

CARACTERIZACIÓN DE TECNOLOGÍAS RF-ID

ANDRÉS RODOLFO TORRES GÓMEZ

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
FACULTA DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INDUSTRIAL
MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES
BOGOTÁ D.C.
AGOSTO DE 2011

CARACTERIZACIÓN DE TECNOLOGÍAS RF-ID

ANDRÉS RODOLFO TORRES GÓMEZ

Trabajo de tesis para optar al título de Magister en Telecomunicaciones

Dirigido por:

Ing. HENRY MORENO MOSQUERA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

FACULTA DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INDUSTRIAL

MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES

BOGOTÁ D.C.

AGOSTO DE 2011

Nota de aceptación

Presidente del jurado

Jurado

Jurado

Bogotá D.C., Agosto de 2011

DEDICATORIA

Con mucho amor para mis hermosos hijos Nicolás, Juan y Jerónimo quienes son el motor de mi vida, quienes con su existencia me impulsan a salir adelante y mejorar cada día más.

A mi incondicional compañera María Elena quién me enseñó que con amor y empeño es posible obtener todos y cada uno de los objetivos que nos proponemos en la vida.

Y por supuesto a Dios quién con su bondad me regaló salud y me permitió vivir cada uno de estos días para cumplir con esta meta y con muchas más.

AGRADECIMIENTOS

A mi familia

Porque gracias a su guía, cariño y apoyo estoy viendo realizado uno de mis grandes sueños el cuál me permitirá seguir avanzando profesional y personalmente para hacer crecer este hermoso grupo familiar lleno de amor y confianza hacia mí por lo cual les estaré eternamente agradecido.

Muchas gracias Pili, Ricardo y especialmente a mis padres Astrid y Ramón.

A mi director de tesis

Ingeniero Henry Moreno Mosquera por sus eternas enseñanzas, confianza y apoyo incondicional durante gran parte de mi formación profesional y mi vida personal.

CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS.....	8
LISTA DE TABLAS	10
GLOSARIO	11
INTRODUCCIÓN.....	13
1. CARACTERÍSTICAS DE RFID.....	14
1.1. IDENTIFICACIÓN AUTOMÁTICA	14
1.2. QUÉ ES RF-ID.....	14
1.3. HISTORIA.....	16
1.4. IDENTIFICACIÓN POR RADIO FRECUENCIA.....	18
1.4.1. ETIQUETA RFID (TAG):	18
1.4.2. ANTENA:.....	26
1.4.3. LECTOR:.....	28
1.4.4. MIDDLEWARE	34
1.4.5. SISTEMA DE GESTIÓN.....	35
1.5. ASPECTOS TÉCNICOS.....	36
1.5.1. FRECUENCIA	36
1.5.2. ALMACENAMIENTO Y LECTURA DE INFORMACIÓN	39
1.5.3. MODULACIÓN	40
1.5.4. SEGURIDAD Y PRIVACIDAD	40
1.6. ESTÁNDARES	43

2.	CASOS DE USO PARA RFID (APLICACIONES)	47
2.1.	SEGURIDAD Y CONTROL DE ACCESO	51
2.2.	TRANSPORTE.....	51
2.3.	RASTREO DE BIENES.....	53
2.4.	OTROS	56
3.	TENDENCIAS EN RFID	59
3.1.	DSRC	62
3.2.	VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE RFID	65
4.	HERRAMIENTAS PARA LA ELECCIÓN DE RFID.....	68
4.1.	GUÍAS ESCRITAS	68
4.2.	APLICATIVO WEB.....	71
4.3.	APLICATIVO CARACTERIZACIÓN RFID.....	71
	CONCLUSIONES	77
	BIBLIOGRAFÍA.....	78
	INTERNET	¡Error! Marcador no definido.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Sistema RF-ID básico.....	15
Figura 2. Componentes de un sistema RFID.....	18
Figura 3. Tipos de etiquetas	21
Figura 4. Etiquetas RFID pasivas	21
Figura 5. Patrón antena RFID.....	27
Figura 6. Factor Q.....	27
Figura 7. Esquema general de un lector RFID.....	30
Figura 8. Lectores RFID.....	30
Figura 9. Lectores RFID fijos	31
Figura 10. Lectores RFID Móviles	32
Figura 11. Lectores S6410 (Izquierda) y S6420 (Derecha).....	32
Figura 12. Lectores de puerta Texas Instruments	33
Figura 13. Muestra de patrón de interrogación	33
Figura 14. Frecuencias utilizadas en RFID	36
Figura 15. Estructura interna de EPC	45
Figura 16. RFID Digital Door Lock	48
Figura 17. Puntos de control automático	52
Figura 18. Modelo de aplicación en el área de transporte en Colombia	52
Figura 19. Sistema de rastreo de bienes	53
Figura 20. Visión de RFID en una cadena de distribución.....	53
Figura 21. Lectura de productos comprados en supermercados.....	55
Figura 22. Proceso de identificación de EPC.....	55

Figura 23. Frecuencia y potencia de canales DSRC	64
Figura 24. Imagen aplicativo web	71
Figura 25. Ventana principal	71
Figura 26. Ventana Por aplicación	72
Figura 27. Por aplicación - Seguridad y control de acceso	72
Figura 28. Configuración - Seguridad y control de acceso	73
Figura 29. Por aplicación - Transporte.....	73
Figura 30. Por aplicación - Rastreo de bienes	74
Figura 31. Por aplicación – Otros	74
Figura 32. Características según frecuencia.....	75
Figura 33. Selección específica de frecuencia – LF	75
Figura 34. Selección específica de frecuencia - UHF	76
Figura 35. Créditos del aplicativo.....	76

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Características principales de los tags.....	20
Tabla 2. Principales características de los modos de propagación	23
Tabla 3. Protocolos EPCGlobal para RFID.....	23
Tabla 4. Diversas etiquetas RFID	26
Tabla 5. Características Transceiver RFID	29
Tabla 6. Comparación de parámetros según frecuencias	38
Tabla 7. Resumen de datos típicos según frecuencia	38
Tabla 8. Características de los Tags según capacidad de almacenamiento	39
Tabla 9. Algunas aplicaciones de RFID	50
Tabla 10. Casos exitosos de uso.....	57
Tabla 11. Metodología de implementación de una solución RFID.....	58

GLOSARIO

ANTICOLISIÓN: Métodos para prevenir que dos comunicaciones RFID se interfieran entre sí en sistemas de más de un tag.

AUTENTICACIÓN: Verificación de la identidad de la persona, objeto o proceso con el fin de impedir accesos no permitidos.

AUTO-ID CENTER: Equipo de investigación del MIT (Massachussets Institute of Technology) dedicado al estudio y estandarización de RFID.

BIT ERROR RATE (BER): Tasa de error obtenida al relacionar la proporción de bits erróneos recibidos con el número total de bits transmitidos.

CAPACIDAD: número de bits que pueden ser programados en una etiqueta RFID.

CÓDIGO DE BARRAS: Código basado en un conjunto de líneas paralelas verticales de distinto grosor y espaciado que entre sí representan una determinada información.

CYCLIC REDUNDANCY CHECK (CRC): Algoritmo para la detección de errores.

EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory): Tipo de memoria más utilizada en los sistemas que cuentan con acoplamiento inductivo.

ENCODER: Módulo lector de RFID desarrollados para utilización en impresoras y etiquetadoras para el transporte de materiales con el fin de transmitir y grabar datos en un tag RFID.

ENCRIPTACIÓN: Método para enmascarar la información con el propósito de protegerla de lecturas no autorizadas la cual sólo es posible leerla si se conoce el método.

EPC (Electronic Product Code): Código Electrónico de Producto por sus siglas en inglés.

EPCGLOBAL: Organización responsable de la creación de normas y estándares para la tecnología RFID y de la promoción y desarrollo de soluciones para ella.

FRAM (Ferromagnetic Random Acces Memory): Es el tipo de memoria utilizada en los sistemas de RFID más complejos gracias a su mejor tiempo de escritura y mejor consumo que la memoria EEPROM.

INTERFACE RF: Protocolo de comunicación entre el tag y el lector RFID.

INTERFERENCIA ELECTROMAGNÉTICA: Señal producida por una fuente electromagnética externa la cual altera, modifica o destruye una señal en la misma frecuencia usada durante la comunicación entre un transmisor y un receptor RFID.

ISO (International Organization for Standardization): Entidad mundial de estandarización.

ISO 18000: Estándares internacionales que definen el protocolo de interfaz aérea usado en RFID con el fin de etiquetar productos dentro de la cadena de suministro.

MIDDLEWARE: Software aplicativo con funcionalidades diversas según la necesidad, el cuál actúa como filtro de datos adecuándolos a la estructura del sistema central con el fin de garantizar la confiabilidad de los registros.

MULTIMODO: Elementos RFID que pueden ser usados para trabajar con diferentes estándares.

READER (LECTOR): Dispositivo para extraer la información de la etiqueta RFID.

RFID (Radio Frequency IDentification): Sistema de identificación automática comprendida por uno o más lectores y uno o más etiquetas que realizan la comunicación a determinada frecuencia.

TAG: Término similar a transponder o etiqueta en donde se almacena la información del usuario o producto.

TRANSPONDER (TRANSmitter-resPONDER): Elemento RFID que interactúa con el lector compartiendo la información allí almacenada aprovechando la energía del propio lector o con ayuda de una alimentación externa.

TRAZABILIDAD: Concepto de seguimiento sobre un producto, durante toda la cadena de valor desde su fabricación hasta su venta.

INTRODUCCIÓN

La identificación por radiofrecuencia RF-ID (Por sus siglas en inglés: Radiofrequency Identification) es una tecnología que ha venido evolucionando a pasos gigantescos en la última década gracias a la posibilidad que ofrece el reconocimiento de información a distancia sin necesidad de un contacto directo sobre el elemento a reconocer; de igual manera, se posibilita la lectura y/o escritura múltiple de información en el mismo instante; es así como se posibilita el desarrollo y mejoramiento de aplicaciones como el control de acceso, localización y seguimiento de personas, animales y/o bienes, o el control de inventario entre otras.

Por ser una tecnología relativamente nueva, aún posee diversos inconvenientes como el uso de un estándar global, o el manejo de la privacidad y seguridad de la información, sin embargo, las múltiples ventajas ofrecidas, han motivado a variadas compañías a la investigación y desarrollo de ésta tecnología, augurándole así un futuro prometedor en diversos campos de aplicación.

En el presente documento se busca esbozar aspectos generales de esta tecnología con el fin de caracterizar sus componentes principales generando al finalizar una aplicación que presente una sugerencia para la toma de decisiones en la implementación de la tecnología más adecuada según las características propias de la aplicación que se desea diseñar.

El documento está estructurado en 4 capítulos de la siguiente manera:

- Primer capítulo: Se inicia con una descripción de la tecnología, su historia, sus antecedentes, sus principales elementos y sus características técnicas buscando establecer condiciones propias de cada uno de los factores inmersos en RFID.
- Segundo capítulo: Se tratan de manera general los posibles casos en los que se usa la tecnología RFID clasificándolos en cuatro grandes campos con el fin de establecer características generales para cada uno de ellos.
- Tercer capítulo: Se analizan las tendencias existentes para RFID y se establece un análisis de ventajas y desventajas buscando un punto de comparación que permita facilitar la toma de decisiones para el uso de esta tecnología.
- Cuarto capítulo: Se comentan algunas herramientas usadas en la elección de RFID y se presenta un aplicativo de autoría propia diseñado para que sirva de guía en la elección de tags y lectores RFID para el diseño del sistema.

1. CARACTERÍSTICAS DE RFID

1.1. IDENTIFICACIÓN AUTOMÁTICA

En la actualidad los procedimientos de identificación automática se han hecho muy populares en el sector industrial debido a la necesidad de obtener información ágil acerca de personas, animales, bienes, productos, etc.

Diversos métodos como el código de barras han sido utilizados para este fin revolucionando el campo pero quedando obsoletos en muchos casos debido a las necesidades específicas de la aplicación. En el caso de los códigos de barras, éstos pueden ser económicos pero su capacidad de almacenamiento es baja, requieren de línea visual directa para ser leídos y no son reprogramables; en el caso de bandas magnéticas (tarjetas plásticas) se presentan dificultades como el averío de dicha banda (rayones) y de nuevo el inconveniente del contacto directo con el lector.

Con el fin de subsanar estos inconvenientes se ha presentado como opción emergente, la lectura de información mediante la transferencia de datos sin contacto físico eliminando la línea visual o el contacto directo requerido anteriormente. Esta tecnología, debido a los procedimientos usados para el proceso de lectura de datos, es denominado sistemas RF-ID.

1.2. QUÉ ES RF-ID

La identificación por radiofrecuencia (Radiofrequency Identification RF-ID) es una tecnología emergente de almacenamiento y recuperación de datos de manera remota la cual permite la captura e identificación de cierta información, ya sea de personas u objetos, contenida en etiquetas las cuales son analizadas al entrar en el área de cobertura del lector sin necesidad de contacto directo mediante una transmisión de radiofrecuencia normalmente a 125kHz, 13.56 MHz, 433-860-960 MHz y 2,45 GHz [1].

Surge como sustituto natural del popular código de barras aunque gracias a sus capacidades de seguimiento en tiempo real sin necesidad de contacto directo, trasciende más allá y se convierte en un candidato idóneo en otras áreas de aplicación. Su principal diferencia radica en el hecho de que en el código de barras la información

es transmitida mediante señales ópticas mientras que en RFID se utiliza la radiofrecuencia como medio de comunicación. Un sistema RFID está compuesto por un tag, un interrogador (el lector) y un sistema principal el cual gestiona el flujo de información, enviando y recibiendo los datos del lector y del tag [2].

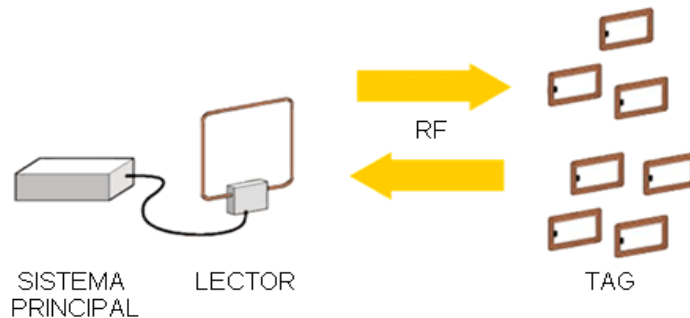


Figura 1. Sistema RF-ID básico¹

En la figura 1 se observan dos tipos de comunicación: La primera entre el sistema principal y el lector el cual se realiza a través de un enlace de comunicaciones estándar alámbrico o inalámbrico local o remoto (RS232, USB, Ethernet, WLAN, GPRS, etc.); la segunda entre el lector y las etiquetas en donde el flujo de datos tiene lugar a través de un interfaz aéreo mediante un vínculo de radiofrecuencia (RF) con sus propias características de frecuencia y protocolos de comunicación.

A pesar de que un sistema RFID se caracteriza por los aspectos tecnológicos de sus componentes los cuales varían según la necesidad específica, el principio de funcionamiento es básicamente el mismo [3]:

- Los elementos a identificar, controlar o seguir (objetos, animales o personas) son equipados con etiquetas RFID.
- La antena del lector emite un campo de radiofrecuencia que activa la(s) etiqueta(s) requerida(s).
- La(s) etiqueta(s) recibe(n) la señal de excitación transmitiendo la información almacenada en su interior hacia el lector.
- El lector recibe los datos transmitidos los cuales son enviados al sistema principal donde son procesados según la aplicación específica.

¹ Fuente: Adaptado de [2]

1.3. HISTORIA

Es complicado establecer un punto de inicio específico para esta tecnología aunque se conoce a ciencia cierta que está relacionada con el desarrollo de otras tecnologías de comunicación y la evolución de algunas áreas específicas como la electrónica de radiofrecuencia, las tecnologías de la información y la comunicación y las tecnologías de materiales.

