en la memoria de dicha clase. Para ello, se hace lo siguiente:

1. Definir una variable capaz de contener un objeto del tipo de la clase, como con cualquier variable:

```
Dim cli As Cliente
```

2. Pero, a diferencia de las variables basadas en los tipos visto hasta ahora, para poder crear un objeto basado en una clase, se necesita algo más de código que permita "crear" ese objeto en la memoria, ya que con el código usado en la línea anterior, simplemente se estaría definiendo una variable que es capaz de contener un objeto de ese tipo, pero aún no existe ningún objeto en la memoria, para ello hay que usar el siguiente código:

```
cli = New Cliente()
```

Con esto se está diciendo al Visual Basic: crea un **nuevo** objeto en la memoria del tipo Cliente. Estos dos pasos los podemos simplificar de la siguiente forma:

```
Dim cli As New Cliente()
```

A partir de este momento existirá en la memoria un objeto del tipo Cliente.

### Acceder a los miembros de una clase

Para acceder a los miembros de una clase (propiedades o métodos) se usa la variable que apunta al objeto creado a partir de esa clase, seguida de un punto y el miembro al que se quiere acceder, por ejemplo, para asignar el nombre al objeto **cli**, usaremos este código:

```
cli.Nombre = "Guillermo"
```

Es decir, de la misma forma que se haría con cualquier otra variable, pero indicando el objeto al que pertenece dicha variable.

Y para acceder al método Mostrar:

```
cli.Mostrar()
```

### **7.3 Las partes o elementos de un proyecto de Visual Basic .NET**

Los elementos en los que podemos "repartir" el código de un proyecto son los siguientes.

#### **Los ensamblados (*assembly*)**

Para simplificar, un ensamblado es el ejecutable o la librería que podemos crear con VB .NET. En un ensamblado podemos tener clases, módulos y otros elementos tal como los espacios de nombres.

#### **Los espacios de nombres (*namespace*)**

Los espacios de nombres se usan para agrupar clases y otros tipos de datos que estén relacionados entre sí. Para acceder a los tipos incluidos en un espacio de nombres hay que indicar el *namespace* seguido de un punto y el nombre de ese tipo, por ejemplo una clase. Por ejemplo, para acceder a la clase *Console* que está en el espacio de nombres *system*, habría que hacerlo así:

```
System.Console.
```

Para poder definir nuestros propios espacios de nombres, tendremos que usar la instrucción *Namespace* seguida del nombre que queramos darle, y para indicar cuándo termina ese espacio de nombres, lo indicaremos con *End Namespace*.

Dentro de un espacio de nombres podemos declarar otros espacios de nombres. Cuando creamos un proyecto de Visual Basic, por defecto se crea un espacio de

nombres llamado de la misma forma que el proyecto, aunque si el nombre del proyecto incluye espacios u otros caracteres "raros", estos serán sustituidos por guiones bajos. Todas las declaraciones que hagamos en dicho proyecto se "supondrán" incluidas en ese espacio de nombres, por tanto, para poder acceder a ellas desde fuera de ese proyecto, habrá que usar ese espacio de nombres.

Aunque esta forma automática de crear espacios de nombres "ocultos" se puede cambiar indicando al Visual Basic que no cree un espacio de nombres predeterminado, para ello, en las propiedades del proyecto deberemos dejar en blanco el valor indicado en "Espacio de nombres de la raíz:" de la ficha General, y especificar en el código el nombre que nos interese que tenga el espacio de nombres indicándolo con *Namespace* y el nombre que se desee.

### **Los módulos y las clases**

En Visual Basic .NET se pueden crear clases de dos formas distintas, usando la instrucción *Module* o usando la instrucción *Class*, en ambos casos, a continuación de esas instrucciones, se indicará el nombre que tendrá ese elemento. Tanto los módulos como las clases, deben estar declarados dentro de un espacio de nombres. Dentro de una clase podemos definir otras clases, pero no podemos definir módulos dentro de otros módulos.

La diferencia entre un módulo y una clase, es que un módulo define todos sus miembros como compartidos (*Shared*). Como ya se sabe, cuando se quiere crear un objeto basado en una clase, hay que usar *New* para crear una nueva instancia en la memoria, cada nuevo objeto creado con *New* será independiente de los otros que estén basados en esa clase. Por otro lado, para usar los elementos contenidos en un módulo, no se necesita crear una nueva instancia, se usa directamente; esto es así porque esos elementos están compartidos, son estáticos, es decir, siempre existen en la memoria y por tanto no es necesario crear un nuevo objeto. Al estar siempre disponible, sólo existe una copia en la memoria.

### **Las enumeraciones**

Las enumeraciones son constantes que se relacionan entre si, y pueden declararse a nivel de espacios de nombres o a nivel de clases (y/o módulos).

### Las estructuras (*Structure*)

Las estructuras o tipos definidos por el usuario, son un tipo especial de datos que se comportan casi como las clases, permitiendo tener métodos, propiedades, etc. La diferencia principal entre las clases y las estructuras es que éstas últimas son tipos por valor, mientras que las clases son tipos por referencia.

Las estructuras, al igual que las clases, se pueden declarar a nivel de espacios de nombres y también dentro de otras estructuras e incluso dentro de clases y módulos.

Se puede comprobar que hay un amplio abanico de posibilidades entre las que poder escoger a la hora de crear proyectos, pero básicamente existen tres partes bien distintas:

- Ensamblados
- Espacios de nombres
- Resto de elementos de un proyecto.

Tanto los espacios de nombres como las clases, estructuras y enumeraciones estarán dentro de los ensamblados. Pero las clases, estructuras y enumeraciones suelen estar incluidas dentro de los espacios de nombres, aunque no tiene porqué existir un espacio de nombres para que se puedan declarar las clases, estructuras y enumeraciones, aunque lo habitual es que siempre exista un espacio de nombres, el cual es definido de forma explícita al crear un nuevo proyecto.

### Las partes o elementos de una clase

Cuando una variable y/o procedimiento forma parte de una clase, módulo o estructura tiene un comportamiento "especial" ya que deja de ser variables y/o procedimiento para convertirse en "miembros" de la clase, módulo o estructura (e incluso de la enumeración) que lo declare.

En las clases podemos tener: campos, propiedades, métodos y eventos.

- **Los métodos** son procedimientos de tipo *Sub* o *Function* que realizan una acción.

- **Los campos** son variables usadas a nivel de la clase, es decir son variables normales y corrientes, pero que son accesibles desde cualquier parte dentro de la clase e incluso fuera de ella.
- **Las propiedades** se puede decir que son procedimientos especiales, que al igual que los campos, representan una característica de las clases, pero a diferencia de los campos nos permiten hacer validaciones o acciones extras que un campo nunca podrá hacer.
- **Los eventos** son mensajes que utilizará la clase para informar de un hecho que ha ocurrido, es decir, se podrán usar para comunicar al que utilice la clase de que se ha producido algo digno de notificar.

### Los procedimientos: métodos de las clases.

Los métodos de una clase pueden ser de dos tipos: *Sub* o *Function*. Los procedimientos *Sub* son como las instrucciones o palabras clave de Visual Basic: realizan una tarea. Los procedimientos *Function* además de realizar una tarea, devuelven un valor, el cual suele ser el resultado de la tarea que realizan.

### Parámetros o argumentos de los procedimientos

Cuando se quiere que un procedimiento realice una tarea, es posible que haya que indicarle alguna información adicional. Esa información se suele indicar mediante parámetros o argumentos. Los argumentos pasados a los procedimientos se indican a continuación del nombre del procedimiento y deben estar incluidos dentro de los paréntesis que siempre hay que usar con los procedimientos.

Para indicar que un procedimiento acepta argumentos éstos se indicarán de la siguiente forma:

```
<tipo procedimiento> <nombre del procedimiento>([<parámetro>],[<parámetro>])
```

Para verlo de forma clara, supongamos que tenemos un procedimiento llamado Saludar, al cual hay que pasarle un parámetro de tipo cadena. Dicho procedimiento

usará ese parámetro como parte de un mensaje que tendrá que mostrar por la consola. Sería algo como esto:

```
Sub Saludar(ByVal nombre As String)
    Console.WriteLine("Hola " & nombre)
End Sub
```

En este ejemplo, **nombre** sería el parámetro o argumento del método **Saludar**. Al usar este procedimiento se haría de la siguiente forma:

```
Saludar("Guillermo")
```

Si el procedimiento ha de recibir más de un parámetro, se indica separándolos unos de otros con una coma.

```
Sub Saludar(ByVal tipoSaludo As String, ByVal nombre As String)
    Console.WriteLine(tipoSaludo & " " & nombre)
End Sub
```

Este procedimiento con dos parámetros se usaría de la siguiente forma:

```
Saludar("Hello", "Guille")
```

### Parámetros por valor y parámetros por referencia

Normalmente, cuando se pasa un parámetro a un procedimiento, éste se suele pasar o indicar lo que se llama por valor, es decir, el parámetro será una copia del valor indicado, en el caso de Saludar("Guillermo") la constante "Guillermo" se copiará en la variable nombre. Cualquier cambio que se realice dentro del procedimiento a la variable nombre no afectará al parámetro.

Pero si se quiere que el procedimiento pueda modificar el valor recibido como parámetro, hay que indicarle al Visual Basic .NET de que lo pase por referencia, para ello habrá que usar la instrucción *ByRef* en lugar de *ByVal*.

```
Sub Saludar3(ByRef nombre As String)
    nombre = "Hola " & nombre
    Console.WriteLine(nombre)
End Sub
```

Las variables indicadas con *ByVal* se pasan por valor, es decir se hace una copia del contenido de la variable o constante y es esa copia la que se pasa al procedimiento.

Por otro lado, los parámetros indicados con *ByRef* se pasan por referencia, es decir se pasa al procedimiento una referencia a la posición de memoria en la que está el contenido de la variable en cuestión, por tanto cualquier cambio efectuado a la variable dentro del procedimiento afectará a la variable indicada al llamar al procedimiento.

Por supuesto, todo esto es aplicable tanto a los procedimientos de tipo *Sub* como a los de tipo *Function*. En el caso de las funciones, el utilizar parámetros *ByRef* permiten devolver más de un valor: el que devuelve la función más los que se puedan devolver en los parámetros declarados con *ByRef*.

Ni que decir tiene que en un procedimiento se pueden usar indistintamente parámetros por valor como por referencia, es decir, se pueden tener tanto parámetros declarados con *ByVal* como con *ByRef*, y, por supuesto, sólo los indicados con *ByRef* podrán cambiar el contenido de las variables indicadas al llamar al procedimiento.

### **7.4 XML y Visual Basic .Net**

DOM (*Document Object Model*) es una forma pomposa de decir “forma estándar de leer y escribir XML”. DOM representa la interfaz de programación estándar recomendado por el consorcio de World Wide Web ([www.w3.org](http://www.w3.org)) para usar XML. Existe una versión del DOM disponible para la mayoría de los sistemas operativos, que puede utilizarse desde la mayoría de los lenguajes de programación, incluyendo Visual Basic .Net. Es una interfaz para la programación de aplicaciones (API) para consultar archivos XML.

La idea del DOM es que cualquier XML puede escribirse en términos de una jerarquía de nodos. Hay dos formas de ver cualquiera de los nodos de un DOM. En un sentido, todos son nodos. Sin embargo, también hay tipos específicos de nodos, nodos integrantes y nodos atributo. Cada uno de ellos soporta todas las facultades de un nodo genérico, así como los métodos específicos y propiedades para el tipo a que pertenece.

La tabla 7.1 muestra los tipos más comunes:

Tipo de nodo	Descripción
XmlElement	Representa a un elemento de un archivo XML.
XmlAttribute	Representa a un atributo de un archivo XML.

## Capítulo 7. Visual Basic .Net

---

XmlDocument	Representa a todo un documento.
XmlComment	Representa un comentario en el archivo XML.

---

**Tabla 7.1 Nodos más comunes en XML**

Un beneficio de tener diversos tipos de nodos derivados de un nodo común es que todos comparten un conjunto de propiedades y métodos. Esto le permite aprender a usar DOM con mayor facilidad. La tabla 7.2 muestra los métodos y propiedades más utilizados de los nodos:

Miembro	Descripción
Attributes	Colección de los atributos de ese nodo.
ChildNodes	Colección de nodos secundarios de ese nodo. Un modo de desplazarse por el DOM con un bucle For ...Next
FirstChild	Devuelve el primer nodo secundario del nodo indicado. Otra forma de desplazarse por el DOM.
InnerText	El texto contenido en cada nodo.
Name	El texto que está entre los signos < > del nodo.
NextSibling	Devuelve el siguiente nodo que está en el mismo nivel que este.
NodeType	Devuelve el tipo de nodo en uso.
AppendChild	Agrega un nodo secundario en el nodo en uso.

---

**Tabla 7.2 Métodos y propiedades de los nodos XML**

El uso de *XmlDocument* para trabajar con archivos XML es similar a ver la jerarquía de nodos. En la parte superior de la jerarquía está el nodo base. Éste y todos los demás nodos del DOM tienen una colección de nodos secundarios, y cada uno de ellos, a su vez, tienen nodos secundarios. Los objetos tienen métodos que le ayudan a desplazarse por esta jerarquía. La tabla 7.3 muestra alguno de esos métodos y propiedades. Además, el *XmlDocument* admite los mismos métodos y propiedades que la clase *XmlNode*.

Miembro	Descripción
DocumentElement	El nodo base del documento.
CreateNode	Se utiliza para generar nodos y agregarlos al documento. Este método genérico le permite generar cualquier tipo de

---

---

	XmlNode.
CreateElement	Similar a CreateNode pero se utiliza para generar elementos.
CreateAttribute	Similar a CreateNode pero se utiliza para generar atributos.
Load	Carga el contenido de un archivo XML en el documento.
LoadXml	Carga el contenido de una cadena con XML en el documento.
Save	Guarda en un archivo el contenido del documento XML.

---

**Tabla 7.3 Métodos y propiedades específicos de los nodos XML**

Normalmente cuando se utiliza *XmlDocument* y DOM para leer XML, se suele trabajar con *ChildNodes* o *FirstChild/NextSibling* para desplazarse por él y encontrar los nodos buscados.

El DOM es una forma estándar de leer y escribir archivos XML. Por lo general, es útil cuando se trabaja con archivos re



### **CAPÍTULO 8. Desarrollo**

La aplicación *software* desarrollada en este proyecto involucra varios de los capítulos tratados con anterioridad. La base del desarrollo, es la búsqueda de una mejora en los procesos de control, gestión y automatización en la identificación de productos dentro de la cadena de suministro, utilizando para ello la tecnología de identificación automática RFID.

Para el desarrollo de esta aplicación se ha elegido como entorno de programación Visual Studio .Net, debido a su facilidad a la hora de desarrollar aplicaciones para sistema operativo Windows, y la capacidad de desarrollar código base en uno de los varios lenguajes que soporta, a la vez que permite utilizar bibliotecas desarrolladas en cualquiera de los otros lenguajes soportados. La aplicación final, incluye un entorno gráfico de usuario diseñado mediante el entorno de programación Visual Studio .Net utilizando el lenguaje de programación, evolución de Visual Basic, Visual Basic .Net cuyas cualidades han sido destacadas en el capítulo anterior. Se ha tomado como referencia un entorno gráfico sencillo de manejar para un ambiente industrial, gráfico e intuitivo.

El corazón de la aplicación *software* será el código que permite la interacción del entorno gráfico y la tecnología *hardware* RFID, y por último una vez establecida la relación o comunicación entre el *software* y el *hardware* RFID, será de gran importancia el desarrollo del código que realiza el tratamiento de la información que se transfiere entre el *hardware* RFID y el *software* o sistema final en el que corre la aplicación de gestión desarrollada.

Se verá como la información se organiza en forma de ficheros XML, a lo largo de toda la aplicación y en las diferentes fases, desde las comunicaciones con los dispositivos *hardware*, hasta el almacenamiento de datos de comprobación. Como se ha comentado en el capítulo de introducción al lenguaje XML, los ficheros XML se pueden utilizar para en este tipo de aplicaciones debido a su exigencia en la organización que permite una formación de ficheros más estructurados y de fácil acceso.

El *hardware* RFID que se ha utilizado para el desarrollo de la aplicación ha estado limitado por la disposición que se ha tenido en un momento dado de este tipo de tecnología. A pesar de que se haya comentado que la tecnología RFID ha pasado ya por

diferentes niveles de evolución, sobretodo en el campo de la identificación y gestión de la cadena de suministro, en el proyecto se ha trabajado con equipos Europeos en la banda UHF, 865-868MHz, bajo el protocolo de comunicación EPC Class1 Generation 1,e ISO 18000-6B, habiendo sido también comprobada la compatibilidad con el sistema EPC Generation 2 del mismo fabricante.

El desarrollo de esta aplicación, teniendo en cuenta la parte que hace referencia a la comunicación e interacción con los dispositivos *hardware* RFID, se ha hecho en base a dos dispositivos lectores de dos de los fabricantes que tienen mayor cobertura en Europa, Intermec y Samsys. Para completar el sistema básico de identificación RFID, se han utilizado antenas RF tipo “*patch*” y etiquetas RFID (*tags*) del tipo ISO 18000-6B de UPM Rafsec. Para la impresión y grabado de etiquetas RFID se ha utilizado una impresora de Intermec con un módulo RFID que permite el grabado de datos mediante RF.