Los orígenes del RFID pueden ser asociados a los años cuarenta, específicamente en la II guerra mundial, en donde los militares estadounidenses utilizaban el radar para la detección a kilómetros de distancia de los aviones aunque en principio no podían identificar si eran aviones amigos o enemigos [4]. Más adelante, se dieron cuenta que con la inclinación del avión por parte del piloto, la señal reflejada era diferente; de esta manera, identificaban los aviones aliados lo cual se convirtió en el primer referente de RFID. Una vez finalizada la guerra, se continuaron las investigaciones sobre el tema dando como resultado, en octubre de 1948, la publicación de un artículo titulado "Communications by Means of Reflected Power" realizado por el doctor Harry Stockman y el cual se considera como la primera investigación sobre RFID.

En las décadas de los 50 y 60, se dio un nuevo impulso al sistema de radar y comunicaciones con el fin de identificar cada vez más sencillamente objetos remotamente. En este punto, los supermercados y almacenes implementaban la tecnología con el fin de prevenir el robo de artículos, usando una etiqueta en la que un único bit determinaba si el elemento era pagado o no, detectando éste estado a la salida del sitio. De igual manera, se direccionaba esta tecnología a la creación de sistemas para las minas de carbón, instalaciones nucleares, explotaciones de petróleo, sistemas antirrobo y/o controles de acceso. Durante estas décadas se publicaron dos artículos importantes: "Applications of Microwave Homodyne", de F. L. Vernon, y "Radio Transmission Systems with Modulatable Passive Responders", de D. B. Harris.

En los 60's se trabajó arduamente en el desarrollo de la teoría electromagnética donde comienzan a aparecer las primeras pruebas de campo como la activación de dispositivos remotos, las comunicaciones por radar o los sistemas de identificación pregunta respuesta; esto genera la creación de compañías dedicadas a la comercialización de RFID como Sensormatic² y Checkpoint³ quienes en conjunto desarrollaron un sistema de vigilancia anti-intrusión denominado EAS por sus siglas en inglés (Electronic Article Surveillance), éste fue el primer desarrollo de RFID y pilar fundamental del vertiginoso desarrollo de esta tecnología.

² www.sensormatic.com. Consultado Agosto de 2010

³ www.checkpoint.com. Consultado Agosto de 2010

En los 70, esta tecnología fue utilizada por las centrales nucleares con el fin de permitir el acceso de los camiones que tuvieran acoplado el sistema y fueran autorizados para este fin. De igual manera se usó la tecnología RFID en el control de ganado mediante la inserción bajo la piel de un dispositivo con el fin de identificar los que fueron vacunados de los que no. En esta década desarrolladores, inventores, fabricantes, centros de investigación, empresas, instituciones académicas y administración influyeron de manera notable en la evolución de RFID aportando importantes avances.

La primera patente data de 1973 en Estados Unidos donde Mario Cardullo presenta una etiqueta RFID la cual contenía una memoria reescribible que fue usada para identificación de locomotoras [3]. Más adelante se presenta la patente de un sistema pasivo de apertura de puertas en el cual, mediante una tarjeta la cual debe ser previamente validada, se desbloquea la cerradura permitiendo el acceso del usuario. Así mismo empresas como Raytheon⁴, RCA⁵ y Fairchild⁶ iniciaron el desarrollo de tecnologías de identificación electrónica lo que permitió contar en 1978 con el primer transpondedor pasivo de microondas. A finales de esta década se contaba con un amplio desarrollo en las áreas de electrónica y electromagnetismo para RFID y la investigación en otros componentes necesarios.

Es los 80s aparecen nuevas aplicaciones orientadas al transporte, al acceso de personal, a la identificación de animales y más adelante los primeros peajes electrónicos así como implementaciones en aduanas de algunos países como Noruega. Fue una época de una gran implementación de RFID con sistemas propietarios donde no existía interoperabilidad. Más adelante, en la década de los 90, se empiezan a desarrollar los primeros estándares profundizando en el campo del transporte (peajes electrónicos y gestión de autopistas) creando así en 1999 el Auto-ID Center con sede en el MIT.

RFID ha existido por más de cuarenta años siendo usada en diversas aplicaciones. En la última década, la tecnología ha sido parte del desarrollo investigativo debido a varios factores como seguridad, y reducción de costos en la cadena de valor por la automatización de procesos.

Con el paso del tiempo, las aplicaciones han sido mejoradas en cuanto a emisión y/o recepción (según la necesidad) llegando a ser usadas en innumerables aplicaciones tanto domésticas como comerciales y de seguridad tal como es el caso del pasaporte actual de los Estados Unidos los cuales llevan involucrada esta tecnología [4].

⁴ <http://www.raytheon.com>. Consultado Agosto de 2010

⁵ <http://home.rca.com/EN-US/Rcahome.html>. Consultado Agosto de 2010

⁶ <http://www.fairchildsemi.com>. Consultado Agosto de 2010

La introducción de NFC (Near Field Communication) en 2002 mejora la tecnología RFID ya que incluye en un solo dispositivo, transmisor y receptor aportando movilidad y funcionalidad para varias aplicaciones.

En 2003 Walmart y el Departamento de Defensa Estadounidense se involucran en el desarrollo de RFID, el centro Auto-ID se convierte en EPCglobal donde se perfeccionan algunos de los estándares utilizados, Texas Instruments desarrolla aplicaciones para el control de encendido del motor de un automóvil.

Otro aporte al desarrollo de RFID se da en 2005 con la entrada al mercado del proyecto de correos Q-RFID en España con el cual se busca incorporar la tecnología con el fin de permitir la trazabilidad de la correspondencia a lo largo de su trayecto dentro del proceso postal.

1.4. IDENTIFICACIÓN POR RADIO FRECUENCIA

La tecnología de RFID hace uso de las ondas de radio para la identificación de objetos de manera remota.



Figura 2. Componentes de un sistema RFID⁷

En la figura 2 se observa un sistema RFID típico el cual consta de:

1.4.1. ETIQUETA RFID (TAG):

Un tag es un dispositivo de control, supervisión y/o comunicación inalámbrica que se inserta o se adhiere a un objeto, animal o persona el cual recibe y responde a una señal determinada [6]. Dentro de él se encuentra un elemento denominado transpondedor

⁷ Fuente: Copiado de [5]

donde se almacena la información de la persona, animal, producto o elemento y el cual consiste de un elemento de acople (antena) hecho de un material conductor como el cobre, la plata o el aluminio encargado de habilitar la comunicación por radiofrecuencia y un microchip en el cual se almacenan los datos [7]. La antena puede ser de dos tipos: Un elemento inductivo (Bobina) o un dipolo. El microchip tiene una circuitería análoga para transferir los datos y controlar la alimentación, una circuitería digital con lógica de control, de seguridad y de microprocesamiento, y una memoria de almacenamiento con una memoria de solo lectura (ROM) para almacenar datos de seguridad y de funcionamiento del sistema, una de acceso aleatorio (RAM) para el almacenamiento temporal de datos durante la transmisión, y una memoria de programación no volátil (EEPROM o FRAM) con el fin de asegurar que la información permanezca almacenada así el dispositivo esté inactivo.

El tag es un elemento que al ser excitado por una señal de lectura determinada se activa habilitando la transmisión de la información. Por lo general la potencia requerida para activar el tag es suministrada por el lector quien también entrega las señales de control y sincronismo necesarias. Adicionalmente, un tag puede contener una batería para alimentar las transmisiones así como circuitería extra con funciones adicionales de entrada salida.

Los tags pueden ser clasificados así [6]:

- Según capacidad de programación:
 - De lectura: Las etiquetas se programan durante la fabricación y no pueden ser reprogramadas. Son dispositivos de baja capacidad que portan un número de identificación o clave para ingresar a un sistema de gestión de datos donde existe información adicional del elemento a identificar.
 - De una escritura y múltiples lecturas: La etiqueta permite una única reprogramación la cual puede ser realizada por el usuario.
 - De lectura / escritura: Permiten múltiples reprogramaciones inclusive por el usuario siempre y cuando estén dentro del área de cobertura del lector.

El órgano de estandarización EPC Global organiza las etiquetas en 6 clases así:

- Clase 0: Sólo lectura (El número EPC se codifica dentro de la etiqueta y durante el proceso de fabricación).

- Clase 1: Una escritura y varias lecturas (El número se asigna luego de la fabricación).
- Clase 2: Lectura y escritura.
- Clase 3: Igual que la clase 2 más fuente de alimentación lo cual permite aumentar el alcance de la etiqueta.
- Clase 4: Clase 3 más comunicación activa incluso con otras etiquetas.
- Clase 5: Con las mismas cualidades de la clase 4 posibilitando la comunicación con etiquetas pasivas.

CLASE	CARACTERÍSTICAS	USOS TÍPICOS
Clase I (Pasiva)	<ul style="list-style-type: none"> - Número de identificación única - Función de deshabilitado de la tarjeta - Memoria programable sólo una vez 	<ul style="list-style-type: none"> - Partes e inventarios - Licencia de conducción (USA) - Control de acceso
Clase II (Pasiva)	<ul style="list-style-type: none"> - Número ID extendido - Memoria reescribible - Acceso por contraseña 	<ul style="list-style-type: none"> - Pasaporte electrónico - Tarjetas de crédito - Identificaciones nacionales
Clase III (Semipasiva)	<ul style="list-style-type: none"> - Uno o más sensores - Fuente de poder 	<ul style="list-style-type: none"> - Sensores en contenedores y bodegas
Clase IV (Activa)	<ul style="list-style-type: none"> - Batería - Excitación con un lector u otra tarjeta 	<ul style="list-style-type: none"> - Llave de vehículos - Control de animales

Tabla 1. Características principales de los tags⁸

- Según el modo de alimentación: A pesar de que los niveles de alimentación necesarios para el correcto funcionamiento del tag son muy pequeños (de micro a miliwatios), se hace necesario alimentarlos de alguna manera. Las etiquetas pueden ser de tres tipos dependiendo de la energía que usen en el momento de la respuesta siendo pasivas si no poseen fuente de alimentación ninguna, semipasivas si tienen una pequeña batería asociada a ellas, o activas si tienen una fuente de alimentación propia [8].

⁸ Fuente: Adaptado de [7]

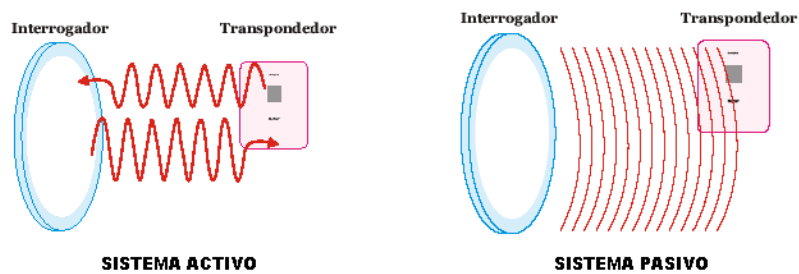


Figura 3. Tipos de etiquetas⁹

- Etiquetas RFID pasivas: No llevan fuente de alimentación incorporada por lo cual utilizan la energía inducida por la radiofrecuencia al momento de escanear la información lo cual exige mayor energía en la señal de lectura. Esta característica presenta el inconveniente del corto tiempo de vida de la señal y la poca distancia a la que puede ser usada, la gran afectación en medios con interferencias electromagnéticas y su sensibilidad y orientación dependen de la potencia generada en el lector.; sin embargo, posee la ventaja de ser más ligeros, flexibles, físicamente más pequeña llegando a tamaños de decimas de milímetros con precios relativamente bajos. Operan en frecuencias entre los 124 y 135 kHz aunque algunas otras lo hacen a 2,45 GHz.

La señal de lectura recibida induce una pequeña corriente que permite el funcionamiento del circuito integrado CMOS al interior del tag generando y transmitiendo la respuesta solicitada. Este chip puede transmitir un identificador único de 128 bits fijo y establecido en el momento de la fabricación. Según la frecuencia de funcionamiento, diseño y tamaño de la antena, se obtienen distancias entre los 10 cm (ISO 14443) y unos pocos metros (EPC e ISO 18000-6) [9].

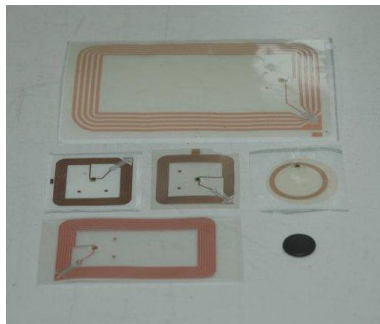


Figura 4. Etiquetas RFID pasivas¹⁰

⁹ Fuente: Copiado de [8]

- Etiquetas RFID semipasivas: Su funcionamiento es similar a la anterior etiqueta con la diferencia de que cuentan con una pequeña batería en su interior lo que les elimina la necesidad de usar la potencia de la señal entrante para emitir la saliente.
 - Etiquetas RFID activas: Además de tomar energía del lector, poseen su propia fuente de alimentación lo cual les posibilita mayores rangos de uso en frecuencia (455 MHz, 2,45 o 5,8 GHz) y en distancia (100 metros). Estas baterías poseen una gran relación potencia/peso con temperaturas de funcionamiento entre -50°C y 70°C. De igual manera su presentación física es mayor a las otras dos. Posee internamente una memoria que le permite contener mayor cantidad de información. Puede ser utilizado como localizador de posición en cuyo caso emite una señal periódica (p.e. cada 3 seg.) hasta que el lector la localice. Tiene aplicaciones específicas como detección de choque y volteo de un vehículo, inclinación de mercancías, cambios de temperatura, de tiempo, etc. El tiempo de funcionamiento de estos tags oscila alrededor de los 10 años. Típicamente son dispositivos de lectura escritura los cuales permiten un radio de cobertura mayor, mejor inmunidad al ruido y frecuencias de trabajo mayor, ventajas que se traducen en mayores costos.
- Según radio de frecuencia:
 - Baja frecuencia: Rangos inferiores a 135 kHz
 - Alta frecuencia: Frecuencia de funcionamiento de 13,56 MHz
 - Ultra alta frecuencia: Frecuencias en las bandas de 433, 860 y 928 MHz
 - Frecuencias de microondas: Frecuencias en las bandas de 2,45 y 5,8 Ghz
 - Según protocolo de comunicación:
 - Dúplex: Se transmite la información al recibir la señal del lector y mientras dura ésta. Puede ser en turnos alternativos (Half dúplex) o simultáneamente (a distintas frecuencias Full dúplex).
 - Secuencial: El campo del lector se inhabilita en intervalos regulares con el fin de enviar la información. Se utiliza en etiquetas activas.

¹⁰ Fuente: Copiado de [9]

- Según principio de propagación:
 - Acoplamiento inductivo: Se usa el campo magnético creado por la antena del lector para alimentar la etiqueta. Se usa en bajas frecuencias.
 - Ondas electromagnéticas: La propagación de la onda electromagnética alimenta la etiqueta. Se usa en altas frecuencias.

En la siguiente tabla se pueden observar características específicas de cada uno de los modos de propagación [6]:

ACOPLAMIENTO INDUCTIVO	ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS
– Baja cobertura.	– Amplia cobertura
– Es necesario tener en cuenta la orientación de la antena	– La orientación de la antena es indiferente
– Trabaja a bajas frecuencias	– Trabaja a altas frecuencias
– Utiliza etiquetas pasivas	– Utiliza etiquetas activas
– Sensible a interferencias electromagnéticas	– Necesita regulación

Tabla 2. Principales características de los modos de propagación¹¹

EPCGlobal, organización de empresas dedicada a la estandarización de características para productos electrónicos (EPC – Electronic Product Code), tiene a su cargo la normalización de la información contenida en los tag [10]. En la tabla siguiente se observa un resumen de los diferentes protocolos junto con el tipo de etiqueta y el rango de frecuencias asociadas [6]:


PROTOCOLO	FRECUENCIA	TIPO DE ETIQUETA
Clase 0	UHF	Sólo lectura
Clase 0 Plus	UHF	Lectura - Escritura
Clase 1	HF / UHF	Una escritura - Múltiples lecturas
Clase 1 Gen2	UHF	Una escritura - Múltiples lecturas
Clase 2	UHF	Lectura y Escritura
Clase 3	UHF	Clase 2 más baterías y sensores
Clase 4	UHF	Etiquetas activas
Clase 5	UHF	Clase 4 + Capacidad de lectura

Tabla 3. Protocolos EPCGlobal para RFID¹²

¹¹ Fuente: Adaptado de [6]

Tomando en cuenta el aspecto físico de los tag, éstos pueden tener variadas formas y tamaños de acuerdo a la funcionalidad para la cual sea fabricado; de igual manera, poseen un protector para sus componentes internos. El proceso de fabricación consiste en la colocación de los componentes internos (antena y el microprocesador como mínimo conectados entre sí) en una base (papel o PVC) luego de lo cual se le cubre con un material protector como PVC o resina.