### **8.1 Entorno de operación, estructura del sistema, y funcionalidad de la aplicación.**

#### **8.1.1 Entorno de operación**

A partir de las necesidades que se han anotado en el capítulo de aplicaciones relacionadas con la gestión de la cadena de suministro, se destacan tres zonas de control en las que un proceso automatizado de identificación RFID permite mejorar los procesos internos de gestión de la empresa, a corto plazo, sin necesidad de esperar a la implementación de la red *EPC Global Network*. Estas zonas de control básicas, podrían situarse dentro de la cadena de suministro en fábrica, distribución y punto de venta.

En fábrica es el punto de partida donde se solicitan pedidos para servir y allí se generan. A partir de ese momento, el producto sale de fábrica y pasa a distribución. Además de generarse el pedido inicial de salida, también se hará una posterior comprobación antes de transportarlo a la zona de expediciones o introducirlo en el camión que lo dirija a su siguiente destino, siguiente punto de distribución o punto de venta final.

## Capítulo 8. Desarrollo

Otro punto de control importante es la recepción de pedidos, tanto en distribución como en punto de venta final. En este caso se deberá hacer una comprobación de la correspondencia entre el pedido esperado y el recibido para evitar errores en la recepción.

También se ha tenido en cuenta la posibilidad de consultar un pedido en cualquier momento por un operario que puede haber detectado un error en la recepción o configuración de alguno de los pedidos generados o recibidos.

No se ha tenido en cuenta la identificación a nivel de artículo ya que estamos tratando la problemática que se genera en centros de fabricación y distribución a gran escala, es decir, cajas y palets, a través de la cadena de suministro. Atacar la identificación a nivel de artículo añade a la problemática básica de la identificación automática, el inconveniente de la generación de una cantidad de información de control e identificación desmesurada, que provocaría la necesidad de trabajar con sistemas de bases de datos tan complejos que darían cabida al desarrollo de un nuevo proyecto complementario a éste.

Por tanto el interfaz de usuario permitirá generar, consultar y comprobar pedidos en dos zonas muy delimitadas, fábrica y distribución, y a dos niveles de etiquetado muy precisos, caja y palet.

La siguiente figura, figura 8.1, muestra estas localizaciones y las operaciones relacionadas con la identificación por radiofrecuencia, que en cada uno de ellos se llevan a cabo.

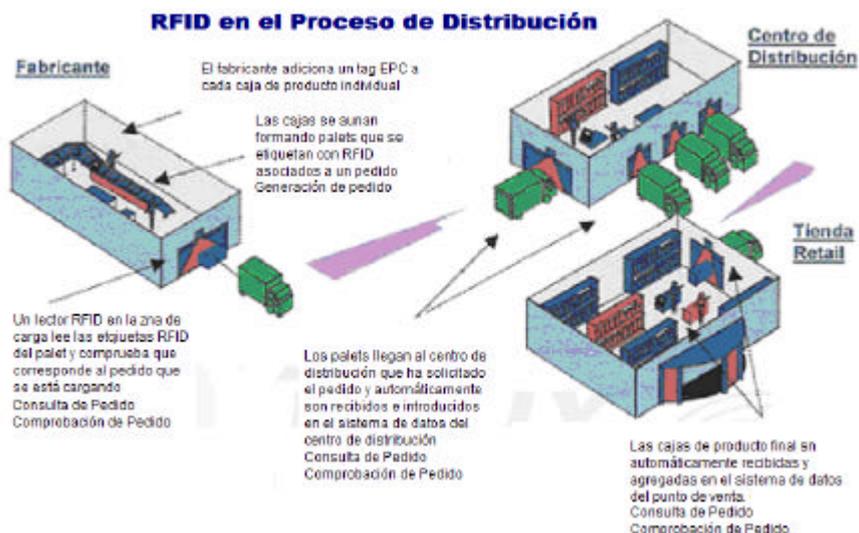


Figura 8.1 RFID en el Proceso de Distribución

### 8.1.2 Estructura del sistema

En todo este proceso, desde fábrica hasta el punto de venta, el uso de sistemas de identificación RFID implica la necesidad de las empresas de invertir en *hardware*, dispositivos que conforman el sistema RFID, y *software*, aplicación *middleware* que conecte la información recogida por el nuevo sistema de identificación, con el sistema de gestión utilizado en la empresa. La figura 8.2 muestra un esquema del *hardware* que sería necesario y que interviene a lo largo del proceso de distribución y que por tanto, ha sido necesario para el desarrollo de esta aplicación.

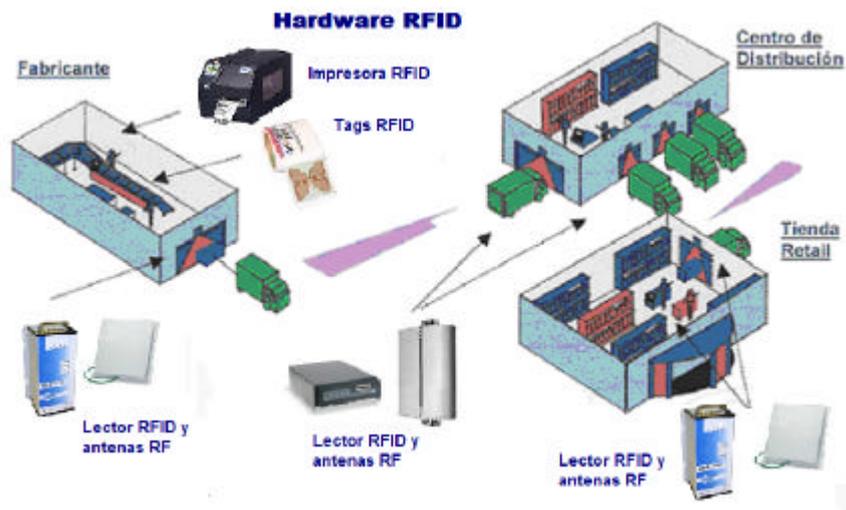


Figura 8.2 Hardware RFID

Se observa fácilmente que no hay demasiada variedad de dispositivos. Se requiere una impresora RFID que codifique las etiquetas con la información contenida en el chip, EPC, y con la información codificada a modo de barras en el exterior de la etiqueta de papel. La impresora tiene doble funcionalidad, codificación en barras y en EPC. No hace falta decir que las etiquetas RFID serán imprescindibles. Se utilizan *tags* RFID embebidos en etiquetas adhesivas de papel que permitan combinar ambas codificaciones en una sola etiqueta. Otro dispositivo imprescindible será el lector RFID con sus respectivas antenas RF. Este será el subsistema más utilizado, ya que habrá que disponer de tantos lectores como puntos de control se deseen. El caso más común es el de colocar uno por muelle de carga, ver figura 8.1.

### 8.1.3 Funcionalidad de la aplicación

La aplicación que se ha desarrollado para llevar a cabo el proceso de gestión del proceso de distribución dentro de la cadena de suministro, se ha pensado de un modo sencillo, en que cada uno de los pasos sea lo más evidente posible, ya que no se trata de dar con una solución de gestión de datos para una empresa y una problemática particular, sino que se trata de mostrar como la innovación tecnológica en las empresas, en este caso utilizando tecnología RFID, puede facilitar y mejorar procesos tan tediosos y rutinarios como lo puede ser la distribución de productos de una forma ordenada y controlada.

El entorno gráfico no se ha diseñado teniendo como referencia ningún sistema de gestión de pedidos comercial ni particular de ninguna empresa. Se ha diseñado especialmente para este proyecto y no se pretende un uso comercial de éste, sino a modo de demostración de la tecnología en el ámbito de la cadena de suministro y la gestión de distribuciones.

En la siguiente figura, figura 8.3, se puede observar una vista general de la primera pantalla que se muestra al ejecutar la aplicación.



Figura 8.3 Presentación inicial de la aplicación

A primera vista se pueden detectar tres pestañas como diseño básico de la aplicación. Estas pestañas pretenden aislar los diferentes procesos que anteriormente hemos introducido como fundamentales en la mejora de los procesos de automatización dentro de la cadena de suministro, la generación de pedidos etiquetados con *tags* RFID, la comprobación automática de éstos, y la posibilidad de consultar en cualquier momento el contenido o el listado de los diferentes pedidos generados o recibidos.

### 8.1.4 Generar Pedido

En esta primera pantalla, se presenta la pestaña de **Generar Pedido**. En ella se puede ver una configuración en forma de paneles, cada uno de ellos con su correspondiente etiqueta que facilita la comprensión de cada uno de los controles de interacción con las que el operario final ha de trabajar.

La figura 8.4 muestra en forma de diagrama los pasos que se siguen en la operación de generación de pedido.

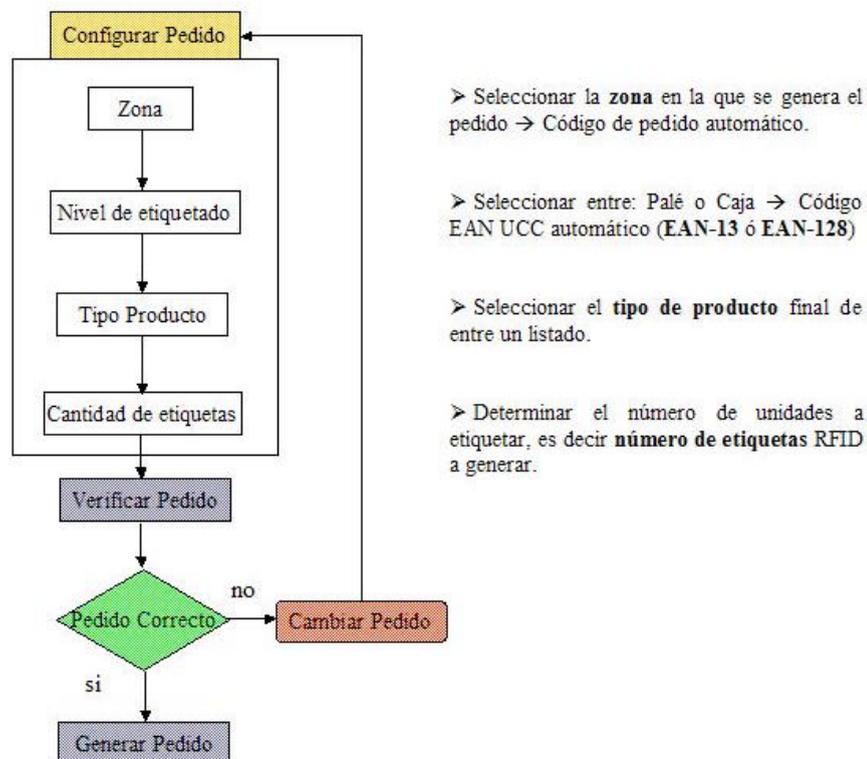


Figura 8.4 Función Generar Pedido

## Capítulo 8. Desarrollo

---

En la figura se menciona una operación principal de la que parten el resto de funcionalidades. Esta etiqueta u operación, ‘Configurar Pedido’, es una etiqueta lógica que se ha añadido y que engloba todas las operaciones que tiene que ver con la configuración del pedido a generar.

Dentro de esta operación lógica encontramos varias etiquetas. La etiqueta ‘ZONA’ indica al operario que ha de seleccionar la zona en la que se va a generar el pedido. Se encuentran dos posibilidades, generar un pedido de fábrica o bien un pedido de distribución. Sólo están permitidas estas dos opciones ya que se ha limitado la aplicación a estos puntos de control. Una vez seleccionada la zona en la que el pedido va a ser generado, la aplicación genera de forma automática un código único de pedido, teniendo en cuenta los códigos de pedido generados con anterioridad con el fin de no repetirlos y crear conflictos de nombramiento.

La etiqueta ‘NIVEL DE ETIQUETADO’ permite al operario determinar el nivel de etiquetado al que hace referencia este pedido, el tipo de producto y el número de etiquetas que necesitamos generar. Para ello, los controles de tipo “*ComboBox*” muestran al operario el listado de posibilidades entre las que puede elegir. En este caso, el nivel de etiquetado está limitado a caja o palet. Una vez seleccionado, la aplicación genera de forma automática, el código EAN (EAN-13 ó EAN-128) que corresponde al nivel de etiquetado y que aparecerá impreso en tinta sobre la etiqueta RFID.

El siguiente paso, una vez configurado el pedido es la verificación de que los datos introducidos son los deseados. En la pestaña de ‘**Generar Pedido**’, encontramos tres botones, sólo uno de ellos aparece activo, ‘**Verificar Pedido**’. Este botón permite comprobar que todos los datos introducidos en los dos paneles anteriormente citados, ‘ZONA’ y ‘NIVEL DE ETIQUETADO’, son los deseados antes de generar definitivamente el pedido y, por tanto, las etiquetas RFID.

Una vez efectuada la operación de verificación, hay que decidir si seguir adelante con la generación del pedido, o por el contrario modificar la configuración de alguno de los parámetros. En la aplicación aparecen activos los otros dos botones, ‘**Generar Pedido**’ y ‘**Cambiar Pedido**’, mediante el primero de ellos, ‘**Generar Pedido**’, se confirma que los datos de verificación son correctos y se procede a comunicar con la impresora para generar las etiquetas solicitadas en el pedido. Seleccionar el segundo botón, ‘**Cambiar Pedido**’ permite corregir la información introducida previamente y volver a verificar los datos de pedido.

## Capítulo 8. Desarrollo

En la operación '**Generar Pedido**' se trabaja con ficheros de texto y se abre un canal de comunicación con uno de los dispositivos *hardware* RFID, la impresora RFID de Intermec. Se hablará del código de comunicación en el apartado posterior, 8.2 Comunicación con el *hardware* RFID.

La figura 8.5 muestra la información requerida por la aplicación a cumplimentar por el operario y el panel de informe una vez pulsado el botón de verificación.

The screenshot shows the 'Gestor de Pedidos RFID' application interface. The window title is 'Gestor de Pedidos RFID'. The main header is 'GESTOR DE PEDIDOS' with an RFID logo. Below the header are three tabs: 'Generar Pedido', 'Consultar Pedido', and 'Comprobar Pedido'. The interface is divided into several sections: 1. 'ZONA' with a dropdown menu showing 'fabrica\_17'. 2. 'NIVEL DE ETIQUETADO' with dropdowns for 'Etiquetado' (Caja), 'Producto' (Varios), and a 'Nº Etiquetas' field set to 10. 3. 'Código de Barras: EAN13' with a text field containing '123456789012'. 4. 'COMUNICACIÓN CON LA IMPRESORA' which is currently empty. 5. 'INFORME' section showing: 'Fecha: 09/11/2006', 'Id Pedido: fabrica\_17', 'Tipo Pedido: Caja\_Varios', 'Nº Etiquetas: 10', 'EAN: EAN13', and 'Código EAN: 123456789012'. Below the 'INFORME' section is a table header 'TagID/EAN' with columns 'Num', 'TagID', and 'EAN'. 6. Three buttons: 'Verificar Pedido', 'Generar Pedido', and 'Cambiar Pedido'.

Figura 8.5 Verificación de pedido

Por último, el panel '**COMUNICACIÓN CON LA IMPRESORA**', muestra la información que se transfiere al puerto de comunicación de la impresora RFID en forma de comandos de escape. Esta información se muestra al pulsar el botón '**Generar Pedido**'.

Tras esta operación, la impresora RFID habrá generado tantas etiquetas como se hayan requerido en el pedido, cada una de ellas con su identificador único TagID y su código EAN, EAN-13 ó EAN-128 según corresponda. Por trabajar con etiquetas del tipo ISO 18000-6B el TagID será de 64 bits. En el caso de que el sistema RFID fuera del tipo EPC Generation 2 el TagID ó EPC sería de 96 bits, 24 caracteres hexadecimales. Esta información permanecerá grabada en el chip del *tag* y además se mostrará, legible para el usuario, el código de barras correspondiente sobre la etiqueta de papel.

## Capítulo 8. Desarrollo

La figura 8.6 muestra el resultado de la verificación de los datos de pedido y la confirmación de generación de pedido. Además de aparecer los comandos de escape transmitidos a la impresora RFID a través del puerto de comunicaciones, en el panel de 'INFORME', se rellenarán los campos de identificación de cada una de las etiquetas que vayan a generarse en el pedido. Los campos de identificación son los siguientes: TagID y EAN. El TagID será único para cada etiqueta y el EAN dependerá del tipo de etiquetas que estemos generando, etiquetas para caja o para palet.

Num	TagID	EAN
1	EF04020001812745	123456789012
2	EF04020001812745	123456789012
3	EF04020001866304	123456789012
4	EF04020001866384	123456789012
5	EF0402000186630A	123456789012
6	EF04020001866453	123456789012
7	EF04020001866563	123456789012
8	EF04020001866549	123456789012

Figura 8.6 Generación de pedido

### 8.1.5 Consultar Pedido

La segunda pestaña de la aplicación, permite consultar un determinado listado de pedidos y el contenido detallado de cada uno de ellos. La figura 8.7 muestra los controles y paneles que dan forma a este nuevo formulario.

## Capítulo 8. Desarrollo



Figura 8.7 Consultar pedido

En la figura 8.8 se muestran los pasos que se siguen en el procedimiento de consulta de pedido.