Es posible producir etiquetas del orden de los milímetros hasta unos pocos centímetros, por ejemplo, los tag que se insertan bajo la piel de los animales pueden tener entre 11 y 34 mm mientras que aquellos que se ubican en libros u otros productos de similar tamaño puede tener un diámetro entre 3 y 5 cm. Teniendo en cuenta que las etiquetas pueden ser ubicadas en productos como ampollas, tarjetas, pilas, varillas, relojes, llaves, monedas, cápsulas, botones, discos, etc., se establecen las diversas formas físicas que pueden tener [11]. En la siguiente tabla pueden observarse algunas variedades de etiquetas:

		
P-LABEL TAG (Etiquetas adhesivas de papel)	F-LABEL TAG (Etiquetas adhesivas de papel)	INLET TAG (Etiquetas adhesivas sin sustrato)
		
ISO CARD (Tarjetas identificativas de PVC)	K-TAG (Llavero para identificación en accesos)	ACTIVE TAG CARD (Tarjeta identificativa de muy largo alcance)

¹² Fuente: Adaptado de [6]

		
<p>B-TAG, CD-TAG (Tag adhesivo circular)</p>	<p>D-TAG (Disco para identificación)</p>	<p>TEX TAG (Etiquetas plásticas de alta resistividad para textiles)</p>
		
<p>ACTIVE COMPACT TAG (Tag de largo alcance para objetos)</p>	<p>ACTIVE W-TAG (Pulsera identificativa de muy largo alcance)</p>	<p>PHONE TAG (Tag para teléfonos móviles)</p>
		
<p>THERMRF TAGS (Etiqueta con sensor de temperatura incorporado)</p>	<p>HAM TAG (Tag para piezas de carne y jamón)</p>	<p>MICRO TAG (Tag de vidrio para inserción en personas, animales u objetos)</p>
		
<p>LENS TAG (Tag con forma y tamaño de un lente)</p>	<p>PLASTIC SCREW TAG (Tornillo de plástico)</p>	<p>INMOULD TAG (Tag para inyección en plástico)</p>


<i>lente)</i>		
		
METAL TAG <i>(Tag adhesivo para materiales metálicos)</i>	TIE TAG <i>(Identificador de cables con tag integrado)</i>	W-TAG <i>(Pulsera o brazaletes identificativo para personas)</i>
		
TEXTIL TAG	COMERCIAL TAG	K-TAG <i>(Llavero para identificación en accesos)</i>

Tabla 4. Diversas etiquetas RFID¹³

En cuanto a costos, para una etiqueta influyen parámetros como la cantidad (a mayor cantidad más economía), la complejidad de la lógica del circuito (mayor complejidad mayor precio), forma de la etiqueta, tolerancia a diversas condiciones de trabajo (temperatura, químicos, etc.), frecuencia de trabajo (mayor frecuencia mayor costo), y tipo de etiqueta (las pasivas son más económicas que las activas) [12].

1.4.2. ANTENA:

Son de varios tamaños y/o formas según la distancia de comunicación requerida.

¹³ Fuente: Nexpoint Solutions (<http://www.nextpoints.com/es/productos.html>) - Lowry Computer Products (<http://www.lowrycomputer.com/rfid>)

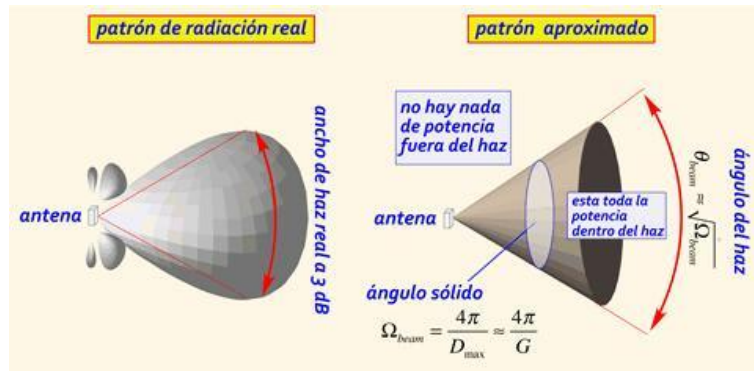


Figura 5. Patrón antena RFID¹⁴

La antena crea un campo de acción a su alrededor denominado haz en el cual se aumenta el radio de acción aumentando la densidad del campo magnético mejorando la lectura del dispositivo. En la figura anterior puede observarse un haz de antena RFID típico en el cual se representa un ángulo de haz en donde puede moverse el tag RFID para que pueda ser leído [13].

Los factores a tenerse en cuenta en el momento de diseñar una antena con acoplamiento inductivo son las siguientes:

- Factor de calidad Q elevado: Se traduce en una mayor transmisión de energía, un factor Q bajo disminuye el rendimiento de la antena dando lugar a una menor distancia de lectura como se puede observar en la figura siguiente:

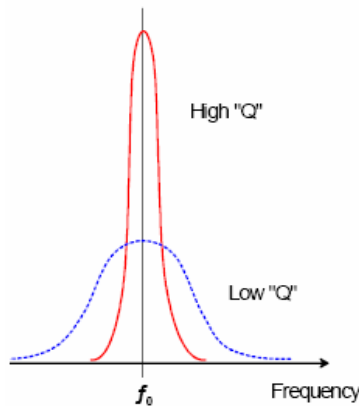


Figura 6. Factor Q¹⁵

¹⁴ Fuente: Copiado de [14]

¹⁵ Fuente: Copiado de [2]

Se calcula con base en la siguiente fórmula:

$$\text{---} \quad [7]$$

Donde Q es el factor de calidad, f la frecuencia de trabajo, L la inductancia de la antena y R es la resistencia del cable.

- Resistencia del cable: Según la ecuación anterior, una R elevada disminuirá el factor de calidad por lo que se hace necesario elegir el conductor adecuado para la frecuencia de trabajo de tal manera que no se afecte de gran manera el desempeño de la antena.
- Sintonización en resonancia: Debido a que la antena del lector hace parte de un circuito resonante en serie, es posible encontrar la frecuencia de resonancia donde la corriente circulante es máxima y dependiente exclusivamente de la componente resistiva. En esta frecuencia de máxima corriente se obtiene máximo campo magnético generado transmitiendo mayor energía a las etiquetas; esta frecuencia debe darse a la frecuencia de trabajo. Se usa la ecuación:

$$\text{---} \quad [15]$$

Cada antena emite un patrón de radiación único el cual debe ser sintonizado de acuerdo a la aplicación específica y según la antena utilizada por lo que se requiere de una prueba de entorno que permita la adecuada selección de la antena según la forma en que se transmite la radio frecuencia [13].

- Polarización lineal: El componente del campo se propaga en un solo plano brindando un patrón de radiación más concentrado lo cual involucra a su vez que los elementos a leer deben ser orientados en la misma dirección para una comunicación más óptima.
- Polarización circular: El componente de campo electrónico de la señal RF gira mientras se propaga alejándose de la antena lo que permite obviar la orientación del elemento pero genera una señal más dispersa que limita el rango de lectura.

Si al realizarse la prueba de entorno el patrón tiene alguna debilidad, es recomendable la utilización de una antena lineal en lugar de una circular.

1.4.3. LECTOR:

Es el encargado de enviar y recibir la información almacenada en el tag convirtiendo en

cadenas de bits las señales que se comparten en el sistema transmitiendo la energía necesaria al tag [13]. Está compuesto por:

- Módulo de radiofrecuencia (transmisor y receptor): Se encuentra sintonizado a cierta frecuencia, genera la señal de radiofrecuencia para activar y dar energía al tag, envía los datos al transpondedor y recibe las señales de respuesta de este.

Es el componente fundamental del lector y los demás componentes deben adaptarse a él. A continuación se muestra una tabla comparativa de transceiver los cuales tienen todos buses de 8 bits [11]:

Dispositivo	Estándar	Frecuencia	Voltaje de Alimentación	Consumo de Corriente (mA)	Potencia de transmisión (mW)	Buses/Puertos de comunicación	Encapsulado
Fabricante: TEXAS INSTRUMENTS							
TRF7960	ISO 14443A ISO 14443B ISO 15693	13,56 MHz	2,7 – 5,5 V	10	200	EPP SPI	32QFN
TRF7961	ISO 18000-3 ISO 15693 ISO 18000-3	13,56 MHz	2,7 – 5,5 V	10	200	EPP SPI	32QFN
Fabricante: NXP SEMICONDUCTORS							
CL RC632	ISO 14443A ISO 14443B ISO 15693 MIFARE I-CODE	13,56 MHz	3,3 – 5,5	200	750	EPP SPI	SO32
SL RC400	ISO 15693 I-CODE	13,56 MHz	3,3 – 5,5	200	750	EPP SPI	SO32

Tabla 5. Características Transceiver RFID¹⁶

- Unidad de control: Codifica y decodifica los datos transmitidos, verifica la integridad de éstos y se comunica con el sistema de información gestionando las comunicaciones respectivas. Esta última función es quizá de las más críticas ya que al usar como medio de transmisión un canal que no requiere contacto físico, pueden presentarse interferencias que introducen errores en la información enviada para lo cual debe recurrirse a procedimientos como comparación de bits de paridad o de redundancia cíclica.
- Antena: Posibilita la comunicación entre el tag y el lector, están disponibles en diferentes tamaños y formas según el tipo de aplicación para la cual sea usada. Pueden ser instaladas en el marco de puertas (para controlar acceso), en una cabina de peaje (para monitorear el tráfico circulante) o, la más común, integrada

¹⁶ Fuente: Copiado de [11]

dentro del lector. Es necesario considerar parámetros como impedancia, máxima potencia permitida, ganancia, orientación con respecto a la etiqueta, y sobre todo, área de cobertura requerida con el fin de que sea lo suficientemente amplio para detectar los tags pero lo suficientemente pequeña para evitar lecturas no válidas que introduzcan errores al sistema.

- Interfaz de comunicación: Se usa para conectar el lector a un sistema de procesamiento de datos mediante un enlace local o remoto como RS232, RS485, Ethernet, WLAN (RF, WiFi, Bluetooth, etc.); algunos poseen un programador el cual añade la opción de escribir información en las etiquetas.

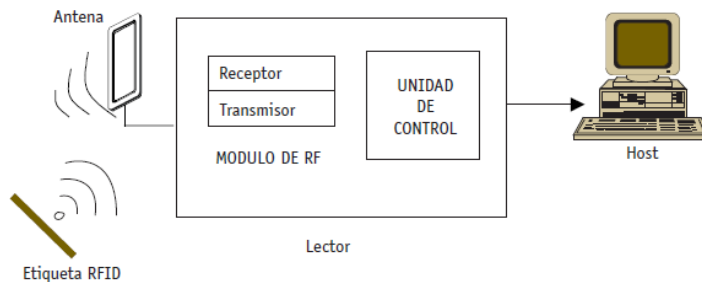


Figura 7. Esquema general de un lector RFID¹⁷

Genera un campo de radiofrecuencia, normalmente conmutando a alta frecuencia una bobina; este campo induce una corriente sobre la bobina del tag quien la rectifica y se alimenta de ella, el tag transmite los datos y el lector los detecta como una perturbación de la señal compartida. Esta señal debe encontrarse a -60dB de la portadora de transmisión para poder ser leída con exactitud.



Figura 8. Lectores RFID¹⁸

¹⁷ Fuente: Copiado de [6]

El lector puede actuar de tres maneras:

- Lectura continua: El lector interroga su zona de cobertura de manera continua en aplicaciones donde los tags van a estar pasando constantemente.
- Lectura periódica: El lector realiza la lectura en intervalos de tiempo específicos.
- Lectura específica: El lector lee en casos puntuales, por ejemplo al detectar la presencia de una etiqueta.

Una vez es detectada la etiqueta el lector puede realizar las operaciones respectivas (lectura y/o escritura) sobre ella luego de lo cual se procede a la lectura de otra; para esto se utilizan algoritmos como el POR (Protocolo orden respuesta) donde el lector cesa la transmisión cuando detecta que esta se ha realizado; otra opción es el sondeo selectivo, mediante el cual se leen únicamente las etiquetas identificadas con una identificación determinada seleccionando la adecuada. Otra opción es el empleo de varios lectores multiplexados dentro de uno solo aunque esta es más costosa.

Los lectores pueden ser clasificados en fijos y móviles. Los fijos son ubicados en un sitio específico como puertas o sitios de paso con el fin de monitorear las etiquetas que circulen por este punto determinado.



Figura 9. Lectores RFID fijos¹⁹

Los móviles suelen ser dispositivos de mano con una pantalla (por lo general LCD), un teclado para ingreso de información y una antena integrada en su interior. El radio de cobertura suele ser menor que los fijos pero aportan gran flexibilidad según la aplicación específica.

¹⁸ Fuente: Copiado de [16]

¹⁹ Fuente: Copiado de [17]



Figura 10. Lectores RFID Móviles²⁰

Los modelos S6410 y S6420 son lectores de vecindad fabricados por Texas Instruments los cuales tienen rangos de lectura de 20 cm y de 13 cm respectivamente, operan bajo el estándar ISO 15693 (tarjetas de vecindad) y compatibles con el ISO 14443A, tienen salidas RS485 y capacidad de lectura escritura.



Figura 11. Lectores S6410 (Izquierda) y S6420 (Derecha)²¹

Hay otros lectores de puerta compatibles con el estándar ISO 15693 ideales para aplicaciones que requieran de flexibilidad en el acceso los cuales usan sistemas anticollisiones para múltiples lecturas en pequeños intervalos y son configurables para distancias entre uno y dos metros.

²⁰ Fuente: Copiado de [18]

²¹ Fuente: Copiado de [19]



Figura 12. Lectores de puerta Texas Instruments²²

Para lograr un óptimo rendimiento del lector es necesario configurar algunas de sus características primordiales como:

- **Potencia de salida:** La figura siguiente muestra un modelo de un patrón para una antena común en el cual se puede observar que al disminuir la potencia el rango del lóbulo principal se reduce evitando la interacción de la antena con sistemas adyacentes sin embargo en otras ocasiones se necesitan altos niveles de potencia lo cual puede generar una interferencia mutua.

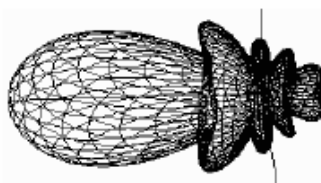


Figura 13. Muestra de patrón de interrogación²³

- **Secuencia de activación de las antenas:** Para evitar la interferencia mutua y la colisión de datos, se realizan arreglos de antenas las cuales deben ser activadas por multiplexación en una secuencia determinada con el fin de comunicar el sistema con las etiquetas RFID; esto hace posible disminuir la potencia del campo en una dirección determinada para adecuarla a la aplicación y al entorno.
- **Modo de adquisición:** En algunos lectores pueden existir dos modos de lectura para las etiquetas: el Global Scroll y el modo de Inventario. El primer caso se usa en aplicaciones donde sólo hay una etiqueta a la vez en el campo de lectura (bandas transportadoras) lo cual permite tasas de lectura muy altas. En el caso de necesitar leer varias etiquetas se utiliza el modo Inventario el cual aísla cada etiqueta en el momento de la lectura.