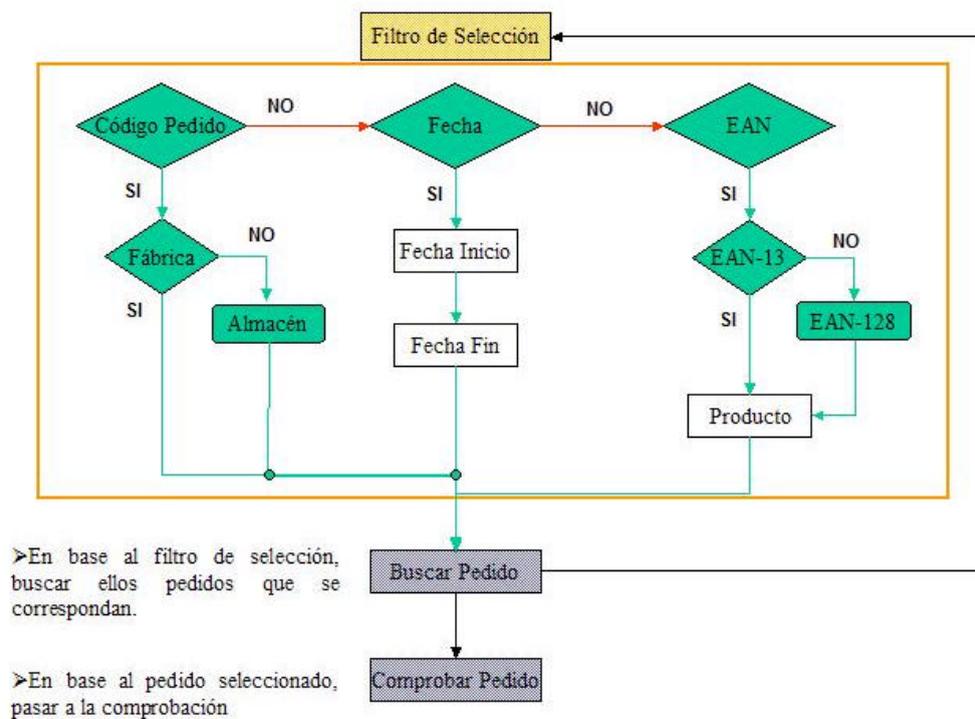


Figura 8.8 Diagrama de la operación Consultar Pedido

## Capítulo 8. Desarrollo

Como se muestra en la figura 8.6 la pestaña **‘Consultar Pedido’** permite hacer una preselección a través del panel **‘FILTRO DE SELECCIÓN’**. Este filtro de preselección tiene varias categorías de clasificación, la primera de ellas permite seleccionar un código de pedido a partir de la selección de la zona en la que se ha generado el pedido que se quiere consultar, zona de **‘Fábrica’** o **‘Almacén’**, una vez seleccionada la zona, aparecerán listados todos los códigos de pedido generados en la zona chequeada en el control inmediatamente inferior a la selección de zona. Seleccionado el código del pedido que se desea consultar y pulsando el botón **‘Buscar’** que aparece bajo el panel de **‘FILTRO DE SELECCIÓN’**, aparecerá más información sobre el pedido seleccionado en el listado contiguo al panel de filtrado. Una vez que aparece en el listado información adicional al pedido, fecha de generación, tipo de producto, nivel de etiquetado, y número de etiquetas generadas en ese pedido, se podrá seleccionar el pedido sobre el propio listado dando como resultado la aparición de la información completa del pedido seleccionado en el panel contiguo. La figura 8.9 muestra un ejemplo del resultado obtenido mediante esta selección.



Figura 8.9 Consultar por zona

La segunda categoría de selección, permite mostrar un listado de pedidos generados entre dos fechas a seleccionar por el operador. Hay un par de restricciones en la

## Capítulo 8. Desarrollo

selección de las fechas. Ninguna puede ser posterior al día actual, y la fecha más a la izquierda será inferior o igual que la fecha más a la derecha. Una vez seleccionado un rango de fechas, pulsando el botón de **‘Buscar’** aparecerá en el listado contiguo al panel de filtrado, los pedidos generados dentro del rango de fechas seleccionado. En el listado aparecerá además del código de cada pedido, la fecha en la que se ha generado el tipo de producto, el nivel de etiquetado, y la cantidad de etiquetas RFID generadas. La figura 8.10 muestra el listado de pedidos que se muestra al hacer una preselección en un rango de fechas.

Una vez en pantalla el listado de la preselección, se debe seleccionar uno de los pedidos de la lista para poder visualizar su contenido en el panel de informe contiguo al listado.



Figura 8.10 Consultar por rango de fechas

La tercera y última categoría de selección es a partir del código EAN utilizado, es decir, del nivel de etiquetado que se haya determinado en el pedido a consultar. Una vez seleccionado el nivel de etiquetado, EAN-13 para cajas y EAN-128 para palets, la selección del tipo de producto empaquetado no será obligatoria, sino opcional, permitiendo mayor profundidad de detalle en la preselección de un conjunto de pedidos. La figura 8.11 muestra un listado de preselección para un tipo de código EAN y un producto en particular.

## Capítulo 8. Desarrollo



Figura 8.11 Consultar por nivel de etiquetado y producto

Vemos que hasta ahora el botón de **'Comprobar'** permanece inactivo, una vez seleccionado el pedido en el listado de preselección el botón **'Comprobar'** quedará activo dando paso a una posible comprobación automática de ese pedido en cuestión. La figura 8.12 muestra la pantalla una vez seleccionado el pedido dentro del listado de preselección.



Figura 8.12 Selección de la preselección

Como último comentario acerca de esta funcionalidad de la aplicación se podría decir que tiene abre una ventana hacia la siguiente y última funcionalidad, la comprobación de pedidos. Como ya se ha visto con anterioridad, una vez seleccionado uno de los pedidos listados e la preselección, el botón de 'Comprobar' que aparece bajo el panel de filtrado, aparece activo. Pulsar este botón lleva a la aplicación a cambiar de funcionalidad y por tanto de pestaña, desplazándonos a la última pestaña, 'Comprobar Pedido'.

### 8.1.6 Comprobar Pedido

La pantalla que permite hacer una comprobación automática de un determinado pedido utilizando la tecnología RFID se carga a partir de la pantalla anteriormente comentada. Antes de poder comprobar automáticamente un pedido se debe haber consultado previamente. La figura 8.13 muestra la pantalla de comprobación de pedido una vez seleccionado el pedido a comprobar mediante la pestaña de consulta de pedido.

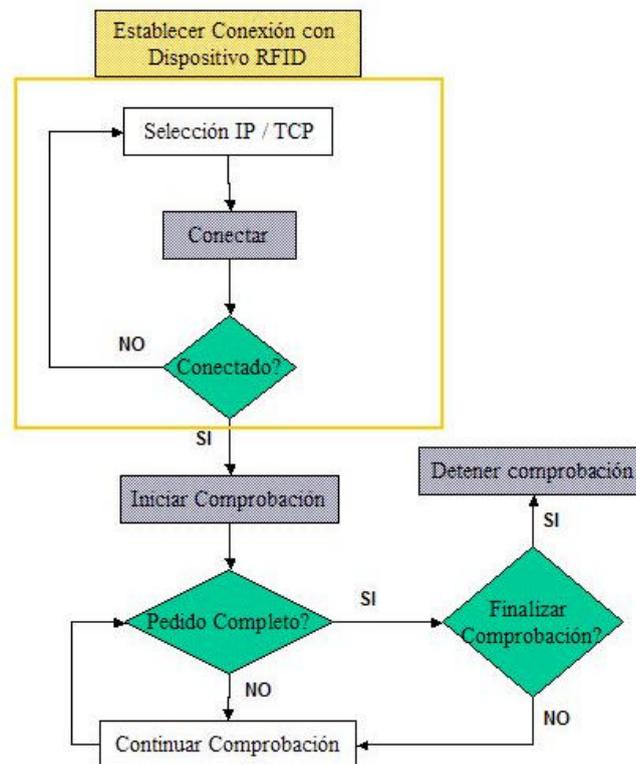


Figura 8.13 Comprobar pedido

La figura 8.14 muestra los pasos que se siguen en el procedimiento de comprobación de pedido.

En esta pantalla se presentan tres zonas bien diferenciadas. A la izquierda aparece el informe con los datos detallados del pedido seleccionado y sobre el cual se va a

procesar la comprobación. A la derecha se diferencian tres zonas, el panel superior ‘**Conexión TCP**’ permite seleccionar, mediante el control ‘*ComboBox*’, el dispositivo lector RFID con el que se va a realizar la identificación, en este caso sólo se va a poder seleccionar entre dos dispositivos Intermec IF5 y Samsys MP9320. Una vez seleccionado el dispositivo con el que se va a trabajar, automáticamente, aparecerá la dirección IP de conexión que tiene asignada el dispositivo seleccionado y a través de la cual se va a crear la conexión TCP. Se tramita la conexión a través del botón ‘**Conectar**’ que se encuentra debajo del panel de ‘**Conexión TCP**’. En el apartado 8.2, se detalla el tipo de comunicación que se establece con los diferentes dispositivos *hardware* RFID.



**Figura 8.14 Diagrama de la operación Comprobación de Pedido**

Una vez establecida la comunicación, el cuadro de texto que aparece contiguo en el panel de ‘**Conexión TCP**’ mostrará un mensaje de estado de la conexión informando al operario si la conexión se ha realizado con éxito o si por el contrario la conexión no ha podido establecerse. La figura 8.15 muestra el texto que aparece en el cuadro de diálogo

una vez se ha establecido con éxito la conexión con el dispositivo RFID, en este caso el dispositivo Samsys MP9320.



Figura 8.15 Conexión con el dispositivo lector RFID

Una vez establecida con éxito la comunicación, el panel de 'Comprobación' se activa dando paso al inicio de la comprobación automática de pedido. Se ha pensado en un control visual mediante semáforo del estado de actividad del dispositivo RFID, en el caso de que la luz del semáforo permanezca en ROJO, esto estará indicando que el dispositivo lector RFID está inactivo, es decir, no es capaz de identificar etiquetas RFID en su entorno. Si el semáforo está VERDE, esto estará indicando que el dispositivo lector RFID está en modo detección y por tanto identificará cualquier etiqueta RFID que pase cerca de su campo de acción. A través de los botones 'Iniciar' y 'Detener' podemos controlar estos dos estados del dispositivo RFID. A medida que el dispositivo lector va identificando etiquetas RFID que en un momento dado pasan por su área de lectura, la aplicación irá colocando la información de identificación de cada etiqueta en el espacio reservado para ellos dentro de la pantalla de comprobación. En la figura 8.12 vemos que hay reservado un espacio con dos listados donde se colocarán las etiquetas RFID que hayan sido identificadas y se correspondan con el pedido a comprobar, 'TagPedido', listado en el informe de la parte derecha de la pantalla, y aquellas que no pertenezcan al pedido pero hayan sido identificadas por el dispositivo lector, 'TagSobrante'. De este

modo habrá un control total sobre la comprobación del pedido, detectando de forma instantánea cualquier error o fallos de conformado o recepción de pedido. La figura 8.16 muestra como una vez activada la comprobación y encendido el semáforo verde se van llenando los espacios reservados a la identificación de etiquetas RFID pertenecientes y no pertenecientes al pedido en curso.



Figura 8.16 Comprobación de pedido en curso

La figura 8.17 muestra como en cualquier momento de la comprobación se puede detener el dispositivo lector, y por tanto, la identificación automática de etiquetas RFID. Se indicará la parada de la comprobación mediante la luz ámbar del semáforo. Esta luz es indicativa de que la comprobación está detenida aunque la conexión TCP/IP con el dispositivo lector aun está establecida. Esta operación puede ser útil en el caso de utilizar esta aplicación en una cinta transportadora la cual puede detenerse en cualquier momento provocando una transmisión RF redundante, ya que no hay movimiento de paquetes a identificar.

## Capítulo 8. Desarrollo



Figura 8.17 Detener lectura

Una vez se ha completado con éxito la comprobación del pedido, es decir, el número de etiquetas en el espacio identificado por la etiqueta **'TagPedido'** coincide con el número y la identificación de las etiquetas generadas por el pedido en curso, aparecerá una señal de **'PEDIDO COMPLETO'** sobre el listado de **'TagPedido'** que facilitará la supervisión al operario involucrado. La figura 8.18 muestra gráficamente el resultado de este aviso.



Figura 8.18 Pedido completo

### **8.2 Comunicación con el hardware RFID**

El grueso de la aplicación que se ha desarrollado para este proyecto se puede interpretar de dos formas muy diferentes. Teniendo en cuenta la funcionalidad final de la aplicación se puede determinar que el grueso en el desarrollo ha consistido en plantear un sistema de gestión que permita, desde varios puntos dentro de la cadena de suministro, acceder a los diferentes archivos de pedidos generados para poder efectuar una identificación automática de los mismos mejorando así los procesos internos de control. Pero estudiando la aplicación desde un punto de vista más tecnológico y menos práctico, se ha llevado a cabo un trabajo de investigación y desarrollo de *software* de interacción con dispositivos *hardware* hasta ahora no demasiado estandarizados, y tratamiento o procesado de una información hasta ahora también poco común.

#### **8.2.1 Comunicación con la impresora RFID**

Para llevar a cabo la comunicación e interacción con la impresora RFID, se ha tenido que hacer un estudio previo de las características físicas y lógicas del equipo con el que se ha trabajado. Las impresoras RFID con las que se trabaja en la banda de frecuencias UHF son impresoras industriales, robustas, para entornos de fabricación o almacenaje, a las que se acopla un módulo RFID que permite mantener el diseño inicial de equipo debido al tamaño mínimo que requiere un dispositivo de lectura / escritura RFID de tan corta distancia (mm). Este tipo de impresoras industriales trabajan en modo comandos de escape, es decir, tienen unos parámetros de configuración muy básicos modificables directamente mediante las teclas de control y el visor de la propia impresora, o a través de uno de sus puertos de conexión mediante archivos de texto a modo de comandos de escape.

En este caso, se ha utilizado la impresora **Intermec PM4i**. Esta impresora permite configurar sus parámetros directamente mediante las teclas de control y el visor, y, como adelantábamos antes, mediante los comandos *Fingerprint* que se hacen llegar a la impresora a través de uno de sus puertos de comunicación a modo de fichero de texto.

La impresora **Intermec PM4i** incorpora varios puertos de conexión; RS-232, *Ethernet* y la posibilidad de trabajar con una tarjeta *WiFi*. Con el fin de hacer la aplicación más completa y trabajar con varios tipos de conexiones posibles, en este caso, se ha elegido el puerto de comunicación RS-232 para comunicar la aplicación de gestión con la impresora RFID a la hora de generar las etiquetas que van a formar parte de un pedido. Para poder trabajar con este tipo conexiones hemos importado una librería *Visual Basic .Net* prediseñada que nos permite trabajar con este tipo de puertos serie mediante el lenguaje de programación Visual Basic .Net. Esta librería se ha añadido al proyecto como una nueva clase denominada RS232.vb y se hace referencia a ella en la parte de código de la pestaña principal 'Generar Pedido' en la que se conecta con la impresora RFID al oprimir el botón de '**Generar Pedido**'. Recordemos lo que ya se comentó con anterioridad en el apartado de 8.1 Entorno gráfico, donde se explicaba como al oprimir este botón, la aplicación abría un puerto de comunicación con la impresora RFID y transfería a través de este puerto un fichero de comandos, en este caso comandos *Fingerprint*, hacia el dispositivo. A través del cuadro de texto adherido al panel de comunicación, sobre la propia aplicación podemos ver cada unos de los comandos de escape que se le han enviado al dispositivo. La impresora interpretará los comandos e imprimirá y grabará la cantidad de etiquetas RFID que se le haya determinado en los comandos transferidos.

A continuación se muestra la figura 8.17 que pretende escenificar cada unos de los procesos relacionados con la comunicación serie entre la aplicación de gestión y la impresora RFID. Se muestra, como introducción al proceso de comunicación con el *hardware*, los pasos previos a la generación oficial del pedido, es decir, a la generación de las etiquetas RFID que conformarán el pedido. Estos pasos previos se han tratado en el apartado anterior, 8.1, y son la verificación de los datos de configuración del pedido, y la posibilidad de modificarlos. Si los datos son correctos, entonces se procede a la generación oficial del pedido tal como se muestra en la figura 8.19. El objetivo final de este proceso, además de generar físicamente las etiquetas RFID, es la generación de un fichero XML a modo de base de datos sobre el que después se harán las consultas o comprobaciones pertinentes.