²² Fuente: Copiado de [20]

²³ Fuente: Copiado de [13]

1.4.4. MIDDLEWARE

Es la plataforma informática existente entre los lectores y el sistema de gestión para administrar y enviar los datos captados por el hardware (Forrester, 2008). Estos componentes se interconectan de diversas formas y según la aplicación desarrollada, algunas de ellas son:

- RS-232: Provee sistemas de comunicación fiables de corto alcance. Tiene limitantes de velocidad (entre 9600 bps y 115.2 kbps), de distancia (máximo 30 metros), no posee control de errores y su comunicación es punto a punto.
- RS-485: Es una mejora sobre RS-232 permitiendo longitudes de hasta 1200 mts. Posee protocolo tipo bus lo cual permite múltiples dispositivos conectados al mismo cable, alcanza velocidades de hasta 2.5 Mbps.
- Ethernet: Permite buenas velocidades en aplicaciones RFID. La estabilidad del protocolo TCP/IP asegura la integridad de los datos y reduce costos de conexión ya que la mayoría de las organizaciones cuentan con redes de este tipo.
- Wireless 802.11: Es la conexión implementada actualmente en la mayoría de los lectores. Reduce costos por la no utilización de cables.
- USB: Debido a la paulatina desaparición del puerto serial, esta conexión se está implementando en los lectores como alternativa de comunicación.

Luego de que la información de la etiqueta es leída se envía a una base de datos intermedia denominada "Middleware", la cual permite desplegar una gran cantidad de información sobre lo que está etiquetado activando mecanismos de integración con los sistemas de información del negocio para realizar labores de control e inventario.

Las funciones principales del middleware son:

- Procesamiento de datos: Se extraen, agrupan y filtran los datos del lector de RFID controlando el flujo de información con el fin de evitar el colapsamiento del sistema.
- Enrutamiento de datos: Encamina los datos extraídos al sistema apropiado dentro de la aplicación

- Gestión de procesos: Disparan procesos según las normas del sistema RFID implementado.
- Gestión de dispositivos: Monitorea, coordina y gestiona los lectores del sistema.

El middleware es ofrecido por empresas como Provia, Sun, RedPrairie, Oracle, SAP, Check Point e Internec entre otras. Debe incluir una combinación balanceada de cinco capas:

- Administración del lector: Debe permitir al usuario la configuración y monitoreo del(de los) lector(es) a través de una interfaz común.
- Administración de los datos: Debe filtrar lecturas equivocadas o redundantes ruteando los datos a su respectivo destino.
- Integración de aplicaciones: Debe facilitar la integridad de los datos RFID con sistemas comunes como SCM (Supply Chain Management), WMS (Warehouse Management System), CRM (Client Relationship Management) y/o ERP (Enterprise Resource Planining) por medio de una arquitectura orientada a servicios.
- Integración con socios de negocios: Debe proveer compatibilidad con protocolos de transporte B2B con el fin de mejorar los procesos colaborativos entre diferentes socios de negocio.
- Administración y estabilidad en la arquitectura: Debe facilitar la seguridad y estabilidad del sistema brindando un procesamiento de datos confiable.

1.4.5. SISTEMA DE GESTIÓN

Las etiquetas RFID son simplemente elementos portadores de información la cual por sí sola no tiene funcionalidad. El sistema de gestión es el encargado de administrar dicha información RFID procesada por los bloques anteriores controlando y transfiriendo los datos a otros módulos complementarios con el fin de solucionar una necesidad específica, esto quiere decir que todas las actividades del sistema son iniciadas y controladas por el sistema de gestión. Éste sistema debe tener la capacidad de gestionar los datos recibidos y las múltiples lecturas realizadas gestionando tiempos y actualizaciones del sistema facilitando la integración con otros sistemas de información.

1.5. ASPECTOS TÉCNICOS

1.5.1. FRECUENCIA

La comunicación entre una etiqueta RFID y un lector ocurre a partir de ondas de radio las cuales pueden ser transmitidas en varias frecuencias que tienen propiedades diferentes dependiendo del medio ambiente. Por tratarse de un sistema de radiofrecuencia, es necesario asegurar que no van a interferir con servicios de radio, televisión y comunicaciones móviles. Por esta razón, la gama de frecuencias a usar está ubicada en el rango de aplicaciones industriales, científicas o médicas clasificadas como ISM (Industrial - Scientific – Medical), las cuales, como su nombre lo indica, fueron reservadas originalmente para uso no comercial con fines industriales, científicos y médicos y posteriormente se empezaron a usar para sistemas de comunicación que no precisaran de licencias para su uso.

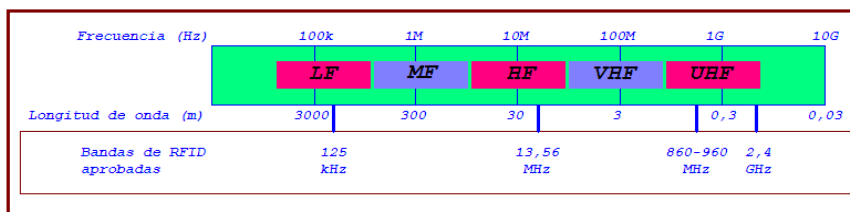


Figura 14. Frecuencias utilizadas en RFID²⁴

En la figura anterior pueden observarse las frecuencias más utilizadas para RFID observando su amplia gama de posibilidades en un rango desde 125 kHz a 2,56 GHz, pasando por 13,56 MHz, 433 MHz y 868 MHz, todas ellas de uso libre. La frecuencia es quizá el factor más relevante al momento de implementar un sistema RFID ya que determina factores como la capacidad de almacenamiento de datos, velocidad y tiempo de lectura de datos y cobertura.

Pueden encontrarse, entonces, las siguientes frecuencias [6]:

- Frecuencia Baja (9 - 135 kHz): su principal ventaja es la aceptación en todo el mundo debido a los pocos requisitos regulatorios. Por lo regular emplean etiquetas pasivas con acoplamientos inductivos lo cual involucra el rápido decrecimiento del campo magnético limitándose así a aplicaciones donde se requiera de una pequeña zona de cobertura, la distancia de lectura es inferior a 1.5 metros por lo que las aplicaciones más habituales son la identificación de animales o en bibliotecas; el control de acceso es la aplicación más difundida en este rango. Estas etiquetas permiten una capacidad de almacenamiento de 64

²⁴ Fuente: Copiado de [21]

bits con tasas de transferencia entre 200 bps y 1 kbps. Son susceptibles a interferencias electromagnéticas industriales de baja frecuencia. Aunque las etiquetas usadas para estos sistemas pueden ser costosas, el sistema en general tiene un costo de implementación más bajo que los de las demás frecuencias.

- Frecuencia Alta (13,56 MHz): esta frecuencia también está muy difundida, pero a diferencia de la frecuencia baja, la alta no funciona cerca de los metales ya que se produce reflexión de la señal; poseen buena penetración en líquidos y materiales no conductores. Utilizan etiquetas pasivas con acoplamiento inductivo, tiene capacidades de almacenamiento que van desde 512 bits hasta 8kbits. Las velocidades de lectura suelen ser de 25 kbps siendo capaces de leer aproximadamente 40 etiquetas por segundo. Poseen un radio de cobertura de alrededor de 1 metro. Tienen mejor inmunidad al ruido que los de baja frecuencia. Los costos de implementación dependen principalmente de la forma de la etiqueta y su aplicación. Los sistemas de alta frecuencia son aptos para aplicaciones que involucren poca capacidad de datos y en pequeñas distancias; normalmente se utiliza en aplicaciones como movimientos de equipajes de avión o acceso a edificios.
- Frecuencia Ultra-alta (433 MHz, 860 MHz, 960 MHz): los equipos que operan a estas frecuencias UHF (Ultra High Frequency) no pueden ser utilizados de forma global porque no existen regulaciones estandarizadas en la potencia permitida para su uso y su aplicación depende de la legalidad del país. Trabajan con etiquetas pasivas y activas con capacidades desde los 32 bits hasta los 4 kbits con una transferencia de datos de alrededor de 28 kbps permitiendo leer aproximadamente 100 etiquetas por segundo. Alcanzan una cobertura de 3 o 4 metros con etiquetas pasivas y de cerca de 10 metros con activas. Penetra en materiales conductores y no conductores aunque en líquidos presenta dificultades. Es inmune a los ruidos por bajas frecuencias pero debe considerarse la influencia de otros sistemas UHF en funcionamiento cerca de él. Los costos de implementación no son tan elevados con respecto a sus funcionalidades. Este tipo de frecuencia se usa para aplicaciones de logística de cadenas de suministros o trazabilidad y seguimiento de bienes con tags activos.
- Frecuencia de Microondas (2,45 GHz y 5,8 GHz): son las más habituales para tags activos, ofrece largas distancias de lectura (cerca de 20 metros) y altas velocidades de transmisión (alrededor de 100 kbps). Posee buena penetración en materiales no conductores pero puede ser reflejado por metales y otras superficies conductoras. Los costos dependen de la forma y el modo de alimentación (típicamente activo). Esta frecuencia es apta para aplicaciones que requieran grandes coberturas por lo que son muy usados para seguimiento y trazabilidad de personas u objetos, peajes de carreteras y automatizaciones.

En la tabla siguiente se tiene un resumen sobre la comparación de parámetros de un sistema RFID según la frecuencia utilizada; allí se observa que el nivel de degradación de la señal (afectación en presencia de materiales líquidos o metálicos) varía de acuerdo con la frecuencia utilizada:

Parámetros	Baja frecuencia (<135 kHz)	Alta frecuencia (13.56 MHz)	Ultra alta frec. (433, 860, 928 MHz)	Microondas (2.45, 5.8 GHz)
Cobertura	Menor			Mayor
Tamaño de la etiqueta	Mayor			Menor
Velocidad de lectura de datos	Menor			Mayor
Lectura en presencia de líquidos o metales	Mejor			Peor
Lectura en presencia de interferencias EM	Peor			Mejor

Tabla 6. Comparación de parámetros según frecuencias²⁵

Unos datos típicos para cualquier sistema RFID según su frecuencia de trabajo pueden observarse en la tabla siguiente:

FRECUENCIA	LF 125 kHz	HF 13,56 MHz	UHF 860-960 MHz	Microondas 2,45 MHz
Alcance de Lectura	< 0,5 m	< 1 m	< 3 m	< 1 m
Características Generales	Caro, con baja degradación pero lento	Precio medio, degradación y velocidad aceptables	Económicos en gran escala, buena relación entre degradación y velocidad	Económicos a grandes escalas, alta degradación y velocidad
Características del Tag	Gran tamaño, pasivos con acoplamiento inductivo	Tamaño medio, pasivos con acoplamiento inductivo o capacitivo	Tamaño pequeño, activos o pasivos con acoplamiento capacitivo	Tamaño muy pequeño, activos o pasivos con acoplamiento capacitivo
Aplicaciones Típicas	Control de acceso, Trazabilidad de animales	Trazabilidad, Bibliotecas	Manejo de equipajes, Trazabilidad	Logística, Peajes

Tabla 7. Resumen de datos típicos según frecuencia²⁶

²⁵ Fuente: Adaptado de [6]

Los sistemas de 125 kHz poseen un precio razonable pero es limitado funcionalmente; las soluciones de 13.56 MHz ofrecen excelentes funciones a precios razonables de tal manera que estas son las más apetecidas por empresas de seguridad, comerciales y de construcción.

1.5.2. ALMACENAMIENTO Y LECTURA DE INFORMACIÓN

El proceso de almacenamiento de la información en una etiqueta es conocido como Codificación de Fuente, con esto se busca organizar los datos en un orden específico con bits de identificación para los datos y/o para detección de errores (paridad, redundancia cíclica, etc.). Por lo general se transporta un identificador que representa una identidad del respectivo elemento a procesar, o una clave de acceso para ingresar a una información almacenada en algún sistema de gestión de datos, y un fichero de datos (PDF – Portable Data Files) el cual permite almacenar la información organizada o algún tipo de enlace a información adicional [16].

En cuanto a capacidades de almacenamiento, se pueden encontrar tags que almacenan desde 1 bit (para aplicaciones binarias 1 o 0 como aplicaciones de vigilancia electrónica o de conteo, cuando el tag pasa por el campo de acción del lector se dispara la alarma) hasta millones de bits.

<i>Un único bit</i>	<ul style="list-style-type: none"> – Poseen dos estados (1 o 0, Verdadero o Falso, Activado o Desactivado) – No necesitan microprocesador – Más económicos
<i>Hasta 128 bits</i>	<ul style="list-style-type: none"> – Transportan números de identificación – Poseen bits de paridad – Programables por el usuario
<i>Hasta 512 bits</i>	<ul style="list-style-type: none"> – Programables por el usuario – Contiene números de identificación, paquetes de datos, instrucciones de procesos a realizar o resultados de anteriores procesos lectura escritura
<i>Hasta 64 Kb</i>	<ul style="list-style-type: none"> – Portadoras de ficheros de datos

Tabla 8. Características de los Tags según capacidad de almacenamiento²⁷

²⁶ Fuente: Copiado de [11]

²⁷ Fuente: Adaptado de [6]

Al leer la información almacenada en un tag, la velocidad depende primordialmente de la frecuencia de la portadora, es decir, a medida que aumenta la frecuencia, aumenta la velocidad de transmisión de la información. La lectura de los datos depende también de factores como la cantidad de información almacenada en la etiqueta y la velocidad con la que pasa ésta por la zona de lectura ya que es posible que el tiempo que dure el tag en dicho campo de acción sea menor que el tiempo necesario para que el lector haga una correcta identificación de la información. De igual manera la cantidad de tags leídos en el mismo instante es otro de los factores críticos a tener en cuenta, el tiempo de lectura se multiplica por el número de tags. Claramente la velocidad de lectura es inversamente proporcional a la cantidad de información a leer [21].

En aplicaciones de baja frecuencia (menos de 135 kHz) un lector estándar se toma aproximadamente 0,012 segundos para realizar una correcta identificación de los datos lo cual implica velocidades de 3 m/s. En la actualidad se han desarrollado aplicaciones de lectura de etiquetas que se mueven a 65 m/s (240 km/h), sin embargo, mayores velocidades implican antenas más grandes.

1.5.3. MODULACIÓN

Para realizar la transmisión de la información almacenada en la etiqueta, es necesario modificar la amplitud, frecuencia o fase de la señal producida por el lector, es decir, se debe modular en amplitud (ASK), frecuencia (FSK) o fase (PSK), siendo la más usada la ASK debido a su sencillez en el momento de obtener la señal original. Por ser un tema general en diferentes tecnologías (no específico para RFID) y estar inmerso en los lectores utilizados, no se profundizará en éste aspecto.

1.5.4. SEGURIDAD Y PRIVACIDAD

A pesar de las notorias ventajas existentes en RFID, los aspectos de seguridad, privacidad y confidencialidad son los más críticos al implementar la tecnología RFID debido a que mediante el lector apropiado puede ser extraída y manipulada la información existente en las etiquetas [1]. Es por ello que un sistema de este tipo debe ser protegido ante situaciones como:

- Lecturas o escrituras no autorizadas que obtengan o modifiquen la información de las etiquetas,

- Uso de etiquetas falsas que violen las condiciones de seguridad del sistema accediendo a sitios o a servicios fraudulentamente.
- Interceptaciones con el fin de clonar etiquetas y/o datos del sistema

Desde el punto de vista de la seguridad pueden encontrarse diversos casos de violación de un sistema RFID como por ejemplo el monitoreo de los niveles de potencia en el sistema mediante una antena y un osciloscopio con el fin de modificar los datos transmitidos, el bloqueo de comunicación entre el lector y la etiqueta RFID para evitar el acceso de personal autorizado, o el ataque directamente a las señales de radiofrecuencia [8]. En este último aspecto se tienen varios tipos de ataques:

- Spoofing: Transmisión de información falsa que es interpretada como válida y puede inducir a errores en el sistema de información.
- Inserción: Ingresa información al sistema cuando se esperan señales de control o viceversa.
- Replay: La señal transmitida se intercepta grabando la información existente la cual es luego reenviada al receptor.
- Denegación de servicio: Existen dos variantes: una donde la señal de RF se bloquea mediante ruido y otra donde se envía al sistema más información de la que éste puede manejar.
- Man in the middle: En este caso se suplanta la identidad de uno de los elementos que interactúa en la comunicación RF (lector, etiqueta)
- Modificación de información: La información contenida en el tag se modifica para obtener por ejemplo precios menores en la compra de productos.
- Bloqueo de etiquetas: La etiqueta se deja fuera de servicio mediante la aplicación de un campo electromagnético fuerte permitiendo así la extracción del producto sin que se genere la respectiva señal de advertencia.

Para evitar algunos de estos inconvenientes, se han generado diversas medidas de seguridad que permiten robustecer el sistema como por ejemplo [8]:

- Uso de etiquetas de solo lectura

- Uso de códigos (en vez de los datos directos) como información en las etiquetas las cuales se decodifica por medio del sistema de gestión.
- Uso de medios de autenticación como validadores de la comunicación lector etiqueta.
- Protección por medio de una jaula de Faraday que no es más sino un contenedor elaborado de una malla de metal impenetrable a las señales de radio de ciertas frecuencias.
- Interferencia activa mediante algún dispositivo anexo que emita señales de radio que bloqueen o alteren el funcionamiento de cualquier lector RFID cercano.

En cuanto a la privacidad de los datos en un sistema RFID, debe tenerse en cuenta que al ser un sistema de interacción invisible para el usuario es necesario garantizarle a éste que sus datos personales serán usados única y exclusivamente para el fin proyectado ya que según la aplicación específica la información manejada puede ser recuperada sin autorización y ser utilizada para diversas intenciones; por ejemplo, al usar esta tecnología para realizar pagos en supermercados, la información puede ser usada por las compañías proveedoras para crear perfiles de preferencias y ser usados en campañas publicitarias; esta problemática, es hoy en día superable mediante técnicas de autenticación y cifrado por medio de la cual se garantiza que el acceso a la información sea sólo por el personal autorizado (autenticación) usando el sistema principal (cifrado). Teniendo en cuenta estas consideraciones, diferentes asociaciones como la de consumidores en Estados Unidos CASPIAN (Consumers Against Supermarket Privacy Invasion and Numbering) o la francesa CNIL (Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés) han considerado a la tecnología RFID como un medio de vigilancia y violación a las libertades de las personas [9].

En 2003 se realizaron diversas pruebas de implementación de la tecnología RFID al servicio de los supermercados, por ejemplo Walmart, Procter & Gamble, Gillette y la cadena de supermercados Tesco realizaron pruebas piloto de estanterías inteligentes donde cada una de ellas tenía etiquetas RFID por medio de las cuales se realizaba un seguimiento del consumo y el stock de los productos en el almacén por parte de los funcionarios del supermercado; en otro intento Benetton pensó en la posibilidad de introducir chips RFID a sus artículos con el fin de seguir su comportamiento en la cadena de consumo. Ambos intentos levantaron voces de preocupación por los aspectos de privacidad de los consumidores por lo que fueron suspendidos, sin embargo, es comprobado que éstas inquietudes son generadas por ignorancia sobre la tecnología y además se encuentran en un pequeño grupo ya que son muy pocos consumidores los que conocen la existencia de la tecnología.

Las principales inquietudes en cuanto a privacidad se centran en lecturas realizadas por personas no autorizadas posibilitándose la obtención de información personal y confidencial por manos equivocadas, de igual manera se tiene el uso de la información por parte de diversas empresas con el fin de realizar seguimientos de gustos y preferencias con el fin de usar en campañas publicitarias o en la fijación de precios más favorables para el productor y no para el consumidor.

De acuerdo con estos inconvenientes EPCGlobal conformó un grupo dedicado a revisar los aspectos de privacidad de la tecnología buscando la implementación de ésta como beneficio directo para los consumidores. De ésta comisión surgen aspectos puntuales como:

- Información al consumidor: Deben existir políticas de divulgación clara para los usuarios con las cuales se le informe y advierta la presencia de códigos electrónicos en los productos y sus usos específicos.
- Elección del consumidor: El consumidor debe tener la libertad de elegir un producto que contenga una etiqueta RFID.
- Educación al consumidor: Es necesario informar correcta y adecuadamente al usuario sobre el uso de RFID y sus aplicaciones.
- Políticas empresariales: Dentro de las empresas productoras y de venta, deben existir políticas conducentes a la forma de manejo de la tecnología (en qué se va a usar y como) y de la información (registro, mantenimiento y protección) siendo claramente informadas al usuario.

1.6. ESTÁNDARES

Según las necesidades, la aplicación y sus características propias, las soluciones RFID pueden ser estandarizadas o propietarias. Los estándares son importantes ya que permiten la interoperabilidad entre proveedores de soluciones, la reducción de costos y menor dependencia de proveedores impulsando así el campo de la identificación por radiofrecuencia. Dichos estándares pueden ser aplicados al formato y contenidos de las tarjetas, protocolos y frecuencias usadas por los lectores, arquitectura de red y middleware; sin embargo, la misma utilización de diversos rangos de frecuencia involucra el uso de diferentes características las cuales son más o menos apropiadas según el caso por lo que la estandarización se vuelve un poco compleja.

Existen dos organismos de estandarización para RFID, EPCGlobal e ISO, donde se desarrollan estándares como ISO TC204, ISO 18000, EPC Clase 0, EPC clase 1 Generación 1, y EPC Clase 1 Generación 2.

Existen diferentes estándares según el tipo de aplicación, unos desarrollados para etiquetas de identificación, otros para la gestión unitaria y otros desarrollados para diversas aplicaciones como la industria del automóvil como por ejemplo el “Application Standard for RFID Devices in the Automotive Industry” apoyado por otros como “AIAG B-11”, estándar para identificar neumáticos y ruedas mediante RFID. A continuación se presenta un resumen de algunos de ellos [1]:

- ISO/IEC 10536: Estándar diseñado para etiquetas a 13,56 MHz. Describe sus características físicas, dimensiones, localización de lectores y el protocolo de transmisión.
- ISO/IEC 14443: Estándar de etiquetas de proximidad a 13,56 MHz con alcance mayor de un metro. Describe características físicas, interfaz aéreo y el protocolo de transmisión.
- ISO/IEC 15693: Este estándar describe parámetros propios de las tarjetas de identificación llamadas tarjetas de vecindad ya que pueden ser leídas a mayor distancia que las de proximidad; de igual manera, describe su uso a nivel internacional. Contiene un bloque de 64 bits donde el fabricante almacena un número único de identificación el cual es de sólo lectura y no puede ser modificado. Opera en la frecuencia de 13.56 MHz y permite una distancia de lectura máxima de 1,5 mts.
- ISO/IEC 15961: Describe comandos funcionales, tipos de tags, formatos de almacenamiento y compresión de datos. No se ve afectado por los estándares de interfaz aérea.
- ISO/IEC 15962: Dirigido a la gestión de la información a nivel global. Genera un formato de datos correcto y su estructura de comandos así como el procesamiento de errores.
- ISO/IEC 15963: Se refiere al sistema de numeración, el proceso de registro y uso del tag. Está diseñado para el control de calidad y la trazabilidad del tag durante el proceso de fabricación, su ciclo de vida y el control de colisiones de varios tag en la zona de lectura.
- ISO/IEC 19762: Entrega términos generales y definiciones en el área de la identificación automática y las técnicas de capturas de datos. Dividida en partes, la tercera es la que menciona a RFID.
- ISO/IEC 18000: Diseñada para la interoperabilidad global. Define la comunicación entre los tags y los lectores a diferentes frecuencias de trabajo.

Asegura un protocolo de interfaz aérea a nivel mundial. Está desarrollado en 7 partes:

Parte 1 (18000-1), parámetros genéricos para frecuencias aceptadas mundialmente, arquitectura y parámetros estandarizados;

Parte 2 (18000-2), parámetros para frecuencias por debajo de 135 kHz;

Parte 3 (18000-3), parámetros para las comunicaciones en 13.56 MHz;

Parte 4 (18000-4), parámetros para las comunicaciones en 2.45 GHz;

Parte 5 (18000-5), parámetros para las comunicaciones en 5.8 GHz;

Parte 6 (18000-6), parámetros para frecuencias entre 860 y 960 MHz;

Parte 7 (18000-7), parámetros para las comunicaciones en 433 MHz;

- ISO/IEC 18001: Entrega un análisis para identificar aplicaciones y el uso de RFID en ellas. Incluye una clasificación de los tipos de tags según su aplicación.
- ISO/IEC 18046: Define métodos de prueba de desempeño y cumplimiento de requisitos generales de las etiquetas en una aplicación específica.
- EPC RF Identity Protocol Class 1 Generation 2: Creado por EPC Global, EAN (European Article Numbering) y UCC (Uniform Code Council). Este documento desarrolla el estándar para el protocolo de interfaz aérea entre el lector y el tag.
- EPC Global: EPC Global es una organización que desarrolla estándares para la identificación de productos usando el EPC (Electronic Product Code - Código electrónico de producto) enfocados en la cadena de suministro y específicamente definiendo una metodología para la interfaz aérea. EPC es un esquema de identificación de objetos físicos mediante etiquetas RFID que permiten identificar fabricante, producto, versión y número de serie entre otros aspectos.

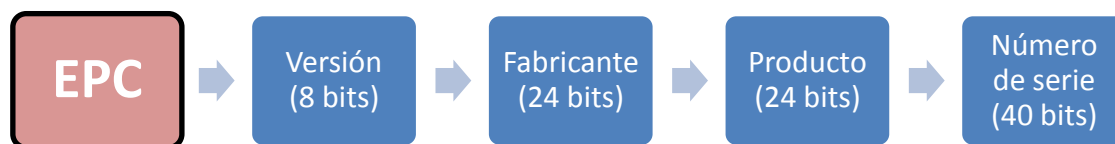


Figura 15. Estructura interna de EPC²⁸

²⁸ Fuente: Adaptado de [22]

Generación 2: EPC Global ha introducido un estándar internacional para cualquier tipo de industria denominado “EPCGlobal UHF Generation 2”. Cuenta con 4 bancos de memoria así: Banco 00 reservado para los comandos de acceso y kill de la etiqueta; Banco 01 para el CRC, el protocolo de control y código EPC; Banco 10 para el número de identificación de la etiqueta; Banco 11 es la memoria de usuario destinada para el almacenamiento de datos específicos de la aplicación.

- EPCIS: Estandar emergente de EPCGlobal ratificado en 2007 consistente en un modelo de datos global para aquellos eventos que suceden sobre un producto específico. Es abierto y público y presenta flexibilidad de implementación para cualquier tipo de industria permitiendo un intercambio seguro de la información manejada. Posibilita el intercambio de información entre socios de negocio en cada uno de los momentos de la cadena de producción de manera permanente y en tiempo real.

2. CASOS DE USO PARA RFID (APLICACIONES)

Desde hace bastante tiempo las empresas han tenido la necesidad de desarrollar prácticas que le permitan el mejoramiento de sus diferentes procesos en la cadena de producción manteniendo una integración total de principio a fin para lo cual se ha buscado el impulso de nuevas herramientas tecnológicas que posibiliten una gestión ágil, flexible y por ende óptima de tales procesos.

La tecnología RFID constituye una revolucionaria herramienta que promete mejorar dicha cadena ya que permite la identificación y la gestión del flujo de los productos en todos y cada uno de los procesos de una organización. Son muchos los sectores en los que esta tecnología puede aportar a su desarrollo debido a sus grandes ventajas como por ejemplo:

- Capacidad de identificar, localizar y monitorear personas u objetos dentro del entorno de ubicación de una etiqueta determinada
- Capacidad de actualización de información en tiempo real
- Gran capacidad de almacenamiento de información en etiquetas de tamaño reducido
- Capacidad de lectura y escritura de manera remota y en múltiples etiquetas en espacios de tiempo muy reducidos

Alrededor de estas características han surgido gran cantidad de aplicaciones y ámbitos de uso perfectamente adaptables a una gran variedad de sectores industriales por lo que se perfila como una tecnología con gran potencial en la industria y en el hogar; de hecho los motivos de que la tecnología no se encuentre en una fase de implementación mayor, se deben más a aspectos económicos que tecnológicos aunque los costos de implementación vienen en constante descenso gracias al interés y aporte de los diversos desarrolladores de la tecnología. Es utilizada por gobiernos para aplicaciones militares y de seguridad nacional (p.e. pasaportes, sistemas antisequestro), por empresas para el seguimiento de productos desde su fabricación hasta su comercialización, y por hogares en aplicaciones diversas.

RFID es una tecnología emergente cuyas características propias pueden ser aprovechadas al mezclarse con otras (Inalámbricas, Web, Celular, Sistemas de gestión empresarial, etc.); según el modelo escogido, RFID podrá leer y transmitir información permitiendo una visibilidad casi en tiempo real de los productos en la cadena de producción.

Puede tenerse en incontables aplicaciones que dependen del ingenio del diseñador: monitoreo de la posición de personas con respecto a un sitio determinado (oficina, hogar, etc.), apertura de puertas (RFID Digital Door Lock – Ver figura 6.), sistema de alumbrado sin usar sensores de movimiento o presencia, alfombras con sensores RFID que permitan guiar robots para asear conociendo qué zonas han sido limpiadas, en la cocina sartenes para guiar los tiempos de cocción de alimentos según recetas de cocina previamente establecidas [23], reproducción de películas y/o videos simplemente al detectar la etiqueta respectiva, selección del mejor ciclo de lavado en una lavadora según el tipo de prenda, etc., etc., etc.



Figura 16. RFID Digital Door Lock²⁹

Una forma genérica de clasificar las aplicaciones RFID tiene que ver con el ciclo que cumple el tag según las características propias de estas. En esta clasificación se pueden nombrar dos:

- Aplicaciones de ciclo cerrado: En éste tipo de aplicaciones el tag se recupera al final del ciclo para reinsertarlo por lo que el costo de éste no es crítico ya que al reutilizarse se hace casi despreciable.
- Aplicaciones de ciclo abierto: El tag se pierde al final del proceso ya sea por cambio de agente en la cadena o por deterioro. Es necesario considerar el precio del tag en este tipo de aplicaciones.

En cuanto a aplicaciones de negocios, comerciales y de servicios, pueden numerarse gran cantidad de ámbitos como por ejemplo:

²⁹ Fuente: Copiado de [24]

- Transporte y distribución (Seguimiento de activos en tiempo real)
- Empaquetado de artículos (Gestión en la cadena de suministro)
- Seguridad y control de accesos (Seguimiento de personas y objetos, Acceso a equipos y/o espacios, Peajes, Reconocimiento de personas)
- Monitoreo de factores físicos (Presión, Volumen, Peso)
- Sistemas de bibliotecas (Gestión del servicio)

Entre muchas aplicaciones existentes pueden nombrarse algunas como:

- Puntos de venta
- Identificación de vehículos
- Controles de acceso
- Logística y gestión en almacenes (Tesco, Metro Group, entre otros)
- Seguimiento de activos
- Sistemas de pago de peajes
- Gestión en bibliotecas (Biblioteca Vaticana, Berkeley, Universidad de Connecticut entre otras)
- Seguimiento de equipajes (Aeropuerto de Hong Kong, Delta Airlines, entre otros)
- Deportes (Seguimiento a concursantes de maratones)
- Gestión de entradas (Master Cup de Tenis 2005)
- Seguimiento de personas (Identificación de recién nacidos)

En la tabla siguiente se pueden ver algunas de las aplicaciones reales en diversos países:

APLICACIÓN	VOLUMEN POTENCIAL DE ETIQUETAS RFID	COMENTARIOS
Identificación (Tarjetas inteligentes inalámbricas)	China (970 millones) India (500 millones) UK (58 millones) Italia (50 millones)	China envió 8 millones de tarjetas de este tipo a sus países vecinos.
Pasaportes electrónicos	400 millones anuales	EEUU, UK, Tailandia y Australia, entre otros, tienen planificado incluir etiquetas RFID en sus pasaportes.
Llantas de automóviles	200 millones anuales	El acta TREAD en EEUU ordena utilizar etiquetas RFID para monitorear la presión y temperatura en las llantas.
Lavanderías	1000 millones al año	Mercado con grandes potenciales de crecimiento
Archivo	100000 millones anuales	Mercado masivo que incluye bibliotecas y entradas a eventos
Transporte	2000 millones por año	En cartones de embalaje, DVD, marcado de equipajes, etc.