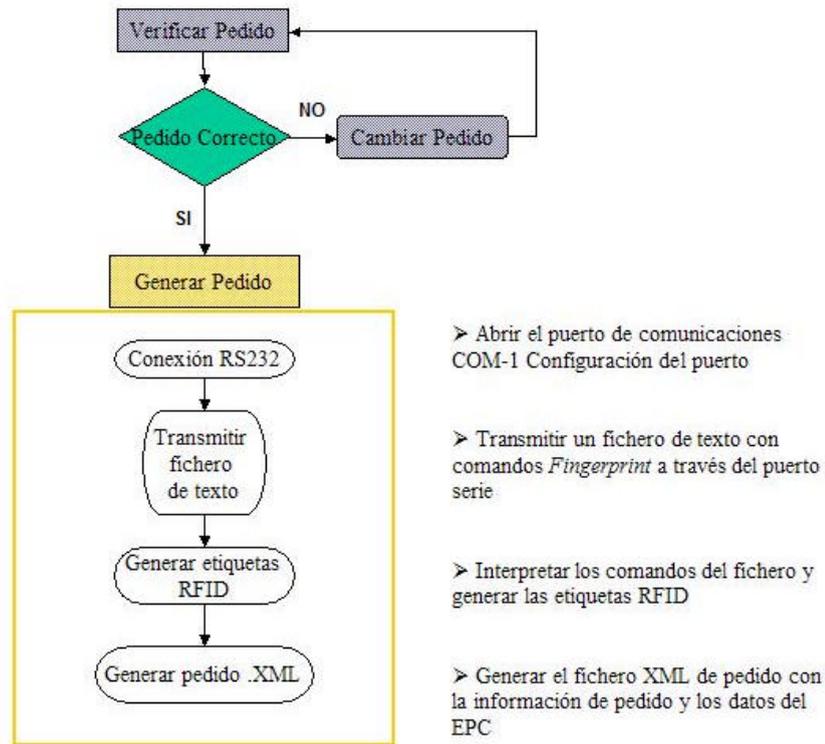


Figura 8.19 Proceso de generación de pedido

### 8.2.1.1 Comandos Fingerprint

Los comandos *Fingerprint* son comunes para todas las impresoras **Intermec**, pero no todas ellas están preparadas para trabajar con módulos RFID. Para esta propuesta innovadora, se han diseñado unos comando especiales que permiten a la impresora interactuar con el módulo RFID permitiendo hacer lectura y escrituras sobre las etiquetas de radiofrecuencia. El código 8.1 muestra el listado de comandos *Fingerprint* que se envía, a través del puerto de comunicaciones RS232, a la impreso RFID para que proceda a la impresión y grabado de la etiqueta RFID.

```

1 A$=(00)12345678901245678
2 B%=5
3 C%=1
5 X%=B%*C%
6 OPEN L$ FOR APPEND AS #1
7 FOR D%=1 TO X% STEP C%
8 C$="1"
11 PRPOS 25,0

```

## Capítulo 8. Desarrollo

---

```
20 PRBOX 500,730,10
30 PRPOS 70,410
40 PRIMAGE "GS1.PCX"
41 PRPOS 540,430
42 PRIMAGE "AECOC_1.PCX"
50 PRPOS 100, 50
51 BARTYPE "EAN128"
52 BARFONT "Swiss 721 BT",9 ON
53 PRBAR A$
55 PP 100,200:FT "Swiss 721 Bold BT",12:PT "Etiqueta de Prueba"
62 BARFONT "Swiss 721 Bold BT",16 ON
63 PP 350, 350:FT "Swiss 721 Bold BT",16:PT "EPC"
65 PP 175, 300:FT "Swiss 721 Bold BT",16:PT "Competence Center"
66 FORMAT DATE$ "DD/MM/YY"
67 FORMAT TIME$ "HH:MM:SS"
68 T$=TIME$("F")
69 P$=DATE$("F")
72 PP 625,50:FT "Swiss 721 BT",9:PT P$
73 PP 625,25:FT "Swiss 721 BT",9:PT T$
80 TAGFIELD "@DATA",8,16
81 TAGFORMAT "ASCII"
82 E$=A$
83 TAGWRITE E$
84 TAGREAD E$
85 TAGFIELD "@DATA",24,8
86 TAGFORMAT "ASCII"
87 TAGWRITE P$
88 TAGREAD P$
89 TAGFIELD "@DATA",32,8
90 TAGFORMAT "ASCII"
91 TAGWRITE T$
92 TAGREAD T$
93 TAGFIELD "@ID",0,8
94 TAGREAD I$
95 PRINT #1, I$,E$,P$,T$
100 PRINTFEED
110 A$=FLOATCALC$(A$,"+",C$,0)
120 NEXT D%
140 COPY L$, "uart1:"
RUN
```

### Código 8.1 Comandos *Fingerprint* en un archivo de texto

A primera vista se ve que el tipo de programación es muy básico. Son comandos simples organizados en forma de filas numeradas en orden creciente. Se ejecutarán los comandos ordenadamente y las referencias numéricas permitirán hacer saltos en el código si fuera necesario. Como cualquier lenguaje de programación permite ordenar bucles, en este caso es necesario ejecutar un bucle ya que normalmente se van a requerir más de una etiqueta por pedido. Haciendo un repaso superficial del código anterior identificamos claramente el inicio y el fin del bucle:

```
7 FOR D%=1 TO X% STEP C%
```

### 120 NEXT D%

Entre estas dos instrucciones se encuentra el diseño gráfico y visible de la etiqueta: los iconos, el código de barras correspondiente al nivel de etiquetado del producto (EAN-13 ó EAN-128), texto legible adicional, fecha y hora de impresión, etc. Además, enmarcado en el código, se encuentran los comandos de operación lectura escritura RFID: selección del bloque de datos, memoria de usuario o Tag ID, que va a leerse o escribirse (TAGFIELD "@DATA", TAGFIELD "@ID"), la operación a realizar sobre el campo seleccionado (TAGREAD I\$, TAGWRITE P\$). Como anotación de interés en este caso particular, no es posible escribir sobre el bloque de datos que contiene el valor único de identificación del *tag* (TagID). Por ser etiquetas del tipo ISO 18000-6B este campo permanece bloqueado y sólo se podrá escribir sobre los bloques de memoria reservados como memoria de usuario. En ellos se escribe la información perteneciente al código EAN que vaya a ir impreso en tinta en la etiqueta legible. De esta forma, mediante el TagID y el EAN grabado en el chip, se podrá identificar de forma inequívoca cada etiqueta perteneciente a cada pedido. En el caso de que el papel de la etiqueta se deteriore por condiciones ambientales extremas, la información visible para el operario permanece guardada en el chip de la etiqueta RFID, sólo necesitará pasar la etiqueta a través de un sistema de identificación RFID para obtener la información requerida.

Volviendo al código de comandos *Fingerprint*, y recordando que en la aplicación hemos limitado el tipo de código EAN a dos, EAN-13 y EAN-128, se puede identificar señalando la fila 51, (**51 BARTYPE "EAN128"**), que el tipo de etiqueta que va a generarse para el pedido en cuestión es del tipo EAN-128, etiquetas para palets. Los códigos EAN de palet, son únicos, es decir, que para cada palet el código EAN será único, serializado, por ello, el código que se transfiere a la impresora tiene un componente variable, calculado. Se le pasa el código completo de la primera etiqueta que se va a generar, (**1 A\$=(00)12345678901245678**), y a partir de este se calcula el código para el resto de etiquetas que sean necesarias, (**110 A\$=FLOATCALC\$(A\$,"+",C\$,0)**), incrementando de forma serializada cada código respecto el anterior. En el caso de los códigos EAN-13, para un

mismo pedido el código se mantendrá constante ya que para cajas iguales de producto el código EAN-13 es el mismo, siempre.

Para finalizar el listado de comandos y dar señal a la impresora de que ya puede empezar a ejecutar el código transferido, se introduce el comando **RUN** al final del código.

### 8.2.1.2 Comunicación RS232

Como se ha visto en la introducción de este apartado, en el proceso de comunicación con la impresora interviene una clase Visual Basic . Net prediseñada, que permite la comunicación con dispositivos externos a través de un puerto serie RS232. Antes de ver en detalle como se utiliza esta clase en la comunicación con la impresora RFID, se mostrará a través de la figura 8.20 los diferentes procesos que intervienen en la apertura de la comunicación serie y en el intercambio de información a través del puerto RS232.

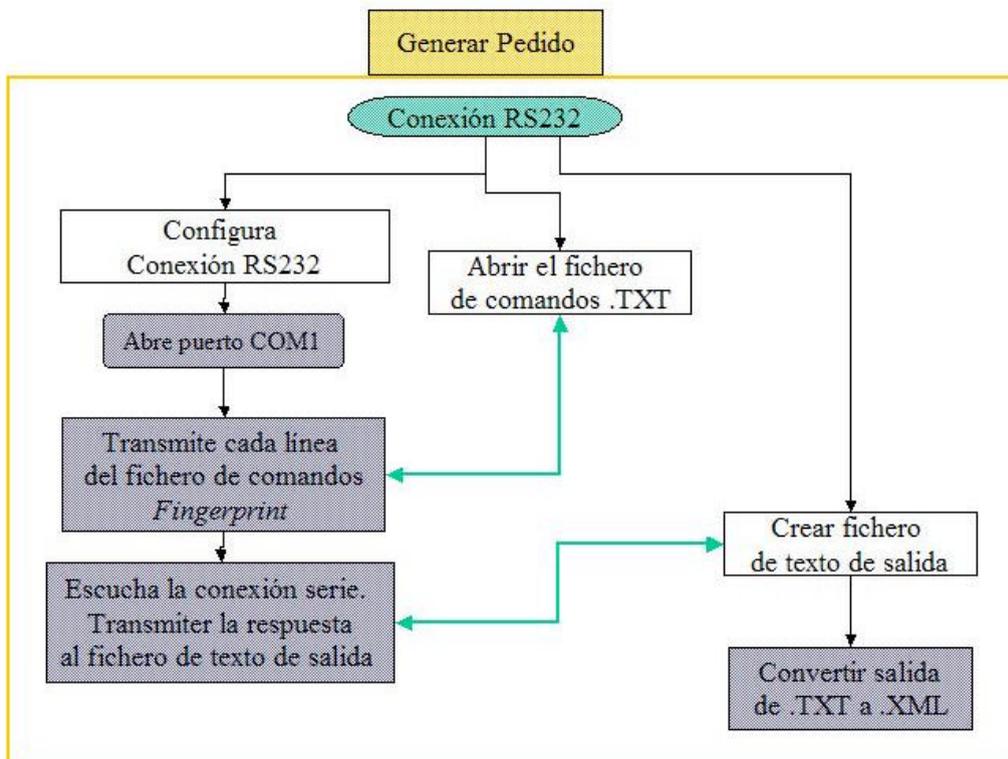


Figura 8.20 Procesos que intervienen en la comunicación con la impresora

## Capítulo 8. Desarrollo

---

En el código 8.2 se muestra las diferentes funciones donde se hace referencia a la librería anteriormente mencionada, RS232.vb, y a sus posibles operaciones. La función principal en la que se define e inicializa el puerto de comunicaciones, será la función generada al pulsar el botón '**Generar Pedido**'.

①

```
Private oCP As New Rs232
```

```
Private Sub BtnGenerarPedido_Click(ByVal sender As System.Object,  
ByVal e As System.EventArgs) Handles BtnGenerarPedido.Click
```

②

```
intCommPort = CInt(Mid("COM1", 4))  
intBaud = CInt("57600")  
intData = CInt("8")  
bytParity = Rs232.DataParity.Parity_None  
bytStop = Rs232.DataStopBit.StopBit_1
```

```
Try
```

③

```
oCP.Open(intCommPort, intBaud, intData, bytParity, bytStop, 4096)
```

```
Catch ex As Exception  
MessageBox.Show(ex.Message)  
End Try
```

```
RichTextBox1.Enabled = True
```

```
.....  
Introducir el código de las etiquetas y el número de etiquetas que se  
ha de generara  
.....
```

```
Dim sw As StreamWriter = New  
StreamWriter(AppDomain.CurrentDomain.SetupInformation.ApplicationBase  
& "txt\EPC CC Down.txt")
```

```
sw.WriteLine("1 A$=" + LblCodigo.Text)  
sw.WriteLine("2 B%=" + LblNumEtiq.Text)  
sw.Close()
```

```
''''Se crea el fichero de texto de salida de la impresora ''''  
.....
```

```
sw =  
File.AppendText(AppDomain.CurrentDomain.SetupInformation.Applicati  
onBase & "txt\" + TbPedidoID.Text + ".txt")
```

```
tmrRead.Enabled = True
```

```
'''' Envío de fichero fingerprint según el nivel de etiquetado ''''  
''''(EAN-13 ó EAN-128) vía puerto serie ''''  
.....
```

## Capítulo 8. Desarrollo

---

```
Dim line, xmlfile As String
Dim sr As StreamReader = New
StreamReader(AppDomain.CurrentDomain.SetupInformation.ApplicationBase
& "txt\EPC CC Down.txt")

Try
line = sr.ReadLine()
While line <> Nothing
④
oCP.Write(Encoding.ASCII.GetBytes(line & Chr(13)))
WriteMessage(line, True)
line = sr.ReadLine()
End While

sr.Close()

Select Case CbNivel.Text

Case "Caja"

⑤
sr = New
StreamReader(AppDomain.CurrentDomain.SetupInformation.ApplicationBase
& "txt\EAN13.txt")
Do
line = sr.ReadLine()
oCP.Write(Encoding.ASCII.GetBytes(line & Chr(13)))
WriteMessage(line, True)
Loop Until line Is Nothing
sr.Close()

Case "Palet"
sr = New
StreamReader(AppDomain.CurrentDomain.SetupInformation.ApplicationBase
& "txt\EAN128.txt")
Do
line = sr.ReadLine()
oCP.Write(Encoding.ASCII.GetBytes(line & Chr(13)))
WriteMessage(line, True)
Loop Until line Is Nothing
sr.Close()

End Select
End Sub
```

**Código 8.2 Comunicación vía puerto serie**

Hasta este punto, se puede decir que se ha definido un tipo de dato RS232 (oCP) ①, se han declarado las características del puerto de comunicaciones RS232 ② (nombre del puerto COM1, velocidad de comunicación 57600 baudios, 8 bits por carácter, sin bit de paridad, y un bit de parada), una vez determinadas las características de transmisión se abre el puerto de comunicación utilizando una de las funciones de la

librería RS232.vb adherida al tipo RS232 declarado como oCP ③, y para finalizar, una vez abierto el puerto se ha escrito sobre él utilizando otra función de la librería RS232.vb que permite la escritura sobre el puerto serie ④. El texto que se escribe sobre la conexión RS232 se extrae de un fichero de texto diseñado con anterioridad, recogiendo la información línea a línea hasta que el fichero se acaba ⑤.

El código 8.3 se ejecuta de forma cíclica mientras se está escribiendo sobre la conexión RS232. Es una escucha continua sobre el puerto de comunicación, para captar cualquier información que devuelva la impresora. En el fichero de comandos que se ha enviado a la impresora se ha solicitado que devuelva cada lectura hacia el puerto de comunicaciones (140 COPY L\$, "uart1:"), por tanto la impresora en cada bucle de impresión, es decir, cada etiqueta RFID que imprima, generará una línea de salida que irá a parar a un fichero de texto. Esto es lo que hace esta función, escuchar el puerto de comunicaciones y escribir cualquier información en un fichero de texto de salida ⑥. Este fichero de texto será la primera versión del pedido final con el que trabaja el resto de la aplicación.

```
Private Sub tmrRead_Tick(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles tmrRead.Tick

If File.Exists(TbPedidoID.Text + ".txt") Then
sw = File.AppendText(TbPedidoID.Text + ".txt")
Else
File.Create(TbPedidoID.Text + ".txt")
sw = File.AppendText(TbPedidoID.Text + ".txt")
End If

Try

''' Mientras haya información, leer byte a byte y mostrarlo
⑥

While (oCP.Read(1) <> -1)
' Mostrar el resultado por pantalla y escribirlo en el fichero de
texto de salida

WriteMessage(Chr(oCP.InputStream(0)), False)
sw.WriteLine(Chr(oCP.InputStream(0)))
End While

Catch exc As Exception
End Try
sw.Close()
End Sub
```

**Código 8.3 Escucha continua sobre el puerto serie**

### 8.2.2 Comunicación con el lector RFID

Para llevar a cabo la comunicación e interacción con los dispositivos lectores RFID a través de la aplicación de gestión desarrollada en este proyecto, se ha hecho un estudio previo de las características físicas de los dispositivos con los que se ha trabajado con el fin de obtener información acerca de los interfaces de comunicación disponibles para cada uno de ellos.

Para ambos dispositivos con los que se ha trabajado en el proyecto, **Samsys MP9320** e **Intermec IF5**, se han localizado dos interfaces de comunicación, un puerto serie RS-232, y un puerto *Ethernet*. Incluso uno de ellos, **Intermec IF5**, incorpora en su propia estructura *hardware* una tarjeta *WiFi* que permite la comunicación inalámbrica entre el dispositivo y el *host* de gestión. Debido a la gran variedad de posibilidades en la configuración y montaje de un sistema RFID, la posibilidad de tener comunicación inalámbrica entre los diferentes lectores del sistema y el *host* de gestión es de gran valor. A pesar de no tener tarjeta *WiFi* incorporada en el propio *hardware*, para el dispositivo **Samsys MP9320** existe la posibilidad de incorporar un adaptador *WiFi / Ethernet*. De este modo, incorporando en el puerto *Ethernet* del *host* de gestión un punto de acceso *WiFi*, de esta forma se podrían gestionar dos puntos de control o identificación automática distantes entre si y hasta el *host* de gestión, sin necesidad de tener un punto de control para cada uno de ellos.