Tabla 9. Algunas aplicaciones de RFID³⁰

Según un estudio de Research and Markets (2005), se espera que el mercado mundial de RFID crezca de US\$ 1.95 billones en 2005 a aproximadamente US\$ 26.9 billones en 2015 debido al desarrollo de nuevas aplicaciones y al aumento de hardware y software para soluciones RFID.

El amplio mercado que abarcan las aplicaciones RFID puede ser dividido en cuatro grandes campos donde cada uno posee unas características diferenciadoras con las otras según sus particularidades y además, dentro de cada una de ellas, existen necesidades específicas que requieren de un análisis diverso de acuerdo al propósito deseado [1]. Con el fin de profundizar un poco en dichos campos, se realizará un análisis general de cada uno de ellos:

³⁰ Fuente: Adaptado de [25]

2.1. SEGURIDAD Y CONTROL DE ACCESO

Es el campo con mayores aplicaciones; utiliza tags de bajo costo usando la estandarización ISO 15693 e ISO TC204. Por lo general se trabaja en LF aunque ya hay algunas aplicaciones que están incorporándose en HF. Dentro de este campo se encuentran aplicaciones de control de acceso tanto para personas como para vehículos y autenticación de productos.

Los tags pueden ser ubicados en parabrisas o tarjetas de empleados; los lectores pueden ser instalados en paredes o puertas de oficinas, edificios y lotes. Usando tarjetas de 2 kbits pueden ser implementadas en una sola tarjeta aplicaciones como control de acceso, tiempo, asistencia, rastreo, acceso de vehículos o compras en cafeterías y máquinas sin necesidad de efectivo.

Casos explícitos de éxito pueden ser el de la Escuela Enterprise Carter en Búfalo donde usan la tecnología como control de acceso, identificación y manejo de activos y compras en la cafetería. De igual forma está el caso de la cárcel del condado de Pima en Tucson Arizona (USA) donde mediante un brazalete RFID son monitoreados los reclusos aplicando también control de acceso para éstos y los guardias según las áreas de la prisión. Los brazaletes poseen la información personal del recluso y en cada movimiento de zona, el brazalete guarda la información de hora y fecha exactas.

Otros casos son el de la Oficina postal de Bologna (Italia), el sistema de seguridad para los 75avos premios de la Academia en California (USA) en 2003 o el “parqueo sin afanes” del Hospital Gleneagle en Singapur.

2.2. TRANSPORTE

Se utiliza en diversos medios de transporte en campos que permiten ahorrar costos, automatizar procesos y facilitar el acceso a sus clientes; se basa en el estándar ISO 14443. Actualmente se están desarrollando aplicaciones sobre manejo de equipajes en terminales de transporte y en el pago de peajes de manera automática (TeleTac ViaT - España) [26] donde el cliente posee un tag RFID de tipo activo que permite la identificación con el fin de realizar el cobro y permitir el paso sin necesidad de que el vehículo se detenga. Este tipo de aplicación se está implementando mediante la tecnología DSRC la cual será comentada más adelante.



Figura 17. Puntos de control automático³¹

En Colombia, se encuentran en desarrollo proyectos para implementar EPC/RFID en peajes y en los servicios que proveen los operadores logísticos obteniendo así información de primera mano del movimiento vehicular en puntos estratégicos del proceso (entradas, salidas y pasos temporales en receptores y puntos intermedios), relacionar vehículos con la carga transportada, obtener estadísticas de fechas, lugares, horas, entre otros.

En el tag RFID, se almacena la información de identificación del vehículo tal como matrícula (placa), modelo, marca, tipo de activo (cabezote, remolque) y/o categoría (capacidad); esto permite también que múltiples participantes del proceso de transporte (peajes, estaciones de servicio, centros de carga, etc.) aprovechen dicha información. Almacénar, Almacenes Éxito (Transporte), Almagrán, Cafam (Transporte), Carulla Vivero (Transporte), Compañía de Galletas Noel (Transporte), Diex, Exxe Logística, Open Market y Roldán son algunas de las empresas involucradas en el proyecto [27].

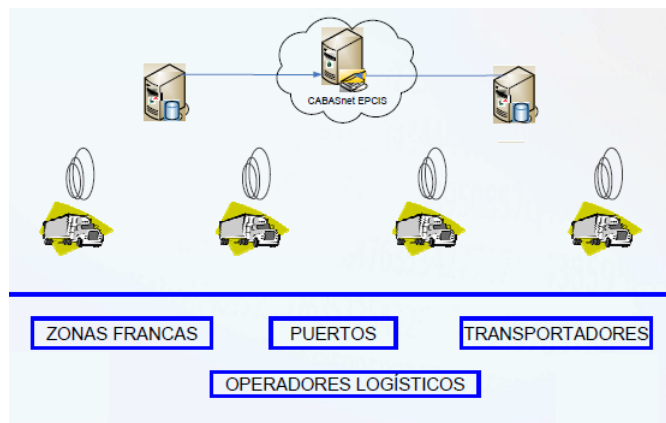


Figura 18. Modelo de aplicación en el área de transporte en Colombia³²

³¹ Fuente: <http://www.skyscrapercity.com>

2.3. RASTREO DE BIENES

Es el sector más prometedor pero ha estado estancado por falta de estándares aunque con la salida del ISO 18000 se le ha dado un impulso. En este campo se encuentran principalmente las aplicaciones relacionadas con la trazabilidad de objetos. Casos particulares son el control en cadenas de suministros donde se busca sustituir al código de barras ubicando el tag en cada uno de los productos durante toda la cadena desde la fabricación hasta su comercialización, también se encuentra la logística en frío donde se busca controlar que la mercancía sea transportada correctamente sin interrumpir la cadena de frío.



Figura 19. Sistema de rastreo de bienes³³



Figura 20. Visión de RFID en una cadena de distribución³⁴

³² Fuente: Copiado de [27]

³³ Fuente: Copiado de [5]

³⁴ Fuente: Adaptado de [28]

La penetración de RFID en el área de la distribución de productos está condicionada al desarrollo del estándar EPC (código electrónico del producto) el cual permite seguir y monitorear el recorrido de los productos a medida que se van desplazando en la cadena de distribución (Figura 20).

- 1) Fabricación: En este punto se le ubica físicamente al producto la etiqueta RFID grabada con el respectivo EPC asociado a los detalles de la orden.
- 2) Carga de producto: Se verifica si el vehículo de transporte está autorizado para recoger los productos; luego de la comprobación se autoriza la carga y se comienzan las transacciones de despacho (facturación, etc.)
- 3) Despacho: Al llegar el producto al centro de distribución se identifican los productos recibidos registrando el manifiesto respectivo, actualizando el inventario y realizando el ruteo de los productos a su nuevo destino (bodegas-puntos de venta)
- 4) Centro de distribución: Mientras se realiza la carga de los productos para sus nuevos destinos, se transmite la información vía RFID al sistema principal confirmando el proceso.
- 5) Punto de venta - Recepción: Cuando los productos llegan a la plataforma de descarga en el punto de venta se transmite la información al sistema ERP (Enterprise Resource Planning) actualizando el inventario y comenzando la facturación respectiva.
- 6) Punto de venta - Usuario: Los estantes de productos detectan el movimiento de los artículos y realizan el requerimiento de abastecimiento de ser necesario. De esta manera se reducen volúmenes altos de inventario con gastos innecesarios y se automatiza la demanda de los productos siendo ésta directamente orientada por el usuario según la demanda del producto.
- 7) Consumidor: Sin necesidad de hacer largas colas para ser atendido por un cajero para registrar artículo por artículo, el usuario pasa por un punto lector RFID el cuál identifica los productos generando la cuenta respectiva a ser cancelada por el usuario la cual puede ser pagada inmediatamente con tarjeta débito o crédito o notificar al banco para descontar el monto de total de la compra automáticamente de una cuenta bancaria. El sistema se conecta a una gran red que descontará del inventario del supermercado, enviando información sobre los productos a la tienda y al fabricante de los mismos.

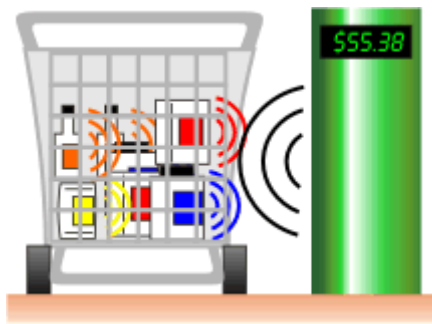


Figura 21. Lectura de productos comprados en supermercados³⁵

También en las bibliotecas se ha hecho uso de RFID para el rastreo, control y monitoreo de sus existencias gracias a la capacidad de incorporar un código único, información adicional (EPC) y bit de seguridad en un único sistema de identificación. En los servicios postales se está estudiando la incorporación de esta tecnología la cuál aportaría mayor rapidez, seguridad y precisión lo cual impacta directamente sobre el servicio al cliente.

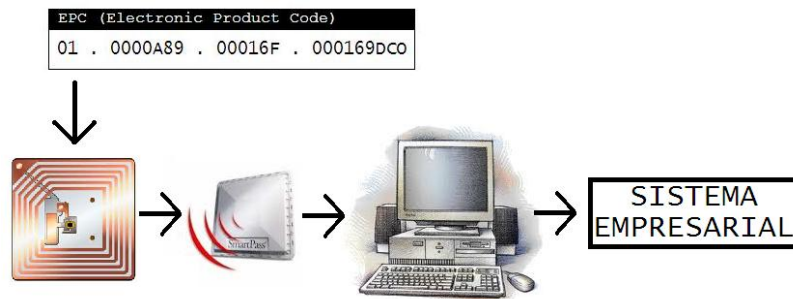


Figura 22. Proceso de identificación de EPC³⁶

En Colombia la empresa LOGyCA – GS1 Colombia lidera el Plan Nacional EPC [27] el cual busca impulsar la apropiación de la tecnología en los procesos logísticos de grandes cadenas apoyado por Kimbaya RFID quien suministra equipos, software y experiencia a la iniciativa. Olímpica y Colsubsidio han sido dos de las empresas que han participado en la implementación de este plan en sus procesos mediante hardware y software que permite registrar el movimiento de mercancías en diferentes puntos de sus bodegas o locales comerciales. En este tipo de empresas la operación logística es compleja debido al gran volumen de productos, referencias y marcas que se manejan; por ejemplo el fenómeno denominado “góndola no establecida”, el cual sucede cuando

³⁵ Fuente: Copiado de [29]

³⁶ Fuente: Adaptado de [5]

un cliente busca un producto en el punto de venta y no lo encuentra pero puede estar en bodega o en el centro de distribución, es un caso que las empresas deben evitar o por lo menos tratar de reducir al máximo; RFID permite generar alertas automáticas cuando el stock de un producto llega a un valor mínimo determinado. Conociendo en tiempo real el flujo de los productos en el punto de venta y las bodegas de distribución es posible tomar decisiones oportunas para evitar el desabastecimiento del producto.

2.4. OTROS

Incluye categorías como gestión de control de calidad, salud, rastreo de animales y analizadores de vehículos; algunas empresas usan RFID con el fin de controlar en la complejidad de sus procesos el estado de la etapa actual permitiendo así monitorear la calidad de estos.

En el tema de la salud, es importante resaltar que gracias a que los usuarios siempre esperan procedimientos seguros, eficientes y económicos, cualquier sistema de salud en los países debe diseñar planes de incremento en la calidad de servicio a los menores costos posibles, para ello los desarrollos en áreas como redes inalámbricas, RFID y conectividad de instrumentos médicos generan un aporte vital en la búsqueda de este fin [6]. Se impulsa el uso de la tecnología en éste campo gracias a las recomendaciones de la Food and Drug Administration (FDA) la cual recomienda a la industria farmacéutica la implementación de RFID para contrarrestar la venta y distribución de medicamentos falsificados.

La tecnología RFID está abarcando campos más allá del simple sistema de control y seguridad conformando una serie de soluciones para diferente tipo de entidades como mypeques, colegios, hospitales y cárceles integrando sistemas de seguridad, autorización, transacción e información. Mantener la seguridad en un estadio, auditorio o cualquier sitio de asistencia masivo es posible mediante RFID gracias al sistema de identificación único y a la disponibilidad de lectores de alta velocidad, inclusive puede ser mezclado con sistemas biométricos.

Otro caso se encuentra en empresas de servicios públicos quienes con el objetivo de optimizar sus procesos han invertido en la adopción de soluciones RFID para gestión de materias propias del servicio (contadores, cables, ductos, etc.), identificación automática de usuarios y la captación de datos de consumo entre otras. Las soluciones RFID pueden controlar el acceso vehicular de una empresa facilitando y optimizando éste servicio; el sistema puede interactuar desde el ingreso al parqueadero, el movimiento del individuo dentro de la empresa y su respectiva salida. Algunos casos de uso para la tecnología RFID son:

LUGAR / APLICACIÓN	DESCRIPCIÓN
Escuela Enterprise Charter en Búfalo	<ul style="list-style-type: none"> – Identificación y acceso a edificaciones. – Protección y control de activos – Compras en cafetería
Cárcel del Condado de Pima–Tucson, Arizona - USA	<ul style="list-style-type: none"> – Monitoreo y control de reclusos (Brazaletes RFID) – Acceso de personal de seguridad (Tarjetas RFID)
Oficina Postal de Bologna (Italia)	<ul style="list-style-type: none"> – Control de acceso de personal
75avos premios de la Academia – Los Ángeles, California (USA) – 2003	<ul style="list-style-type: none"> – Control de acceso de áreas del personal asistente (Tarjetas de identificación)
Hospital Gleneagle en Singapur	<ul style="list-style-type: none"> – Control de acceso de empleados al parqueadero (Tx insertado en el vehículo) – Monitoreo de uso de parqueadero (Frecuencia de uso)
Offcorss – Colombia – 2005	<ul style="list-style-type: none"> – Identificación de prendas individuales y cajas corrugadas – Operaciones en el centro de distribución para despachar a puntos de venta.
Galletas Noel – Colombia – 2005	<ul style="list-style-type: none"> – Identificación de cajas y estibas
Almacenes Éxito – Colombia – 2006	<ul style="list-style-type: none"> – Inicio de un plan de trabajo colaborativo en EPC – Despacho de mercancía a un punto de venta en Envigado (Antioq.) – Nueva información para hacer gestión sobre los inventarios.
Colsubsidio (Calle 26), Olímpica (Centro de distribución), SAO (Plaza de las Américas) – Bogotá	<ul style="list-style-type: none"> – Instalación de portales RFID en sitios estratégicos compuestos por un lector y cuatro antenas cada uno – Evitar el fenómeno “góndola no abastecida” – Control de flujo del producto en puntos de venta sincronizado con bodega

Tabla 10. Casos exitosos de uso³⁷

Una propuesta metodológica para la implementación de una solución RFID en cualquier campo se presenta a continuación modificando y adaptando la realizada por Bendavid, Castro, Lefebvre L y Lefebvre E [5]; a la propuesta inicial se le agregan dos etapas claves en toda implementación: la primera es la identificación de aquellos procesos en los que intervienen diferentes actores (organizaciones) en la cadena de valor del producto (CVP) y que pueden ser optimizados; la otra tiene que ver con el proceso de implementación como tal en la cual los actores involucrados en la CVP se responsabilizan de cada una de las tareas que le es propia en dicha cadena, realimentando el resultado obtenido a las demás áreas fortaleciendo así el resultado de la implementación del proyecto RFID.

³⁷ Fuente: Adaptado de [6], [27]

FASES	ETAPAS	OBSERVACIONES
Fase 1: Búsqueda de oportunidades	1	Motivación principal hacia RFID: Implica comprender las razones del porqué utilizar esta tecnología.
	2	Cadena de valor del producto (CVP): Analizar la CVP identificando las actividades asociadas al producto.
	3	Actividades críticas en la CVP: Escogencia de las actividades fundamentales en la CVP.
	4	Actores de la CVP: Identificación de los actores principales que componen la CVP y su interrelación.
	5	Procesos intra e inter organizacionales: Mapear los procesos de cada una de las actividades identificadas como críticas de acuerdo a cómo se realizan al interior y entre actores.
Fase 2: Construcción de escenarios	6	Oportunidades de RFID en la CVP: Esbozar las ventajas de RFID en la CVP con respecto al producto, las actividades y los actores.
	7	Aplicaciones potenciales de RFID: Construcción de posibles escenarios organizacionales.
	8	Procesos interorganizacionales: Identificación de optimización de procesos entre actores.
Fase 3: Validación de escenarios y simulación (Piloto)	9	Impacto final en la CVP: Validar los escenarios con los actores externos a la organización identificando y valorando el impacto de en uno de los actores así como en el producto.
	10	Pruebas de laboratorio: Validar los escenarios evaluando la factibilidad del proyecto.
	11	Análisis de resultados: Implica el estudio de los resultados obtenidos en las diversas pruebas y la decisión de continuar o no con la implementación.
Fase 4: Implementación de la solución	12	Implementación de la solución: Apropiación del proyecto por parte de todos los actores involucrados en la CVP monitoreándose por un área de desarrollo designada para observación del proceso.

Tabla 11. Metodología de implementación de una solución RFID³⁸

³⁸ Fuente: Adaptado de [5]

3. TENDENCIAS EN RFID

En el presente capítulo se pretende dar una idea general del estado de la tecnología RFID en cuanto a investigación y desarrollo teniendo en cuenta las grandes capacidades que posee la tecnología comparada con su poca implementación en la actualidad.

Al realizar un análisis histórico de las publicaciones existentes sobre RFID puede concluirse que la mayoría de ellas se encuentran enfocadas a protocolos, procesos y sistemas seguidos por aquellas que tratan de aplicaciones enfocadas a diversos campos.

Algunas de esas publicaciones entre otras son [6]:

Título	Los aspectos físicos detrás de la tecnología RFID.
Fecha	03-11-2007
Descripción	Informe que describe los principios físicos de la tecnología RFID: tipos de comunicaciones, antenas, polarizaciones, efectos de absorción de los diferentes materiales, etc.
Revista/Fuente	RFID Magazine.
Autor(es)	—
Título	Securing RFID tags: authentication protocols with completeness, soundness, and non-traceability.
Fecha	02-11-2007
Descripción	Although radio frequency identification (RFID) technology is promising, it is vulnerable and subject to a wide range of attacks due to possible tags compromise, difficulty in physical protection, absence of infrastructure and so on. Generally speaking, the threat to RFID systems mainly comes from the illegal reader's attempt to compromise tag identity. In order to protect the tag carriers' privacy (intuitively, privacy for RFID tags means that the communication of a tag does not allow an adversary to determine the identity of the tag (nontraceability), however the reader should be able to determine whether the tag it reads is valid (completeness) and only such tags (soundness)), a security model that supports the analytical argument of properties, addressing both security and performance issues for RFID tags is introduced and formalized in this paper.
Revista/Fuente	2007 8th IEEE Wireless Communications and Networking Conference IEEE Cat No. 07TH8918. 2007: 5 pp.
Autor(es)	Huafei Zhu; Feng Bao.

- Título** Architecture design and performance evaluation of RFID object tracking systems.
- Fecha** 02-11-2007
- Descripción** The network architecture of an RFID system affects the operating performance and scalability of the entire system. The related researches about RFID system could be made easier as the bridge-based and the gateway-based network architecture. This study considers a scenario for an RFID object tracking system designs a hierarchical RFID network system and evaluates the operating performance of different RFID system architectures. The results of performance evaluations demonstrate that the proposed hierarchical RFID network architecture reduces the network and database system loading by 41.8% and 83.2%, respectively. The operation of RFID object tracking over the hierarchical network architecture is indicated to be highly efficient and scalable.
- Revista/Fuente** Computer Communications. 2007; 30(9): 2070-86.
- Autor(es)** Jiann Liang Chen; Ming Chiao Chen; Chien Wu Chen; Yao Chung Chang.
- Título** A study of context inference for Web-based information systems.
- Fecha** 05-10-2007
- Descripción** Recently, context-awareness has been a hot topic in the ubiquitous computing field. Numerous methods for capturing, representing and inferring context have been developed and relevant projects have been performed. Existing research has tried to determine user's contextual information physically by using stereo type cameras, RFID, smart devices, etc. These are heavily focusing on external context such as location, temperature, light, etc. However, cognitive elements of the context are important and need more study. This paper confines its research domain to the Web-based information system (IS).
- Revista/Fuente** Electronic Commerce Research and Applications. Summer 2007; 6(2): 146-58.
- Autor(es)** Suh E; Sangjun Kim; Keedong Yoo.
- Título** A single-chip CMOS transceiver for UHF mobile RFID reader.
- Fecha** 05-10-2007
- Descripción** A UHF mobile RFID single-chip reader is implemented in a 0.18 μ m CMOS technology. The reader IC integrates an RF transceiver, a digital baseband modem, an MPU and host interfaces in 4.5 x 5.3mm/sup 2/. The RF transceiver draws 61mA from a 1.8V supply and achieves an 8dBm P/sub 1dB/, an 18.5dBm IIP3, and a 4dBm TX power.

- Revista/Fuente** 2007 IEEE International Solid State Circuits Conference IEEE Cat. No.07CH37858. 2007: 216-598.
- Autor(es)** Ickjin Kwon; Heemun Bang; Kyudon Choi; Sangyoon Jeon et Al.
- Título** Read rate analysis of radio frequency identification systems for business applications.
- Fecha** 05-10-2007
- Descripción** This paper presents a study on operational effectiveness of Radio Frequency Identification (RFID) systems in a controlled environment. Logistic regression models are developed to capture the dynamic relationship among implementation factors affecting the performance of an RFID system. Distance and angle between tag and antenna, orientation and position of tag on the container are found to be important factors among other implementation factors.
- Revista/Fuente** International Journal of Radio Frequency Identification Technology and Applications. 2007; 1(2): 147-63.
- Autor(es)** Buyurgan N; Ertem MA; Chimka JR.
- Título** A 900-MHz direct-conversion transceiver for mobile RFID systems.
- Fecha** 05-10-2007
- Descripción** A fully integrated 900-MHz direct-conversion transceiver for mobile RFID system is presented. The transceiver consists of a low noise amplifier, a downconversion mixer, a band pass filter, and programmable gain amplifier (PGA) for RX path; and a power amplifier, an up-conversion mixer, a low-pass filter, and a PGA for TX path. In addition, the fractional N PLL is integrated to cover different frequency standards for different nations. The transceiver meets the dense reader environment specifications.
- Revista/Fuente** 2007 IEEE Radio Frequency Integrated Circuits RFIC Symposium IEEE Cat No. 07CH37828C. 2007: 4 pp.
- Autor(es)** Jong Eim Jang; Hoon Lee; Seung Wan Choi; Karam Ahn et Al.

El crecimiento de las investigaciones desarrolladas año tras año es exponencial debido a las innumerables ventajas de la tecnología. Las principales investigaciones vienen siendo impulsadas por organismos coreanos siendo siempre las universidades y centros de investigación los entes más interesados pero dejándole el campo de las patentes a las empresas debido a su interés por comercializar los productos desarrollados. Los países que más trabajan en el tema son EEUU, Corea del Sur, Japón, Alemania e Inglaterra.

En términos generales, en el ámbito académico ha aumentado considerablemente el interés en ésta tecnología enfocándose específicamente en áreas como:

- Gestión de la innovación
- Gestión del ciclo de vida del producto
- Gestión de proyectos
- Comercio electrónico
- Gestión de cadenas de producción y suministro

Es claro que a futuro, la tecnología RFID será una alternativa real para la automatización y optimización de procesos. Dentro de las principales tendencias de desarrollo se encuentran las siguientes:

- Nuevos estándares y regulaciones nacionales y globales.
- Disminución en el costo de componentes.
- Nuevos niveles de funcionalidad en diversos campos de aplicación como pagos automatizados, cuidado de pacientes, monitoreo deportivos, aplicaciones en persona con tags implantados bajo la piel (antisequestro o salud entre otras), etc.
- Mejora en el diseño de etiquetas (adición de sensores, nuevas tecnologías, etc.).
- Evolución de la arquitectura permitiendo la ejecución de múltiples tareas simultáneamente.
- Lectores con mayor nivel de procesamiento.

3.1. DSRC

Las comunicaciones de corto alcance dedicadas son una tecnología emergente con las ventajas propias de la RFID enfocadas a ser un puente de comunicaciones para los sistemas inteligentes de transporte en el futuro proporcionando seguridad y confiabilidad en la conexión entre los vehículos y los sistemas en la infraestructura vial.

Funciona mediante un transmisor receptor denominado OBU (Tag híbrido GPS/DSRC) ubicado al interior del vehículo el cual es leído por otro llamado RSU (Roadside Units) el cual está instalado en la vía o en algunos casos es un dispositivo portátil.

DSRC trabaja con los siguientes parámetros tipo:

- Frecuencia: 5.9 GHz
- Velocidad del vehículo: <120 mph
- Rango de comunicación (hasta 1000 metros para los vehículos especiales; el nominal es de 300 metros)
- Estado latente del Sistema (< 50 ms)
- Tasa de datos (el defecto es 6 Mbps; hasta 27 Mbps)
- Tamaño de la transacción (hasta los 20Kbytes)

DSRC incorpora un esquema fijo de ordenación de los datos asegurando que los mensajes más importantes sean siempre los primeros en ser transmitidos; las ocho categorías de servicio que han sido definidas para aumentar seguridad y eficiencia al sistema son:

- Gerencia del tráfico y del recorrido
- Gerencia pública del tránsito
- Operaciones comerciales del vehículos
- Sistemas avanzados de la seguridad del vehículo
- Operaciones de la construcción del mantenimiento
- Pago electrónico
- Gerencia de la emergencia
- Gerencia de información

En cuanto al tema de regulación la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC por sus siglas en Inglés) han definido políticas para la fabricación de estos dispositivos indicando que la frecuencia de trabajo (5.9 GHz) se divide en siete canales de 10 MHz

definidos en un control y seis servicios. La gráfica siguiente muestra la frecuencia de los canales y la potencia de cada uno de ellos:

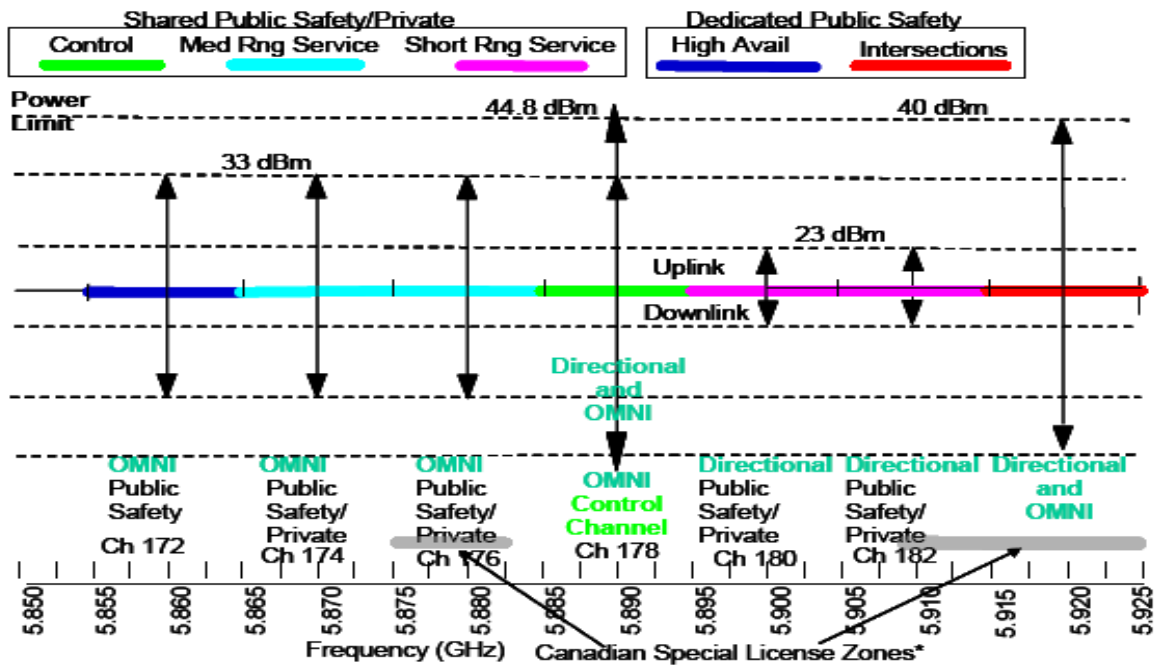


Figura 23. Frecuencia y potencia de canales DSRC³⁹

Para DSRC se trabajan con los estándares IEEE 802.11p (capa física y capa del control de acceso al medio MAC), el IEEE 1609 (capas superiores, red y datos, gerencia de la onda, gerencia del canal, y encargado del recurso) e IEEE 1556 (seguridad de DSRC).

Esta tecnología proveerá una amplia gama de aplicaciones de diversa índole dentro de las cuales se tienen diversos requerimientos. En el campo del transporte ellas pueden ser:

- Gerencia de tráfico: Se busca agilizar los tiempos de desplazamiento mediante la automatización de algunos de los procesos inmersos en este campo permitiendo que el tráfico fluya y obteniendo consultas de vehículos y/o usuarios en tiempo real. Algunos campos incluyen el monitoreo de velocidad y el control de semáforos al paso de ambulancias, bomberos y/o policías.

³⁹ Fuente: Copiado de [30]

- Seguridad: En cadenas de comunicaciones entre vehículos se puede advertir a otros carros al encontrar obstáculos en la carretera, accidentes, desviaciones, cambios de carril y/o adelanto de vehículos.
- Ayuda al conductor: El sistema puede proveer información de ayuda para el control del vehículo, puede conocerse datos como altura del puente, ancho del túnel, distancia entre vehículos, etc.
- Optimización de ruta: Examinando el sistema de información se pueden recoger datos de trayectorias, congestiones, costos, mapas, negocios, etc. optimizando así la ruta a seguir.
- Servicios de información: La red DSRC se puede usar para compartir información de contenido variado como pueden ser acceso a internet, transferencia de archivos, correo electrónico, juegos en línea, etc.
- Carreteras automatizadas: Toma de decisiones de los vehículos sin interacción del conductor mediante la comunicación con los demás y el intercambio de datos de velocidad, dirección y recorrido.

3.2. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE RFID

Del anterior estudio es posible concluir la gran flexibilidad que presenta la tecnología RFID lo cual le permite adaptarse a las necesidades fácilmente. Resumiendo es posible encontrar las siguientes ventajas en la tecnología:

- Es una tecnología fiable y versátil la cual permite identificar, seguir y gestionar diversos tipos de objetos.
- No requiere contacto ni línea de visión directa con el objeto para operar y es posible leer varias etiquetas casi al mismo tiempo.
- Se basa en el uso de etiquetas electrónicas que contienen un número de identificación único el cual puede ser leído y/o escrito a grandes distancias así como la información interna que contienen.
- Posibilidad de almacenar importantes volúmenes de información en tags de tamaño relativamente reducido permitiendo la actualización de ésta en tiempo real incluso varias veces.