Una vez determinado el interfaz de comunicaciones más adecuado entre la aplicación de gestión y el dispositivo RFID, hay que estudiar la directiva de comandos que aplica a cada uno de los dispositivos implicados en la comunicación. Para ellos, se ha consultado los manuales para programadores que facilitan los fabricantes de ambos dispositivos, **Samsys** e **Intermec**. Como viene siendo normal en este tipo de sistemas, la falta de estandarización de protocolos hace que cada fabricante especifique comandos de operación propietarios provocando así la dificultad de diseñar una aplicación que permita interactuar con dispositivos de diferentes fabricantes y que esté cerrada.

Una vez detectada esta problemática, se ha tomado la medida de diseñar la aplicación de gestión de forma que introducir un nuevo dispositivo lector de otro fabricante en el sistema RFID no implique la modificación del código fuente. Esto se ha

conseguido mediante ficheros XML de configuración, en los que se especifican los comandos para cada fabricante, y a los que se accede a través del código fuente.

La figura 8.21 muestra las diferentes funciones que intervienen en el proceso de comunicación *Ethernet* utilizando los objetos y funciones del espacio de nombres `System.Net.Sockets`.

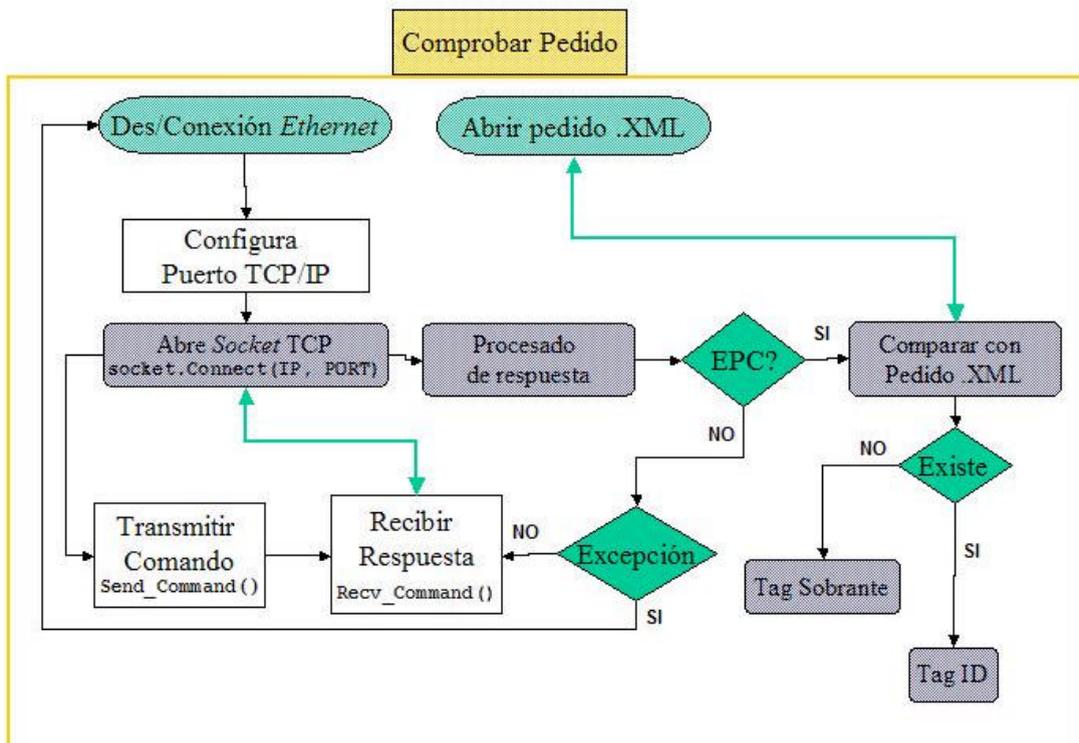


Figura 8.21 Diagrama del proceso de comunicación *Ethernet* con el lector RFID

### 8.2.2.1 Comandos Samsys MP9320 e Intermec IF5

El listado de comandos definidos por **Samsys e Intermec** para sus lectores, es tan grande como las posibilidades que ofrece la tecnología. Empezando por las características generales del dispositivo, decir que es un dispositivo multiprotocolo, capaz de identificar etiquetas RFID de varios protocolos, entre otros EPC Class1, EPC Class1 Gen2 (en su versión actualizada de firmware), ISO 18000-6A/B, etc. Mediante un comando se determina en cada momento qué tipo de etiquetas quiere identificarse, esta versión de dispositivo no permite identificar etiquetas de diferentes protocolos de forma simultanea. Regular la potencia de transmisión y el o los canales que vayan a

## Capítulo 8. Desarrollo

---

utilizarse también se determina mediante comandos. Siguiendo la normativa europea, ETSI 302 208, el dispositivo no debe permitir transmitir a una potencia superior a los 2W, y sólo debe tener disponible la banda de frecuencias de 865-868MHz.

Además de estos detalles a tener en cuenta, el dispositivo es totalmente configurable, permite trabajar con una, dos, tres o cuatro antenas RF. Un listado de los comandos de configuración más destacados se recogen en el Apéndice A.

Los comandos que han sido utilizados en el desarrollo de la aplicación de gestión de pedidos se recogen en un fichero XML, 'config.xml', que permite estructurar mediante etiquetas código independiente para cada uno de los dispositivos RFID que se conecten a la aplicación de gestión.

El código 8.4 muestra como está estructurado el fichero XML de configuración.

```
<Config>
<READER>
  <IF5>
    <CONEXION>
      <IP>192.168.10.22</IP>
      <PUERTO>2189</PUERTO>
    </CONEXION>
    <COMANDOS>
      <VERSION>VERSION</VERSION>
      <READ>READ STRING(24,22)</READ>
      <RFOFF>RFOFF</RFOFF>
    </COMANDOS>
  </IF5>

  <MP9320>
    <CONEXION>
      <IP>192.168.10.60</IP>
      <PUERTO>2001</PUERTO>
    </CONEXION>
    <COMANDOS>
      <READ>}Cw,d:GCW,b:07,f:1!^}Tr!</READ>
      <RFOFF>}Cw,d:GCW,b:0,f:1!</RFOFF>
    </COMANDOS>
  </MP9320>
</READER>

</Config>
```

### Código 8.4 Estructura del fichero de configuración

En el código identificamos con facilidad las etiquetas que abren y cierran las diferentes estructuras. La etiqueta de da nombre al fichero, 'Config', se abre al principio del código y se cierra al final conteniendo de esta forma el resto de código, <Config> ...

</Config>. Dentro de esta etiqueta encontramos otra que hace referencia a la configuración de los dispositivos lectores y que se ha denominado 'READER'. Una vez dentro de esta etiqueta, se conoce que toda la información que va a encontrarse va a hacer referencia a configuración de dispositivos lectores RFID. Dentro del código que encierra esta etiqueta, <READER> ... </READER>, podemos encontrar otro nivel en el que las etiquetas que encierran más código hacen referencia al nombre que identifica los lectores RFID que van a utilizarse, en este caso 'IF5' y 'MP9320'. Para cada una de estas estructuras de código contenido, aun existen niveles inferiores de etiquetado que anidan una estructura ordenada y totalmente accesible. Para cada dispositivo lector se definen los parámetros de conexión, <CONEXIÓN> ... </CONEXIÓN>, como son la dirección IP y el puerto TCP, y los comandos de operación, <COMANDOS> ... </COMANDOS>, como la lectura o identificación, y la detención de la transmisión RF.

### 8.2.2.2 Comunicación Ethernet

En este caso la comunicación con el dispositivo RFID es bastante más sencilla que en el caso de la impresora. El hecho de utilizar una conexión TCP facilita mucho las operaciones ya que cualquier lenguaje de programación de alto nivel permite el manejo de *sockets* TCP y UDP para comunicaciones a través de una red *Ethernet*. El código 8.5 muestra cómo se ha trabajado con este tipo de datos y cómo se ha utilizado la conexión TCP para comunicar el *host* y el dispositivo RFID accediendo al fichero XML donde aparecen los parámetros requeridos para la conexión y los comandos que se van a transmitir una vez establecida la comunicación.

```
① '''Definición de la variable tipo socket TCP'''  
Imports System.Net.Sockets  
Public tcpclient As tcpclient  
  
'''Esta función abre la conexión TCP con el reader en cuestión '''  
Private Sub BtnConectar_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e  
As System.EventArgs) Handles BtnConectar.Click  
If CbLectorRFID.Text = "" Then
```

## Capítulo 8. Desarrollo

---

```
MessageBox.Show("Debe seleccionar un dispositivo de la lista.", "EPC  
CC Application: INFO", MessageBoxButtons.OK,  
MessageBoxIcon.Information)
```

```
Else
```

```
If tcpclient Is Nothing Then
```

```
tcpclient = New TcpClient
```

```
End If
```

```
Try
```

```
② 'Abre la conexión TCP con el lector seleccionado'
```

```
Conectar()
```

```
////////////////////////////////////
```

```
③ 'Vacía el buffer de la conexión TCP y lo deja preparado para  
recibir datos'
```

```
Limpiar_buffer()
```

```
////////////////////////////////////
```

```
④ 'Envía comando de mostrar la Versión del lector y recoge  
la información de respuesta'
```

```
Mostrar_version()
```

```
////////////////////////////////////
```

```
⑤ 'Habilitar protocolos EPC Class1 y ISO 18000-6B'
```

```
Habilitar_protocolos()
```

```
////////////////////////////////////
```

```
⑥
```

```
Select Case CbLectorRFID.Text
```

```
Case "Samsys MP9320"  
READER = "MP9320"
```

```
Case "Intermec IF5"  
READER = "IF5"
```

```
End Select
```

```
BtnConectar.Enabled = False
```

```
BtnIniciar.Enabled = True
```

## Capítulo 8. Desarrollo

---

```
Catch ex As Exception
BtnConectar.Enabled = True
MessageBox.Show(ex.Message, "ERROR", MessageBoxButtons.OK,
MessageBoxIcon.Error)

End Try

Me.Cursor = System.Windows.Forms.Cursors.Default

End If

End Sub
```

### Código 8.5 Comunicación vía *socket* TCP / IP

Este tramo de código comprende la importación del espacio de nombres u objetos que contempla el manejo de variables tipo *socket*, la declaración de una variable del tipo '*tcpclient*', ①, que es la variable que actúa en modo *socket* estableciendo una comunicación TCP entre el *host* y el dispositivo RFID, y la declaración de la función '*BtnConectar\_Click*' en la que se ejecuta el código necesario para abrir la conexión TCP y liberar el buffer de comunicaciones para que siempre esté disponible para recibir la información de respuesta del dispositivo lector RFID.

Dentro de esta función se encuentran llamadas a otra funciones que trabajarán con las diferentes operaciones miembro que permite el objeto '*tcpclient*'. Entre las operaciones miembro de este objeto, las más básicas y las que se utilizan en este código son:

- *System.Net.Sockets.TcpClient.Connect*; Conecta el cliente a un host TCP remoto con la dirección IP y el número de puerto especificados.
- *System.Net.Sockets.TcpClient.Close*; Cierra la conexión TCP y libera todos los recursos asociados a *System.Net.Sockets.TcpClient*.
- *System.Net.Sockets.TcpClient.GetStream*; Devuelve la *System.Net.Sockets.NetworkStream* usada para enviar y recibir datos.

La función '*Conectar()*', ②, abre la conexión TCP mediante la operación miembro del objeto '*tcpclient*'; *tcpclient.Connect(TbIP.Text, PORT)*. Los parámetros dirección IP y puerto TCP los recoge la aplicación del fichero de configuración '*config.xml*'. El código 8.6 muestra la función que accede a este fichero cuando el operador selecciona a través de la pantalla de comprobación de pedido, el dispositivo lector RFID con el que se va a establecer la comunicación TCP.

## Capítulo 8. Desarrollo

---

```
Imports System.Xml

''''''''''Consulta el fichero config.xml para recuperar los parámetros
para la conexión TCP''''''''''

Private Sub CbLectorRFID_SelectedIndexChanged(ByVal sender As
System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles
CbLectorRFID.SelectedIndexChanged

Dim IP As String

If CbLectorRFID.Text = "Intermec IF5" Then
READER = "IF5"
IP =
xmlList.Buscar_IP(AppDomain.CurrentDomain.SetupInformation.Application
Base & "xml\config.xml", "IF5")

PORT =
xmlList.Buscar_PORT(AppDomain.CurrentDomain.SetupInformation.Applicati
onBase & "xml\config.xml", "IF5")

TbIP.Text = IP

ElseIf CbLectorRFID.Text = "Samsys MP9320" Then
READER = "MP9320"
IP =
xmlList.Buscar_IP(AppDomain.CurrentDomain.SetupInformation.Application
Base & "xml\config.xml", "MP9320")

PORT =
xmlList.Buscar_PORT(AppDomain.CurrentDomain.SetupInformation.Applicati
onBase & "xml\config.xml", "MP9320")

TbIP.Text = IP

Else
TbIP.Text = Nothing
CbLectorRFID.Text = ""

End If

End Sub
```

### Código 8.6 Selección de los parámetros de configuración TCP / IP

Este tramo de código comprende la importación del espacio de nombres u objetos que contempla el manejo de ficheros XML.

Dentro de esta función se encuentran llamadas a otras funciones que trabajarán con las diferentes operaciones miembro que permiten los ficheros XML. Entre las operaciones miembro de este objeto, las más básicas y las que se utilizan en este código son:

- *System.Xml.XmlDocument*; Representa un documento XML.

- *System.Xml.XmlDocument.Load*; Carga el documento XML desde la dirección URL especificada.
- *System.Xml.XmlNode*; Representa un único nodo del documento XML.
- *System.Xml.XmlNode.SelectSingleNode*; Selecciona el primer XmlNode que coincide con la expresión XPath.
- *System.Xml.XmlNode.ChildNodes*; Obtiene todos los nodos secundarios del nodo.

La función '*Limpiar\_buffer()*', ③, limpia el buffer de datos de la comunicación TCP con el fin de que siempre esté libre para recibir datos nuevos del dispositivo RFID. Para ello, esa función utiliza operaciones miembro del objeto 'tcpclient'. Declara una variable del tipo '`Dim networkStream As NetworkStream = tcpclient.GetStream()`' que permite leer y escribir información sobre el *buffer*.

```
If networkStream.DataAvailable() Then
networkStream.Read(bytes, 0, CInt(tcpclient.ReceiveBufferSize))
' Devuelve los datos recibidos desde dispositivo RFID.
returndata = Encoding.ASCII.GetString(bytes)

end If
```

Siempre que haya datos, en forma de bytes, disponibles en el buffer de entrada se leerán y se traducirán a formato ASCII dejando libre el buffer de salida para cualquier información requerida por parte de la *host*.

La función '*Mostrar\_version()*', ④, utiliza también las operaciones de escritura y lectura sobre el buffer TCP para enviar un comando de versión hacia el dispositivo RFID y recibir la respuesta a este comando desde el dispositivo RFID.

Además de estas operaciones, esta función requiere el acceso al fichero de configuración, '*config.xml*', para recoger la cadena de comando requerida para esta operación de lectura. Recordemos que dependiendo del dispositivo lector con el que queramos conectar, así será la cadena de caracteres correspondiente al comando que se quiera transmitir hacia el dispositivo lector RFID. El código 8.7 muestra como se recoge del fichero de configuración '*config.xml*' la cadena de caracteres que representa el comando de versión.

```
VERSION =
xmlList.Comando_VERSION(AppDomain.CurrentDomain.SetupInformation.Appli
cationBase & "xml\config.xml", READER)
```

## Capítulo 8. Desarrollo

---

```
Send_Command(VERSION + Chr(13) + Chr(10))  
  
System.Threading.Thread.Sleep(200)  
  
returndata = Recv_Command()
```

### Código 8.7 Recuperar el comando versión

Se captura el comando correspondiente al lector seleccionado y a la operación requerida, en este caso obtener la versión del *firmware* instalado en el dispositivo RFID, una vez obtenido, se escribe la cadena de caracteres sobre el buffer TCP mediante la función '*Send\_Command()*', se espera un tiempo razonable de 200 milisegundos, y se recoge la información de respuesta a este comando por parte del lector RFID, mediante la función '*Recv\_Command()*'.

La función '*Habilitar\_protocolos()*', ⑤, utiliza también las operaciones de escritura y lectura sobre el buffer TCP para enviar un comando de versión hacia el dispositivo RFID y recibir la respuesta a este comando desde el dispositivo RFID.

Además de estas operaciones, esta función requiere el acceso al fichero de configuración, '*config.xml*', para recoger la cadena de comando requerida para esta operación de lectura. Recordemos que dependiendo del dispositivo lector con el que queramos conectar, así será la cadena de caracteres correspondiente al comando que se quiera transmitir hacia el dispositivo lector RFID. El código 8.8 muestra como se recoge del fichero de configuración '*config.xml*' la cadena de caracteres que representa el comando de versión.

```
PROTOCOLOS =  
xmlList.Comando_PROTOCOLOS(AppDomain.CurrentDomain.SetupInformation.Ap  
plicationBase & "xml\config.xml", READER)  
  
Send_Command(PROTOCOLOS + Chr(13) + Chr(10))  
  
System.Threading.Thread.Sleep(200)  
  
returndata = Recv_Command()
```

### Código 8.8 Recuperar el comando protocolos

Se captura el comando correspondiente al lector seleccionado y a la operación requerida, en este caso el protocolo sobre el que va a operar el dispositivo RFID, una

vez obtenido, se escribe la cadena de caracteres sobre el buffer TCP mediante la función `'Send_Command()'`, se espera un tiempo razonable de 200 milisegundos, y se recoge la información de respuesta a este comando por parte del lector RFID, mediante la función `'Recv_Command()'`.

El último tramo de código, ⑥, toma el valor de la variable 'READER' que determinará, en cualquier punto del código principal de la aplicación de gestión, la sección o el nodo a partir del cual se va a buscar la información perteneciente a la conexión TCP o comandos RFID dentro del fichero XML de configuración, `'config.xml'`, según el dispositivo lector RFID que el operario haya seleccionado para realizar la comprobación de pedido. Si el operario ha seleccionado el lector de **Samsys**, la variable 'READER' tomará el valor : `READER = "MP9320"`, si por el contrario el operario ha seleccionado el dispositivo de **Intermec** la variable 'READER' tomará el valor: `READER = "IF5"`. A la hora de hacer una búsqueda sobre el fichero XML de configuración, se tendrá en cuenta el valor de esta variable.

### **8.3 Tratamiento de la información transferida**

Hasta ahora se ha hablado de entorno gráfico de usuario y de comunicaciones con el *hardware* involucrado en el desarrollo del proyecto, pero sin duda hay una parte intermedia entre estos dos subsistemas, subsistemas de usuario final y subsistema de comunicaciones, que permite que ambos trabajen con la misma información siendo esta inteligible para el usuario y para el dispositivo de radiofrecuencia, el subsistema *middleware*.

Mediante el establecimiento de comunicación vía puerto RS232 o vía TCP, conseguimos establecer un canal lógico de comunicación entre la aplicación de gestión, el *host*, y los dispositivos *hardware*. Sobre esta comunicación se transfieren comandos hacia el *hardware* y del mismo modo se reciben mensajes de respuesta desde el *hardware* hacia el *host*. Del mismo modo que los comando de comunicación que se transfieren al *hardware* son comando no inteligibles para el usuario final y son interpretados mediante actores lógicos como botones de interfaz, normalmente los

mensajes de respuesta también serán cadenas de caracteres que habrá que interpretar, traducir, y filtrar, antes de poder mostrarlos al usuario final.

La parte de código que se encarga de traducir y filtrar estos mensajes de respuesta es la denominada *middleware*. Se puede decir que el *middleware*, de alguna manera, también incluye algunas de las funciones citadas en apartados anteriores en las que, a través de las comunicaciones establecidas, se transfieren comandos desde la aplicación de gestión hacia el *hardware*.

Entre estas funciones encontramos, en el apartado de comunicación con la impresora, la recepción de los mensajes de respuesta del *hardware* que se mostraban primero a través del entorno gráfico de usuario, para después almacenarse en un fichero de texto como una primera versión del pedido final generado por la aplicación.

En el caso de las comunicaciones con el lector RFID, podemos citar las funciones *Mostrar\_version()* y *Habilitar\_protocolos()*, en las que se transfieren comandos hacia el lector que generan una respuesta por parte de éste que en el caso de la primera se mostrarán sobre el entorno gráfico de usuario, y en el caso de la segunda no tendrá mayor trascendencia.

### 8.3.1 Generación de pedido XML

Una vez generado el fichero de texto con las cadenas de caracteres que ha ido devolviendo la impresora conforme generaba las etiquetas especificadas por el operario a través de la aplicación de gestión, hay que tratar esta información y convertirla a formato XML, generando así una base de pedidos ordenada y con un acceso rápido a la información estructurada y no redundante. Para conseguir ésto y conociendo previamente el formato del texto que se genera en el fichero inicial, se ha desarrollado una función que permite hacer una conversión desde fichero de texto tabulado, hacia un fichero XML. La figura 8.22 muestra un fichero de texto tabulado y la figura 8.23 muestra la conversión de este mismo fichero a formato XML, mucho más estructurado.

La tabulación del fichero de texto se determina a través de los comandos de escape que se transmiten hacia la impresora, no dejando aleatoriedad en la presentación de respuesta de la impresora, ya que una correcta conversión a formato XML, depende completamente de la correcta tabulación de la información contenida en el fichero de

texto. En este caso se ha considerado conveniente tabular los diferentes campos en cada línea de información mediante apóstrofes.

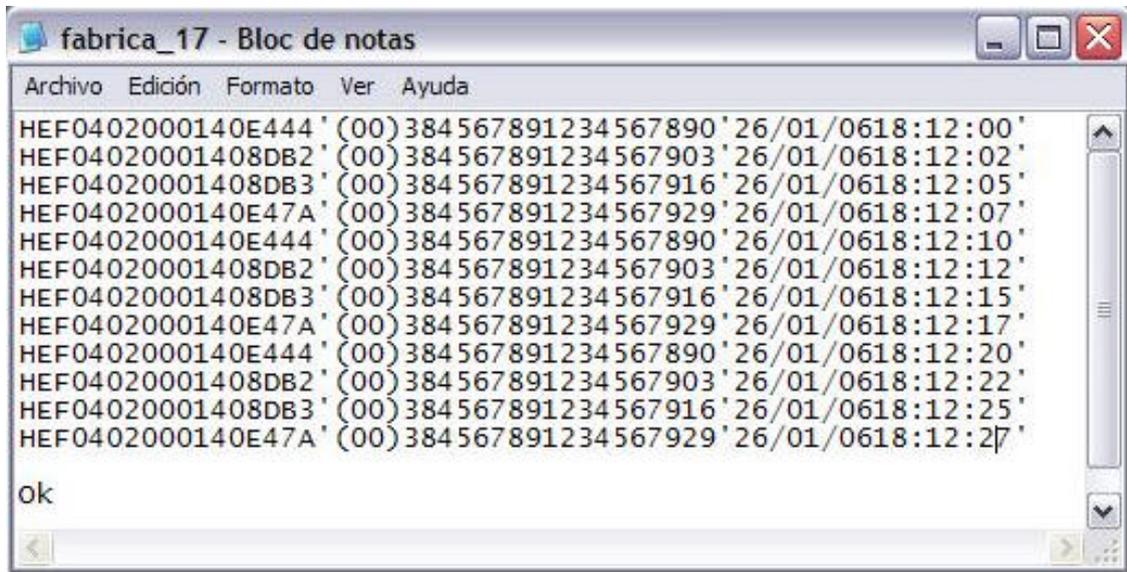
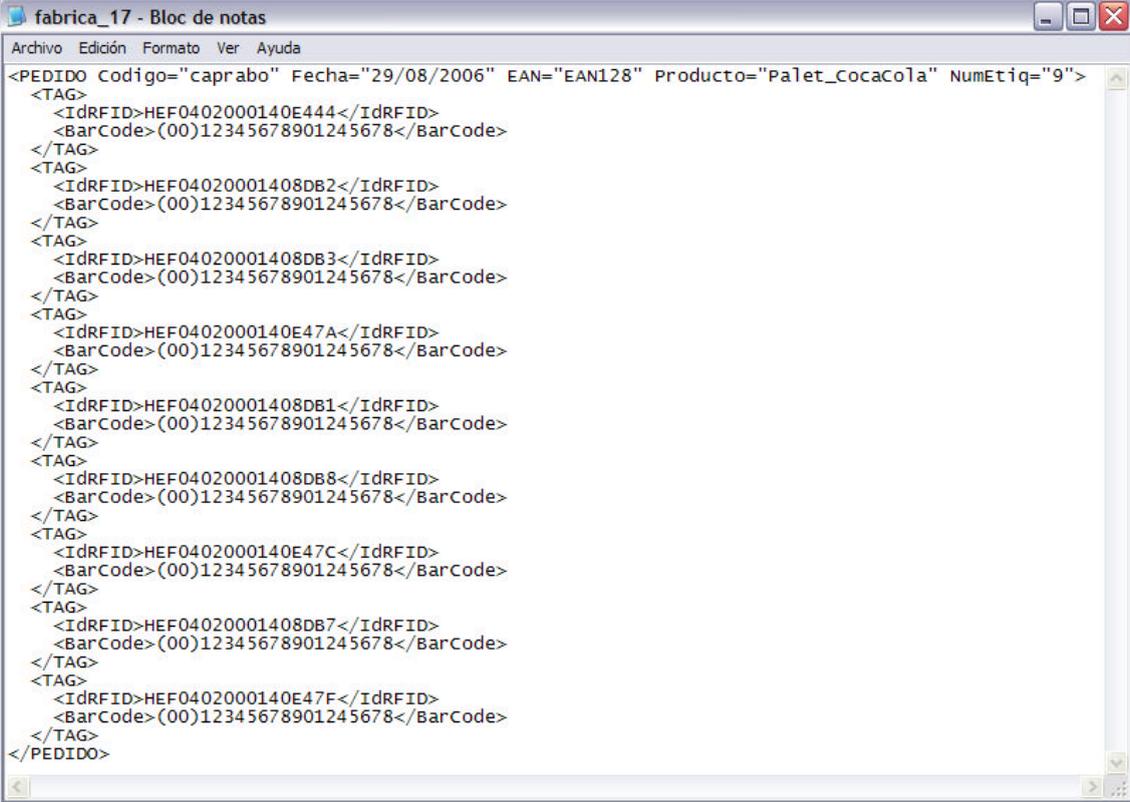


Figura 8.22 Fichero de texto

El primer campo dentro de cada línea se corresponde con el EPC o TagID de la etiqueta RFID generada, el segundo campo se corresponde con el código EAN asociado a cada etiqueta, y el tercer campo se corresponde con la fecha y hora en la que se genera cada etiqueta. Se observa que la fecha es la misma para todas las líneas, pero varía ligeramente en los segundos.

La estructura del fichero XML, además de incluir la información contenida en el fichero de texto original, añade información relativa al pedido generado tal como el código que lo identifica, la fecha actual, el nivel de etiquetado EAN, el tipo de producto, y el número de etiquetas, todo ello a modo de atributos del nodo raíz PEDIDO.



```
<PEDIDO Codigo="caprabo" Fecha="29/08/2006" EAN="EAN128" Producto="Palet_CocaCola" NumEtiq="9">
  <TAG>
    <IdRFID>HEF0402000140E444</IdRFID>
    <BarCode>(00)12345678901245678</BarCode>
  </TAG>
  <TAG>
    <IdRFID>HEF04020001408DB2</IdRFID>
    <BarCode>(00)12345678901245678</BarCode>
  </TAG>
  <TAG>
    <IdRFID>HEF04020001408DB3</IdRFID>
    <BarCode>(00)12345678901245678</BarCode>
  </TAG>
  <TAG>
    <IdRFID>HEF0402000140E47A</IdRFID>
    <BarCode>(00)12345678901245678</BarCode>
  </TAG>
  <TAG>
    <IdRFID>HEF04020001408DB1</IdRFID>
    <BarCode>(00)12345678901245678</BarCode>
  </TAG>
  <TAG>
    <IdRFID>HEF04020001408DB8</IdRFID>
    <BarCode>(00)12345678901245678</BarCode>
  </TAG>
  <TAG>
    <IdRFID>HEF0402000140E47C</IdRFID>
    <BarCode>(00)12345678901245678</BarCode>
  </TAG>
  <TAG>
    <IdRFID>HEF04020001408DB7</IdRFID>
    <BarCode>(00)12345678901245678</BarCode>
  </TAG>
  <TAG>
    <IdRFID>HEF0402000140E47F</IdRFID>
    <BarCode>(00)12345678901245678</BarCode>
  </TAG>
</PEDIDO>
```

Figura 8.23 Conversión a XML

El código 8.9 muestra la parte principal de la función de conversión ‘*TXT to XML*’. La llamada a esta función recoge muchos parámetros de entrada. Es necesario introducir información adicional a la del propio fichero de texto ya que este no contiene los atributos necesarios para dotar de mayor estructuración al fichero XML. Los datos que se le pasan como parámetros de entrada se recogen del propio formulario del panel de generación de pedido. Se identifican entre los signos de paréntesis de la llamada a la función `TXTtoXML_converter`, ①.

①

```
Public Overloads Function TXTtoXML_converter(ByVal FileIn As String,
ByVal BarCode As String, ByVal EAN As String, ByVal Producto As
String, ByVal NumEtiq As Integer, ByVal PedidoID As String) As String
```

```
Dim mxDoc As XmlDocument
Dim strFile As String
Dim TagID As String
Dim Fecha As Date
Dim cadena As String
Dim xmlFile As String
Dim line As String
Dim buff As String()
Dim barra As Integer
```

## Capítulo 8. Desarrollo

---

```
Dim punto As Integer
Dim num As Integer
```

'Se genera el un fichero XML con el mismo nombre que e fichero de  
'texto 'a convertir

```
barra = FileIn.LastIndexOf(Chr(92))

If barra = -1 Then
cadena = FileIn
Else
cadena = FileIn.Remove(0, barra + 1)
End If

punto = cadena.IndexOf(Chr(46))
cadena = cadena.Remove(punto, 4)
```

②

```
xmlFile = AppDomain.CurrentDomain.SetupInformation.ApplicationBase &
"xml\" + PedidoID + ".xml"
```

```
CrearXml(xmlFile, PedidoID, Date.Today, EAN, Producto, NumEtiqu)
```

'Se introduce cada una de las líneas del fichero de texto, como  
'elementos o nodos del fichero XML

```
Dim sr As StreamReader = New StreamReader(FileIn)
num= 0
line= sr.ReadLine()
```

③

```
While line <> "Ok" And num < NumEtiqu
buff = line.Split(Chr(39))
```

```
While buff.Length < 2
line = sr.ReadLine()
buff = line.Split(Chr(39))
End While
```

④

```
TagID = buff(0)
BarCode = buff(1)
InsertarTag(xmlFile, TagID, BarCode)
line = sr.ReadLine()
```

```
If line = Nothing Then
line = sr.ReadLine()
End If
num = num + 1
End While
sr.Close()
```

```
'Una vez se ha hecho la conversión, se elimina el fichero de texto.  
  
File.Delete(FileIn)  
  
'Antes de salir de la función, devolvemos el nombre del fichero XML  
'generado.  
  
Return xmlFile  
End Function
```

### Código 8.9 Conversión de TXT a XML

Sobre el código, ②, se puede resaltar la creación del fichero XML. Primero, físicamente en su *path* correspondiente con el nombre del código de pedido generado, PedidoID. Luego, mediante la función `crearXML` se pasan los atributos del nodo principal del fichero `xmlFile`, nombre de fichero, identificador de pedido, fecha, EAN, tipo de producto, y número de etiquetas.

Una vez creado el fichero XML e introducidos los atributos del elemento raíz, se trabaja con el fichero de texto del que se va a sacar el resto de información correspondiente al pedido. En el código 8.9, en la referencia ③, se controla el final del fichero de texto, y se avanza línea a línea, separando cada uno de los campos en base al carácter ASCII 39, el apóstrofe. Se forma un vector de cadenas en el que se almacena cada uno de los campos por separado. En la posición cero del vector estará contenido el EPC o TagID, en la posición uno del vector el código EAN de cada etiqueta, y en la posición dos la fecha y hora en la que se ha generado.

Cada una de estas posiciones, se volcarán en el fichero XML como nodos anidados dentro del nodo raíz mediante la función `InsertarTag`, que se encuentra en la referencia ④. Una vez recorrido todo el fichero de texto, se procede a eliminarlo para descargar de información redundante al *host* destino.

La figura 8.24 muestra gráficamente el proceso de conversión anteriormente comentado.

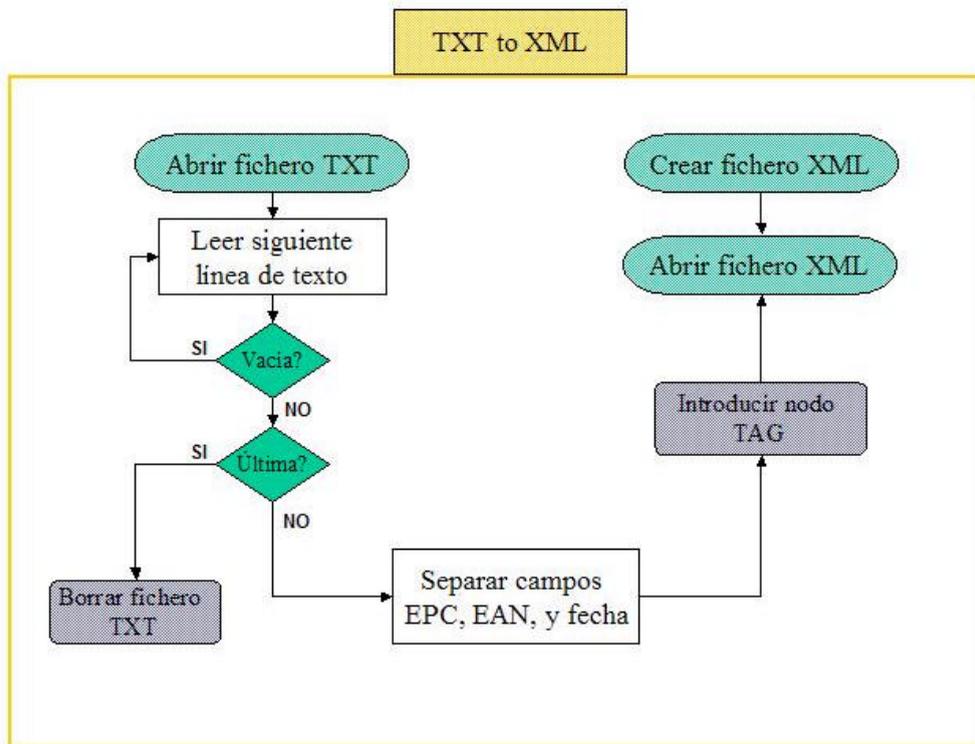


Figura 8.24 Proceso de conversión TXT to XML

### 8.3.2 Comprobación de pedido

En el panel ‘Comprobar Pedido’, una vez establecida la conexión con el dispositivo RFID, el siguiente paso será iniciar la comprobación del pedido en curso mediante un hilo de transmisión y recepción de información entre la aplicación de gestión y el *hardware* RFID. Esta transmisión recepción de información requiere ser tratada, ya que el *hardware* RFID al iniciar la lectura de etiquetas trabaja de forma continua transmitiendo tantas veces como sea capaz de identificar a un mismo *tag* la información correspondiente a éste provocando cierta redundancia en la información. Así mismo, además de la información de identificación de cada uno de los *tags* que detecte en el área de cobertura, también transmitirá, entremezclada, información de control que no será demasiado útil ni en el proceso de comprobación, ni para el usuario final. Para evitar confusiones, también habrá que hacer cierto filtrado en la información, antes de compararla con el pedido original o mostrarla en la pantalla de operación.

## Capítulo 8. Desarrollo

---

En el código 8.10 se muestra la función `TimerRead_Tick` en la cual, después de conectar con el dispositivo lector RFID y transmitirle un comando de lectura continua, se recupera cada 100 ms, que es el tiempo de ciclo de este control, la información de respuesta del dispositivo *hardware* contenida en el *buffer* de la conexión TCP y se procesa con el fin de detectar identificadores de *tags*, que es lo que interesa en el proceso de comprobación. Después de hacer un estudio sobre cada uno de los dispositivos lectores con los que se ha trabajado, y analizando la respuesta de cada uno de ellos, se llega a rescatar un patrón de comportamiento, del cual es sencillo rescatar la información requerida, en este caso los TagID ó EPCs.

En el caso del lector de Samsys, MP9320, se conoce que dentro de la cadena de caracteres que devuelve el lector a través del *buffer* de la conexión TCP, cada identificador de *tag* o EPC se encuentra localizado entre una cadena inicial "{Rd,d:", y otra posterior ",t:". Así pues, en el procesado de los datos rescatados del *buffer*, se localizarán estas cadenas, y se rescatará la información intermedia, ver referencia ① del código 8.10.

Una vez localizada la información esencial para la comprobación, se hace una llamada a la función `Comprobacion_lectura` pasando como parámetro de entrada el dato rescatado del procesado anterior, el EPC o TagID. Ver referencia ② de código 8.10.

```
Private Sub TimerRead_Tick(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles TimerRead.Tick

Select Case READER
Case "MP9320"

Dim R, P As Integer
Dim G As String = "{Rd"
Dim H As String = vbCrLf
Dim OFF As String
Dim res As Integer

R = returndata.IndexOf(G)

Try

While R = -1
returndata = Recv_Command()
R = returndata.IndexOf(G, 0)
If returndata = Nothing Then
Exit While
End If
```

```
End While
```

①

```
If R <> -1 Then
R = R + 6
returndata = returndata.Remove(0, R)
cadena = Split(returndata, "{Rd,d}")
Dim q As Integer
For q = 0 To cadena.Length - 1
cadena2 = Split(cadena(q), ",t:")
```

```
If cadena2.Length > 1 Then
```

②

```
indice = indice + 1
Añadir_texto(Str(indice) + " " + "Id:" + cadena2(0) + vbCr)
Comprobacion_lectura(cadena2(0))
```

```
End If
```

```
Next
```

```
returndata = Recv_Command()
```

```
Else
```

```
returndata = Recv_Command()
```

```
End If
```

```
Catch ex As Exception
```

```
TimerRead.Stop()
```

```
MessageBox.Show(ex.Message + "Aquí está el fallo, no recibo datos del  
buffer de salida")
```

```
End Try
```

```
End Select
```

```
End Sub
```

### Código 8.10 Procesado de datos Samsys MP9320

La función `Comprobacion_lectura` accede al fichero XML con identificador igual al pedido de comprobación seleccionado en la aplicación, y busca la coincidencia en el campo `TagID` de cada nodo `TAG`, con el dato pasado como parámetro a la función. A través del código 8.11 se ve como se hace esta comprobación.

```
Public Sub Comprobacion_lectura(ByVal id As String)
```

```
Dim str As String
```

```
Try
```

①

```
If id.Length = 16 Or id.Length = 24 Then
If id = "" Then
```

```
Exit Sub
```

```
End If
```

```
str = AppDomain.CurrentDomain.SetupInformation.ApplicationBase &  
"xml\" + LblIDPedido3.Text + ".xml"
```

②

```
If xmlList.BuscarTag(str, id, contador) Then
Tag_ID(id)
Else
Tag_No_ID(id)
End If
```

```
End If
```

```
Catch ex As Exception
MessageBox.Show(ex.Message, "ERROR CONTROLADO", MessageBoxButtons.OK,
MessageBoxIcon.Error)
End Try
End Sub
```

### Código 8.11 Función Comprobacion\_Lectura

Antes de comparar el parámetro de entrada a la función, ID, con los datos contenidos en el fichero de pedido, se hace una comprobación de que el parámetro a comparar se corresponde con un identificador válido, es decir, es una cadena de caracteres que cumple con el tamaño estándar de los identificadores de *tags* o EPCs, es decir, 16 ó 24 caracteres, que se corresponden con los 64 ó 96 bits de EPC o TagID. Ver referencia ① en el código 8.11.

Una vez comprobado que el parámetro, efectivamente, se corresponde con un posible EPC o TagID, se procede a la búsqueda de éste en el fichero XML correspondiente al pedido en comprobación. La llamada a la función `xmlList.BuscarTag` devuelve un valor verdadero/falso según si la búsqueda a sido exitosa (verdadero) o por el contrario no se ha dado la coincidencia (falso). Según el este valor, se procederá a clasificar el parámetro de referencia como *tag* perteneciente al pedido, o como *tag* sobrante. Ver referencia ② en el código 8.11.

Todo este proceso de comprobación de lectura, se ve de un modo más ilustrativo en la figura 8.19 dentro del apartado 8.2.2.

# CAPÍTULO 9. Conclusiones y líneas futuras

## 9.1 Conclusiones

Al hablar del proyecto en su totalidad se pueden hacer tres separaciones fundamentales. La primera parte se forma a partir del estudio previo de la tecnología RFID, incluyendo sus variantes, y las posibles aplicaciones sobre las que dicha tecnología aporta ventajas funcionales y económicas. La segunda parte consta de la selección del sector sobre el que se va a desarrollar la aplicación y del propio desarrollo del *software* de gestión que permita hacer una demostración de las ventajas aportadas por el uso de la tecnología RFID en el sector seleccionado. Y por último, una tercera parte en la que se lleva a cabo el desarrollo de una aplicación de demostración que interactúe entre las necesidades que presenta el sector seleccionado y las ventajas que sobre éste ofrece a tecnología seleccionada.

### 9.1.1 Estudio de la tecnología y posibles aplicaciones

La tecnología de identificación por radiofrecuencia permite identificar de forma automática cualquier objeto o persona marcado con una etiqueta RFID. Los fundamentos físicos en los que se basa esa tecnología radio, permiten que el proceso de identificación se efectúe sin necesidad de visibilidad directa y a cierta distancia entre el dispositivo interrogador y el identificador. Además por el hecho de poder trabajar con sistemas RFID en diferentes bandas de frecuencias, algunas de ellas muy levadas (UHF), la velocidad de procesamiento y de transmisión / recepción de las señales radio intercambiadas entre los dispositivos, favorece la identificación simultánea de varias etiquetas RFID, *tags*, dotando a este sistema de identificación de características muy peculiares y ventajosas sobre el resto de sistemas de identificación hasta ahora utilizados.

La variedad de aplicaciones sobre las que se ha encontrado ventajoso implementar este tipo de tecnología cubre un rango muy amplio de sectores del los que se pueden destacar, el sector agroalimentario, el sector sanitario, industrial, servicios, farmacia, y seguridad. Para cada uno de ellos, y para cada aplicación dentro del sector, habrá que

hacer un estudio previo de las necesidades y carencia que presenta dicho sector y de cómo la tecnología RFID puede ayudar a cubrirlas. Para ello es importante conocer las características operacionales y físicas de dicha tecnología operando en cada una de las bandas de frecuencia habilitadas para su uso, LF, HF, UHF, y microondas, antes de determinar el sistema a implementar.

Una vez seleccionada la frecuencia de utilización, en base a las necesidades y restricciones del proyecto, seleccionar el protocolo bajo el que van a operar los dispositivos *hardware* RFID ha sido una tarea de mucho valor. La existencia de gran variedad de protocolos, tanto estándares como propietarios, dentro de cada variante de la tecnología RFID, (LF, HF, UHF, y microondas), implica la necesidad de conocer aquellos que estén relacionados con la frecuencia de trabajo seleccionada, con el fin de determinar cual se ajusta más a las necesidades de la aplicación final. No existe una solución estándar para un tipo de proyecto, cada nuevo desarrollo implica un estudio elaborado de los requisitos y restricciones del proyecto, y sobre estos, trabajar en la selección de la tecnología y los protocolos de comunicación y estándares de datos con los que conviene trabajar.

### **9.1.2 Selección del sector de aplicación y de la tecnología**

La selección del sector sobre el que se ha desarrollado el proyecto, se ha hecho en base al gran interés que experimenta el sector agroalimentario en mejorar sus procesos de trazabilidad de producto, en aumentar el control de pérdidas desconocidas en la distribución, y en la reducción de fuera de *stock* por fallos de producción. Las ventajas en la aplicación de la tecnología RFID en este sector resultan inminentes debido a las grandes mejoras que aporta en la gran mayoría de sus procesos, por no decir en todos.

Para el desarrollo del proyecto en el cual se mejoran algunos de los procesos de identificación automática que intervienen en la cadena de suministro, se ha seleccionado la tecnología RFID UHF porque es la más adecuada en entornos de almacenaje y distribución, debido a que llega a un compromiso perfecto entre el rango de lectura, la penetración de la señal en los materiales, y la velocidad de procesamiento. En el caso de los sistemas RFID LF ó HF, la señal tiene una capacidad de penetración en los materiales mucho mayor que en UHF, pero el rango de identificación disminuye exponencialmente, además de trabajar a una frecuencia más baja y reducir la capacidad

de identificación simultánea. En el caso de las microondas, el rango de identificación será mayor que en UHF, pero la pérdida de capacidad de penetración en los materiales es tan alta que hace que la señal no sea fiable ya que podría perderse en el camino y no llegar hasta el objeto a identificar. Las etiquetas RFID seleccionadas son pasivas debido a los requisitos económicos, de factor forma, y funcionales de la aplicación.

Una vez seleccionada la tecnología, RFID UHF, ha sido sencillo identificar el protocolo de comunicación y el estándar de almacenamiento de datos sobre el que se va a trabajar. Tras el estudio de los estándares de comunicación UHF, se han determinado ciertos modelos en los que se pueden clasificar a los organismos de estandarización. La ISO trabaja en el desarrollo de protocolos de comunicaciones, interfaz aire, entre dispositivos RFID, ISO 18000-6. Por otra parte, el instituto de estandarización de las telecomunicaciones en Europa, (ETSI), ha desarrollado dos estándares para la utilización del espectro radioeléctrico habilitado para los servicios RFID en la banda UHF. Uno, ETSI EN 300 220, trabaja sobre un único canal a una potencia máxima de 0,5 vatios, y el otro, una versión actualizada en base a las necesidades que suscitan la gran variedad de aplicaciones en las que podría intervenir la tecnología, ETSI EN 302 208, que permite el uso de 15 canales a una potencia máxima de 2 vatios.

Teniendo en mente los protocolos para la comunicación entre dispositivos y la transmisión radio, también se han tenido en cuenta los estándares de almacenamiento de información en la etiqueta. Ahí encontramos de nuevo los protocolos ISO 18000-6A/B y un nuevo organismo EPCglobal, que se encarga de estandarizar un tipo de codificación RFID exclusivo para el sector cadena de suministro. Este tipo de codificación es el EPC, y encontramos dos estándares, EPC Class1 Gen1 en una primera versión, y EPC Class1 Gen2 versión actual que ha ido evolucionando con las necesidades y carencias que presentaba la versión anterior.

Conocidos los protocolos y estándares, se ha llegado a la conclusión de que se debe trabajar con tecnología que cumpla tanto la normativa ISO 18000-6, como la ETSI EN 302 208, pero que trabaje bajo el protocolo EPC Class1 Gen2, especialmente diseñado para las aplicaciones relacionadas con la cadena de suministro y con la futura red global *EPCglobal Network*.

### 9.1.3 Desarrollo de la aplicación de demostración

Una vez han sido determinadas las necesidades y carencias del sector agroalimentario en los procesos relativos a la cadena de suministro, y detectadas las ventajas que supone utilizar RFID en estos procesos logísticos, el desarrollo *software* de la aplicación se resume varios pasos:

1. Seleccionar la plataforma de desarrollo y el lenguaje de programación de alto nivel con el que se ha llevado a cabo el desarrollo. Según los requisitos del *hardware* con el que se va a trabajar y la funcionalidad final de la aplicación, se ha determinado trabajar con una aplicación Windows. Para desarrollar aplicaciones Windows, la plataforma mejor orientada es Visual Studio .Net. Esta plataforma permite varios lenguajes de programación y de ellos se ha seleccionado Visual Basic .Net.
2. Diseño de un entorno gráfico de usuario (GUI) funcional y operacional de una aplicación gráfica que abarque los procesos más relevantes dentro de la cadena de suministro, como los proceso de fabricación y distribución de pedidos de un determinado producto hasta el punto de venta final. El diseño ha incluido tres procesos fundamentales en la gestión de la cadena de suministro, generación de pedidos, consulta de pedidos, y comprobación de pedidos. En todos ellos está involucrada la tecnología RFID.
3. Implementación de las comunicaciones entre la aplicación funcional y el *hardware* RFID seleccionado, con el fin de recuperar la información transmitida entre el interrogador RFID y la etiqueta identificadora, *tag*. Según el dispositivo RFID que se ha utilizado, los puertos de salida que tenga disponibles son los que han determinado el tipo de comunicaciones con las que tratar, el puerto *Ethernet* que permite una comunicación sencilla TCP, y el puerto serie RS-232 que permite una comunicación algo más laboriosa.
4. Desarrollo de un *middleware* que procese la información transferida desde el *hardware* hacia la aplicación de usuario para hacerla inteligible y no redundante. La información recibida en el dispositivo lector, es transferida hacia la aplicación de

gestión en forma de ristas de bits con mucha información redundante. Para poder mostrar la información de identificación interesante para el usuario, se ha hecho un procesado previo de la información, para filtrarla y hacerla inteligible al usuario.

5. Diseñar un sistema de almacenaje, a modo de base de datos sobre el que poder ejecutar el proceso de identificación automática. La información que se va generando a partir de los procesos de generación de pedidos, se almacena en forma de ficheros XML sobre los que es sencillo acceder para hacer las comprobaciones correspondientes según el pedido seleccionado. Se ha establecido una estructura sencilla de almacenamiento de información y un identificador único de pedido, con el fin de que no haya conflictos de nomenclatura

### **9.2 Líneas futuras**

El desarrollo de la aplicación de gestión de pedidos desde la que se maneja la tecnología RFID se ha orientado a la demostración y no al uso sobre una problemática real. Es por ello que hablar de líneas futuras haciendo referencia a este desarrollo, abarca varios campos entre los que cabe destacar el volcado de información a una base de datos, el desarrollo de conectores RFID multi-fabricante, y el desarrollo de una plataforma multi-lector.

Cuando se hace referencia al volcado de información sobre una base de datos es debido a que esta aplicación está basada en una demostración y la cantidad de datos con la que se trabaja es tan pequeña que resulta excesivo trabajar con bases de datos, ya que el trabajo que implica el manejo, actualización, y consulta de las tablas de una base de datos, así como su definición, complica la solución restándole importancia a la finalidad principal en la que se basa. Una vez concluido este proyecto, demostrada la funcionalidad de la tecnología RFID en el sector de control y supervisión de la cadena de suministro, la implementación de una solución final para una problemática de caso real implicaría la generación de una base de datos o bien la utilización y modificación de una base de datos ya existente en el cliente, por eso se considera interesante plantear como línea futura de este trabajo actualizar la implementación, esta vez, haciendo ahínco en el desarrollo de una base de datos bien definida y enlazada que permita

gestionar la información de gestión de pedidos habitual junto con la información adicional que aporta la tecnología RFID.

Por otro lado, cuando se habla de desarrollar conectores RFID multi-fabricante es debido a la gran variedad de productos, dispositivos RFID, que hay en el mercado cada uno de ellos trabajando con un *firmware* propietario y con un juego de comandos de comunicación y operación propietarios también. A lo largo de la memoria se ha comentado la importancia de implementar un *software* intermedio, *middleware*, que permita trabajar desde una misma aplicación con diferentes equipos sin necesidad de preocuparse por los parámetros de conexión, comandos de operación, o formato de la información intercambiada. Este tipo de *software* intermedio, debería reportar cualquier información recibida desde los dispositivos RFID, ya sean lecturas, inventarios, o escritura sobre *tags*, en ficheros XML estructurados bajo un formato estándar de forma que cualquier aplicación pudiera acceder a la información sin previo tratamiento de ésta.

El desarrollo de una plataforma multi-lector viene como consecuencia de las necesidades del sector de distribución y fabricación dentro de la cadena de suministro, ya que será normal encontrar en un almacén o centro de distribución varios muelles de carga y descarga por los que van a gestionarse los pedidos. En el desarrollo de la aplicación de demostración, se ha pensado en un único portal en el que se controla la carga de un pedido cada vez. Se podría contemplar la posibilidad de trabajar con varios muelles accediendo a una misma aplicación de gestión seleccionando su propia orden de carga y, por lo tanto, trabajando en conexión al sistema RFID correspondiente. En este caso, la complejidad del desarrollo se centraría en la implementación de una plataforma multi-usuario que residiera en un servidor sobre el que atacaría cada uno de los muelles de carga sobre los que se estuviera ejecutando una orden de carga y por tanto una comprobación de pedido.

### Referencias

- [4.1] Jimmy Wales. Larry Sanger. "Estándar". *WIKIPEDIA La enciclopedia libre*. 13 jul 2006, html: <http://es.wikipedia.org/wiki/Est%C3%A1ndar>
- [5.1] AECOC. Julio 2006 , pdf:[http://www.aecoc.es/web/codificacion.nsf/c26e324ee59af673c12568c500468a18/925b46b62071aab5c1256f2e00506b2e/\\$FILE/Preguntas%20trazabilidad%20.pdf](http://www.aecoc.es/web/codificacion.nsf/c26e324ee59af673c12568c500468a18/925b46b62071aab5c1256f2e00506b2e/$FILE/Preguntas%20trazabilidad%20.pdf)
- [7.1] (ms-help://MS.VSCC.2003/MS.MSDNVS.3082/vbls7/html/vblrfVBSpec4\_2.htm)
- [7.2] MSDN.(ms-help://MS.VSCC.2003/MS.MSDNVS.3082/vbcn7/html/vbconClassModulesPuttingDataTypesProceduresTogether.htm)
- [7.3] MSDN. (ms-help://MS.VSCC.2003/MS.MSDNVS.3082/vbcn7/html/vbconInheritancePolymorphismAllThat.htm)

## Referencias

---

### Bibliografía

- [1] Himanshu Bhatt. Bill Glover. “RFID Essentials”. OReilly. Enero 2006.
- [2] Bhuptani Manish. Moradpour Shahram. “RFID Field Guide: Deploying Radio Frequency Identification Systems”. Prentice Hall PTR. Febrero 2005.
- [3] S.Lahiri. “RFID Sourcebook”. Prentice Hall PTR. Agosto 2005.
- [4] Klaus Finkenzeller. “RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification, 2e”. Wiley Publishing. 2003.
- [5] Patrick J. Sweeney II. “RFID.for.Dummies”.Wiley Publishing. 2005.
- [6] José María Ciudad Herrera. Eduard Samà Casanovas. “Estudio, diseño y simulación de un sistema de RFID basado en EPC”. 2006.
- [7] EPCglobal Inc. “EPC Radio-Frequency Identity Protocols Class-1 Generation-2 UHF RFID Protocol for Communications al 860 MHz – 960 MHz Version 1.0.9”. Enero 2005.
- [8] ETSI. “ETSI EN 302 208-1: Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Radio Frequency Identification Equipment operating in the band 865 MHz to 868 MHz with power levels up to 2W Part 1: Technical requirements and methods of measurement”.
- [9] ETSI. “EN 300 220 ERM: Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM);Short Range Devices (SDR) Radio equipment to be used in the 25 MHz-1GHz frequency range with power levels up to 500 mW. Part 1: Technical characteristics and test methods”

## Bibliografía

---

- [10] ISO. “ISO/IEC 18000-6: Information technology automatic identification and data capture techniques – Identificación por radiofrecuencia (RFID) a nivel de artículo – Parte 6: Parámetros de comunicación del interfaz aire a 860–960 MHz”

## APÉNDICE A: Comandos CHUMP

This chapter provides descriptions of the CHUMP commands and parameters.

Topics discussed in this chapter include the following:

- Command Format
- Reader Management Commands
- Tag Commands
- Flow Control Commands
- Parameter Descriptions
- Command Descriptions

### A.1 Command Format

CHUMP commands are typically one- or two-character commands with applicable parameters. As described in Chapter 1, these commands and replies are enclosed in framing characters. Refer to the following example for the format:

`<Msg head> Command [<Parameter>] <Msg tail>`

**NOTE:** *Command parameters and numeric data are typically expressed in hexadecimal (hex) format. Refer to the Command Description section for syntax, format, and parameter usage.*

### A.2 Reader Management Commands

Reader management commands control reader configuration, input/output ports, and display the software version. These commands are not tag or protocol dependent. The Reader Management commands are shown in the following table with the CHUMP software version where the command was first implemented.

Cmd	Description	Rev
Cr	Configuration read	1.30
Cw	Configuration write	1.30
Mr	Management reset	1.32
Ro	Read digital I/O port	1.30
Rv	Read version	1.20
Wo	Write digital I/O port	1.20

# APÉNDICE A

## A.3 Tag Commands

Tag commands are protocol dependent and perform specific actions on a single tag or group of tags. The commands are shown in the following table with the applicable protocol and software version where the command was first implemented.

Cmd	Description	Rev	EM 4102/Te mic	HiTag 1	TIRIS	TAG II	ISO 15693	Icode	ISO 18000-6A	ISO 18000-6B	EM 4022/4222	EPC 1	EPC 0
Ht	Halt or quiet tag	1.30					✓						✓
Lb	Lock block	1.30							✓	✓		✓	✓
Ld	Lock DSFID	1.30							✓				
Lf	Lock AFI	1.30							✓				
Ra	Read user data (any tag)	1.20	2	✓	✓	✓	✓	✓	1	2	3	✓	✓
Rd	Read detect	1.20	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Rf	Read by AFI	1.30							✓				
Rn	Read detect w/ new round	1.30							✓				
Rt	Read user data (specific tag)	1.20		✓		✓	✓	✓	✓	✓			✓
Ru	Read Unselect (Protocol B)	1.30								✓			
Pt	Performance test	1.36										✓	✓
Te	Tag erase	1.35										✓	✓
Td	Kill Tag	1.36										✓	✓
Tm	Tag mute	1.30							✓				
Tr	Tag reset	1.30							✓	✓		✓	✓
Ts	Tag select	1.30							✓				
Tw	Tag wakeup	1.30							✓				
Wa	Write user data (to any tag)	1.20		✓	✓	✓	✓	✓	1			✓	✓
Wd	Write DSFID	1.30							✓				
Wf	Write AFI	1.30							✓				
Wt	Write user data (specific tag)	1.20		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓
Yl	Get lock block status	1.30							✓	✓			✓
Ys	Get system information	1.30							✓				✓

- 1 - Command works only after tag has been previously selected (Ts).
- 2 - If tag has no user data, the command becomes a Read Detect (Rd).
- 3- Ra fails on a locked EPC1 tag since it is mapped to EPC1 “Verify ID” command.

## A.4 Flow Control Commands

Flow control commands are data link and transport layer commands that acknowledge data flow or request data retransmission. The Flow Control commands are shown in the following table with the software version where the command was first implemented.

Cmd	Description	Rev
A	Acknowledgement (Ack)	1.20
N	Negative Ack	1.20
S	Request resend of last serial msg	1.30

## ***A.5 Parameter Descriptions***

The parameters that may be sent with the CHUMP commands are as follows:

- a:** **<address, offset, or location>**
  - Read or Write fields
  - start address
- b:** **<HEX block data value or string>**
  - R/W fields
  - data (nn HEX data, "abc" ASCII data)
  - Feedback field - text (b:"abc" ASCII data)
- f:**
  - Operation specific low level flags
- d:** **<tag id>**
  - Tag identification number
- l:**
  - Length, weight, amount, time
- t:**
  - Tag type (manufacturer, protocol). For example, ICP is ICode by Philips. See Chapter 3 – Reader Configuration, for more information on Protocol Select Words (PSW).

Additional parameters that may be received with CHUMP replies include the following:

- c:** **<temp>**
  - First character is the sign ( + or - )
  - Second and third are temperature in decimal
  - Temperature given in Celsius
- e:** **<error number>**
  - Error. Can be included in any message reply to indicate problems with the current or a previous message.
- n:** **<Antenna number>**
  - Antenna number in hexadecimal.
- r:** **<Repeat count>**
  - Repeat count in hexadecimal. Typically for Rd reply.

## APÉNDICE A

---

# APÉNDICE B

## APÉNDICE B: Comandos Fingerprint

### B.1 Keyword List

#	BH	ETUPLE	INT	PB	SETASSOC
'	BLINK	EXECUTE	INVIMAGE	PEC2DATA	SETPFSVAR
(	BM	FF	IP	PEC2LAY	SETSTDIO
)	BR	FIELD	KEY	PECTAB	SETUP
*	BREAK	FIELDNO	KEYBMAP\$	PF	SGN
+	BT	FILE&	KILL	PL	SORT
,	BUFFER	FILENAME\$	LAYOUT	PM	SOUND
-	BUSY	FILES	LBLCOND	PORTIN	SPACE\$
/	CHDIR	FIX	LED	PORTOUT	SPLIT
\	CHECKSUM	FLOTALC\$	LEFT\$	PP	STDIO
:	CHR\$	FONT	LEN	PRBAR	STEP
;	CLEANFEED	FONTD	LET	PRBOX	STOP
<	CLEAR	FONTDSIZE	LINE INPUT	PRBUF	STORE
<=	CLIP	FONDSLANT	LIST	PRESCALE	STR\$
<>	CLL	FONTNAME\$	LISTPFSVAR	PRIMAGE	STRING\$
=	CLOSE	FONTS	LOAD	PRINT	SYSTEM
=<	COM ERROR	FONTSIZE	LOC	PRINT USING	SYSVAR
=>	COMBUF\$	FONDSLANT	LOF	PRINTFEED	TESTFEED
>	COMSET	FOR	LSET	PRINTONE	THEN
><	COMSTAT	FOR APPEND AS	LTS&	PRLINE	TICKS
>=	CONT	FOR INPUT AS	MAG	PRPOS	TIMES
?	COPY	FOR OUTPUT AS	MAKEASSOC	PRSTAT	TIMEADD\$
"	COUNT&	FORMAT	MAP	PRTXT	TIMEDIFF
^	CSUM	FORMAT\$	MERGE	PT	TO
:	CURDIR\$	FORMFEED	MID\$	PUT	TRANSFER
;	CUT	FRE	MKDIR	PX	TRANSFER\$
ABS	DATA	FT	MOD	RANDOM	TRANSFERSET
ACTLEN	DATAIN	FUNCTEST	MODE	RANDOMIZE	TROFF
ALIGN	DATE\$	FUNCTEST\$	NAME	READ	TRON
AN	DATEADD\$	GET	NASC	READY	VAL
AND	DATEDIFF	GETASSOC\$	NASCD	REBOOT	VERBOFF
AS	DBBREAK	GETASSOCNAME\$	NEW	REDIRECT OUT	VERBON
ASC	DBEND	GETPFSVAR	NEXT	REM	VERSION\$
BARADJUST	DBSTDIO	GOSUB	NI	REMOVE	WEEKDAY
BARCODENAME\$	DBSTEP	GOTO	NORIMAGE	RENDER	WEEKDAY\$
BARFONT	DELETE	HEAD	NOT	RENUM	WEEKNUMBER
BARFONTD	DELETEPFSVAR	HEX\$	OFF	RESTORE	WEND
BARFONTDSIZE	DEVICES	HOLIDAY\$	OFF LINE	RESUME	WHILE
BARFONTDSLANT	DIM	IF	ON	RESUME HTTP	WRITE
BARFONTSIZE	DIR	II	ON BREAK	RESUME NEXT	XOR
BARFONTSLANT	DIRNAME\$	IMAGE	ON COMSET	RETURN	XORMODE
BARHEIGHT	ELSE	IMAGENAME\$	ON ERROR GOTO	RIBBON	XYZZY
BARMAG	END	IMAGES	ON HTTP GOTO	RIGHT\$	
BARRATIO	EOF	IMMEDIATE	ON KEY	RND	
BARSET	ERL	INKEY\$	ON LINE	RSET	
BARTYPE	ERR	INPUT	ON LINE	RUN	
BEEP	ERR\$	INPUT\$	OPEN	SAVE	
BF	ERROR	INSTR	OPTIMIZE	SET FAULTY DOT	
			OR		

### **B.2 Operators**

There are three main types of operators: arithmetic, relational, and logical:

#### **Arithmetic Operators**

+ Addition (for example  $2+2=4$ )

- Subtraction (for example  $4-1=3$ )

\* Multiplication (for example  $2*3=6$ )

\ Integer division (for example  $6\backslash 2=3$ )

MOD Modulo arithmetic (results in an integer value which is the remainder of an integer division, for example  $5\text{MOD}2=1$ )

^ Exponent (for example  $5^2=25$ )

Parentheses can be used to specify the order of calculation, for example:

$$7+5^2\backslash 8 = 10$$

$$(7+5^2)\backslash 8 = 4$$

#### **Relational Operators**

< less than

<= less than or equal to

<> not equal to

= equal to (also used as an assignment operator)

> greater than

>= greater than or equal to

Relational operators return:

-1 if relation is TRUE

0 if relation is FALSE

The following rules apply:

- Arithmetic operations are evaluated before relational operations.
- Letters are greater than digits.
- Lowercase letters are greater than their uppercase counterparts.
- The ASCII code “values” of letters increase alphabetically and the leading and trailing blanks are significant.
- Strings are compared by their corresponding ASCII code value.

### Logical Operators

AND conjunction  
OR disjunction  
XOR exclusive or

Logical operators combine simple logical expressions to form more complicated logical expressions. The logical operators operate bitwise on the arguments, for example:

$$1 \text{ AND } 2 = 0$$

Logical operators can be used to connect relational operators, for example:

$$A \% 10 \text{ AND } A \% < 100$$

The principles are illustrated by the following tables, where A and B are simple logical expressions.

Logical operator: AND

A	B	A AND B
1	1	1
1	0	0
0	1	0
0	0	0

Logical operator: XOR

A	B	A XOR B
1	1	0
1	0	1
0	1	1
0	0	0

Logical operator: OR

A	B	A OR B
1	1	1
1	0	1
0	1	1
0	0	0

## APÉNDICE B

### B.3 Devices

“Device” is a generic term for communication channels, various parts of the printer’s memory, and operator interfaces such as the printer’s display and keyboard.

Name	No.	Can be OPENed for...	Remarks
<b>Communication</b>			
console:	0	Input/Output	Printer's display and/or keyboard
uart1:	1	Input/Output	Serial communication port
uart2:	2	Input/Output	Serial communication port (option)
uart3:	3	Input/Output	Serial communication port (option)
rs485:	N/A	Input/Output	RS 485 communication
centronics:	4	Input	Parallel communication
net1:	5	Input/Output	EasyLAN communication (option)
usb1:	6	Input/Output	Serial communication port
finisher:	N/A	Input/Output	Printer's finisher interface
<b>Memory</b>			
/rom	N/A	Input (files only)	Printer's firmware (Kernel) plus read-only memory card. Alternative name "rom:".
/c	N/A	Input/Output/Random	Alternative names "c:" or "ram:"
tmp:	N/A	Input/Output/Append/Random (files only)	Printer's temporary memory
card1:	N/A	Input/Output/Append/Random (files only)	CompactFlash memory card
<b>Special</b>			
lock:	N/A	Input	Electronic key
storage:	N/A	Input/Output/Random	Electronic key
wand:	N/A	Input	Data from Code 128 bar code via printer's bar code wand interface

The devices can be listed using a DEVICES statement. Devices are referred to by name in connection with instructions concerning directories (for example SAVE, KILL, FORMAT) and with OPEN statements.

**Note:** The names of all devices should be lowercase characters only and be enclosed by quotation marks, for example "/c". Communication devices must have a trailing colon (:), for example "uart1:" or "centronics:". This is also valid for the "card1:", "finisher:", "lock:", "storage:", and "wand:" devices.

In instructions used in connection with communication (for example BREAK, BUSY/READY, COMSET), the keyboard/display unit and the communication channels are specified by numbers instead of names:

```
0 = "console:" 4 = "centronics:"
1 = "uart1:" 5 = "net1:"
2 = "uart2:" 6 = "usb1:"
3 = "uart3:"
```

## APÉNDICE B

---