- Permite localizar etiquetas (productos) en el entorno inmediato.
- La fiabilidad de RFID es grande con una tasa de error más pequeña que el resto de tecnologías incluyendo código de barras, bandaz magnética y biométricas.
- Tiene un buen comportamiento en entornos agresivos tales como humedad, suciedad, lluvia, etc.
- Permite mejorar la eficiencia de los procesos y la productividad mediante la automatización de éstos posibilitando actividades de conteo, seguimiento, trazabilidad y clasificación en tiempo real.
- Incremente rentabilidad ya que reduce costos de operación, producción y laborales.
- Aumenta el control de calidad y mejora la gestión y el servicio al cliente.
- Permite la adaptación con otras tecnologías (Web, Vídeo, Sistemas de localización, etc.)

Por el lado de las desventajas podemos encontrar:

- Falta de estandarización con el fin de poder usar los mismos sistemas con las mismas tarjetas lo cual ha generado la creación de varios estándares para este fin sin que exista una metodología general para la implementación
- Altos costos actuales en el sistema lo cual convierte a RFID en una tecnología relativamente costosa con respecto a otras tecnologías de auto-ID; aunque con el desarrollo vertiginoso de RFID se espera la reducción significativa de los costos.
- El agua absorbe las ondas de radio y los metales las reflejan lo cual implica un obstáculo en el uso de RFID en productos que contengan éstos materiales.
- La comunicación inalámbrica se convierte en impredecible en algunos escenarios específicos (por ejemplo los hoyos negros en las comunicaciones celulares). Es posible encontrar puntos de interferencia electromagnética en algunos momentos de la cadena de valor (otros lectores, otras etiquetas, telefonía celular, redes inalámbricas, luces de neón, etc.)
- Los puntos de seguridad y confidencialidad son claves al momento de usar RFID por lo que se requiere fortalecer este campo.

- Las frecuencias de RF pueden variar de sistema en sistema y de país en país lo cual requiere de una labor de conciliación al momento de requerir movilidad entre compañías o cadenas de distribución RFID nacionales o extranjeras.
- La desinformación acerca de la tecnología crea desconfianza e inseguridad en algún sector de la población.

4. HERRAMIENTAS PARA LA ELECCIÓN DE RFID

Al realizar un proyecto RFID deben tenerse en cuenta variados factores como el uso de una metodología correcta o la utilización de los componentes adecuados (tags, lectores, etc.) todo ello de acuerdo con el tipo de necesidad y sus características propias. Con el fin de facilitar dicha implementación, existen herramientas que permiten tomar las decisiones adecuadas a cada tipo de proyecto RFID. Específicamente en este grupo se encuentran escritos (online o impresos) y aplicativos (web o locales).

4.1. GUÍAS ESCRITAS

Entre las herramientas de texto se pueden encontrar entre otras las siguientes:

- 1) Consideraciones sobre la puesta en marcha de un proyecto de RFID [31]

Formato: PPT
Ubicación: Online
Autor: Enrique Carlos Vitale. Consultoría Grupo Hasar. 2007.

Esta presentación de PowerPoint se realizó bajo el marco del “1° Desayuno de capacitación y actualización ARLOG 2007” organizado por la Asociación Argentina de Logística Empresarial y en el cual se trataron temas como: EPC/RFID – Cómo evolucionó, Inconvenientes tecnológicos, y Estado actual y experiencias de su implementación en la Argentina. En ella se habla sobre las inversiones previas de la empresa antes de implementar la tecnología, las ventajas que aportaría, los periodos de recuperación de la inversión, beneficios de RFID y algunos casos de uso (Cocacola, Walmart). Aunque es una herramienta interesante, se enfoca en un nivel teórico y dista mucho de ser una guía técnica para la implementación propiamente dicha.

- 2) Configuración de lectores y antenas RFID: Sintonización fina para un rendimiento óptimo [13]

Formato: PDF
Ubicación: Online
Autor: Laboratorio de ODIN technologies. 2005.

Este documento enfatiza en los parámetros configurables para lectores y antenas en un proyecto RFID. Se trata de una guía más conceptual que técnica.

3) Diseño de antenas y caracterización de interferencias entre lectores RFID [32]

Formato: PDF

Ubicación: Online

Autor: José Daniel Guzmán Guzmán. Escuela Técnica Superior de Ingeniería. Universidad Rovira. Tarragona – España. 2009.

El documento es una tesis para el título de “Ingeniería técnica de telecomunicaciones Especialidad en telemática” y se enfoca al diseño de antenas de acuerdo a las características del proyecto RFID comentando sobre las posibles interferencias que se pueden encontrar en un sistema RFID.

4) Estudio, diseño y simulación de un sistema de RFID basado en EPC. [33]

Formato: PDF

Ubicación: Online

Autor: José María Ciudad Herrera, Eduard Sama Casanova. (s.f.)

En este documento se puede apreciar el diseño de un prototipo RFID y la simulación del canal inalámbrico respectivo. Es una herramienta útil para conocer algunos aspectos generales de RFID (Principios físicos, Códigos y modulaciones, Seguridad y Control de errores entre otros) así como para comprender una metodología de diseño para un lector RFID compatible con etiquetas EPC Clase 1 (Etiquetas pasivas de sólo lectura).

5) ¿Es RFID/EPC una herramienta para mi negocio?. [34]

Formato: Artículo web

Ubicación: Online

Autor: Gustavo Susano Urbina. 2011

Es un escrito corto publicado en el boletín electrónico de GS1 Perú asociación que “pretende ser el principal punto de encuentro entre la industria y la distribución, la organización empresarial multisectorial ofreciendo un espacio para la convivencia, el intercambio de ideas e inquietudes y las propuestas de mejora, en busca de eficiencias en las operaciones.”(GS1 Perú). Allí se realiza un corto pero concreto análisis sobre la necesidad de las empresas de adaptarse a las nuevas tecnologías con el fin de poder participar en un mercado competitivo enfatizando en RFID. Brinda ideas generales sobre los pasos para implementar la tecnología en una empresa.

6) Introducción a la identificación por radio frecuencia RFID [35].

Formato: PDF
Ubicación: Online
Autor: Alan Gidekel. 2006.

Es uno de los documentos más completos acerca de RFID. Trata aspectos generales sobre los fundamentos, características técnicas, limitaciones, aspectos para la implementación y casos de uso en la Argentina para la tecnología de identificación por radiofrecuencia.

7) Guías de uso

Formato: PDF
Ubicación: Online
Autor: NextPoint Solutions.

La empresa NextPoint Solutions proveedora de productos y sistemas basados en tecnología RFID, ofrece en la página web <http://www.nextpoints.com/guias.html>, una serie de archivos en PDF que permiten consultar algunas de las características importantes para el proceso de implementación de tecnología RFID. Se convierte en una guía más teórica que práctica para los proyectos de este tipo.

Allí se pueden encontrar las siguientes guías:

- Introducción a RFID [36]: Se presenta una breve introducción a los conceptos básicos funcionamiento y posibilidades de la tecnología RFID.
- El proyecto RFID y la selección de tecnología [37]: Muestra comentarios básicos y algunos puntos clave para la selección de la tecnología adecuada (activa, pasiva, HF, UHF, etc). En las diferentes fases de un proyecto RFID.
- Análisis del rendimiento de tags y lectores RFID UHF [38]: Esta guía trata de la comparación de diversos tipos de tags y lectores mediante la medición de parámetros usando las herramientas: Tagalyzer / Tagformance y epc Hotspot.
- Comparativa tecnologías RFID (pasiva LF, HF, UHF y activa) [39]: Tabla que permite comparar las características principales la tecnología RFID, tanto a nivel pasivo (LF, HF, UHF) como activo, basándose en datos de los productos más utilizados en implementaciones reales.

4.2. APLICATIVO WEB

En cuanto a aplicativos web existe uno desarrollado por la firma Dipole la cual es una compañía Española dedicada a la implementación de la tecnología RFID en organizaciones de diferente tipo. Esta aplicación puede accederse mediante la dirección web: http://www.dipolerfid.es/productos/RFID_tag/Asistente_Seleccionar_RFID_Tag.asp Es un aplicativo donde se pueden consultar diversos tipos de tags de acuerdo con ciertas características entre ellas por distancia, por modo, por frecuencia, por normativa y por chip (IC). Es una aplicación muy flexible pero tiene como desventaja que trabaja sólo con un fabricante y no permite (por el momento) la consulta por tipo de aplicación.

Por Aplicación	Por Distancia
<input type="text"/>	<input type="text"/>
Por Modo	Por Frecuencia
<input type="text"/>	<input type="text"/>
Por Normativa	Por Chip (IC)
<input type="text"/>	<input type="text"/>

Figura 24. Imagen aplicativo web

4.3. APLICATIVO CARACTERIZACIÓN RFID

Con el fin de agrupar la información contenida en este documento para el uso de cualquier persona que desee consultarla, se elaboró un aplicativo desarrollado en Visual Basic 6.0. el cuál tiene como objetivo presentar una ayuda general sobre la posible selección de los componentes de un sistema RFID teniendo como punto de referencia una de dos opciones: Por aplicación y Por frecuencia lo cual se puede realizar desde la primer ventana.



Figura 25. Ventana principal

En caso de seleccionar Aplicación, el sistema muestra 4 grandes grupos (según distribución dada en el documento – Capítulo 2 Aplicaciones) clasificados en: Seguridad y control de acceso, Transporte, Rastreo de bienes, y Otros donde se incluyen categorías como gestión de control de calidad, salud, rastreo de animales y analizadores de vehículos.



Figura 26. Ventana Por aplicación

Al seleccionar la clasificación general según la aplicación deseada, se muestra una nueva ventana con la descripción general del grupo así como con las aplicaciones típicas de éste. Aquí se pueden elegir las características generales del diseño RFID específicamente: Capacidad de almacenamiento del Tag (en Kb), Velocidad promedio de respuesta del sistema (Tiempo de lectura/escritura), la capacidad de cobertura necesaria (distancias promedio de lecturas) y el costo en el cual se puede incurrir (en caso de haberlo). El sistema permite escoger entre una y cuatro de las características mencionadas, para luego oprimir el botón de calcular con el fin de conocer la configuración base propuesta.

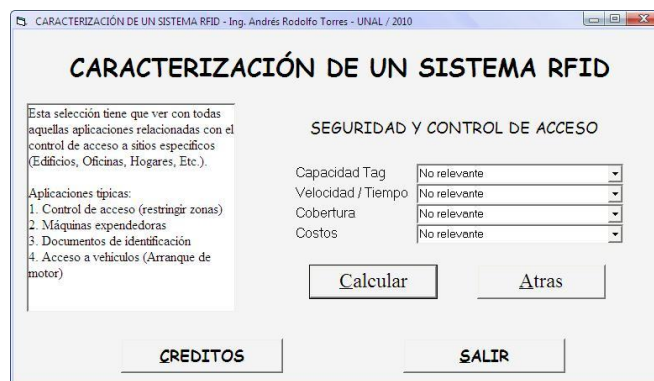


Figura 27. Por aplicación - Seguridad y control de acceso

Al elegir la configuración deseada y seleccionar calcular, se muestra la configuración de frecuencia propuesta así como tres posibles TAG y tres posibles lectores a usar. El sistema permite elegir uno de ellos para luego oprimir el botón del mapamundi con el fin de ingresar a la referencia web del elemento elegido posibilitando así que el diseñador pueda obtener de primera mano las características específicas de éste para determinar si cumple las expectativas deseadas según la necesidad a cubrir.



Figura 28. Configuración - Seguridad y control de acceso

De igual manera, el aplicativo presenta un botón de “Otros catálogos” con el que se visualizan direcciones web alternativas donde consultar otras opciones para Tags y Lectores.

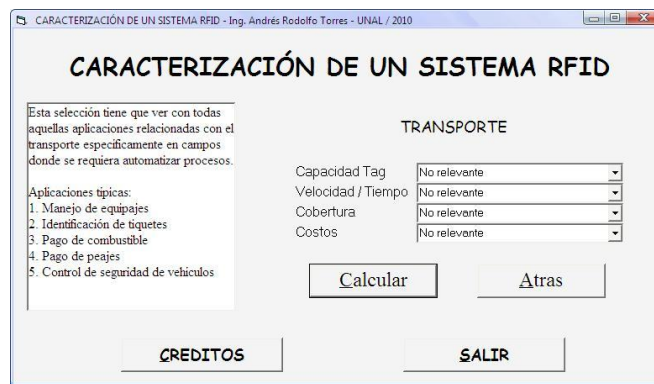


Figura 29. Por aplicación - Transporte

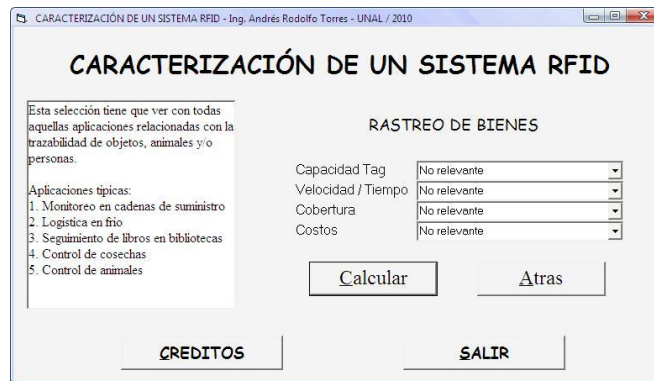


Figura 30. Por aplicación - Rastreo de bienes

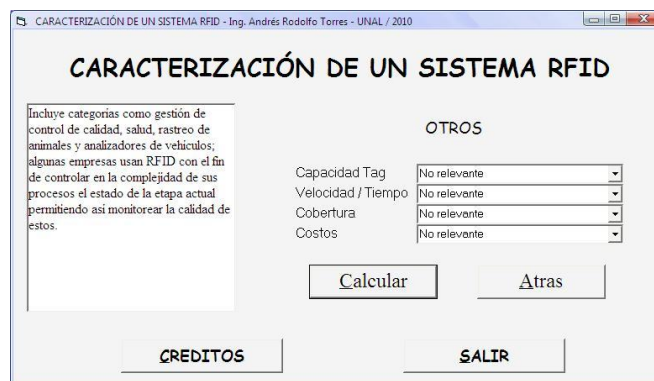


Figura 31. Por aplicación – Otros

De la misma manera se pueden trabajar las demás opciones de aplicación (Transporte, Rastreo de bienes y Otros).

La segunda opción de elección en la pantalla principal es la de “Por frecuencia” con la cual se obtiene una ventana en el cual se posibilita elegir entre cuatro grupos de frecuencia: Baja frecuencia (LF – 135 kHz), Alta frecuencia (HF – 13.56 MHz), Ultra alta frecuencia (UHF – 433, 860, 928 Mhz) y Microondas (μ O – 2.45, 5.8 GHz). Luego de elegir una de ellas, se puede seleccionar la característica deseada entre: Capacidad, Cobertura, Velocidad / Tiempo y Aplicaciones típicas.



Figura 32. Características según frecuencia

Por ejemplo, si se selecciona la opción de Baja Frecuencia (LF – 135 kHz) y en seguida, en características específicas, la opción de Aplicaciones Típicas, se visualizan las aplicaciones típicas para este rango (LF – APLICACIONES TÍPICAS).

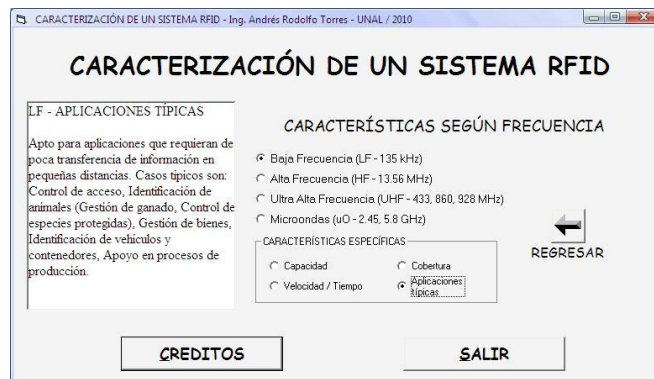


Figura 33. Selección específica de frecuencia – LF

De igual manera, al elegir Ultra Alta Frecuencia (UHF – 433, 860, 928 Mhz) y en características específicas Velocidad / Tiempo se obtienen la respectiva descripción de éste parámetro para dicha frecuencia.

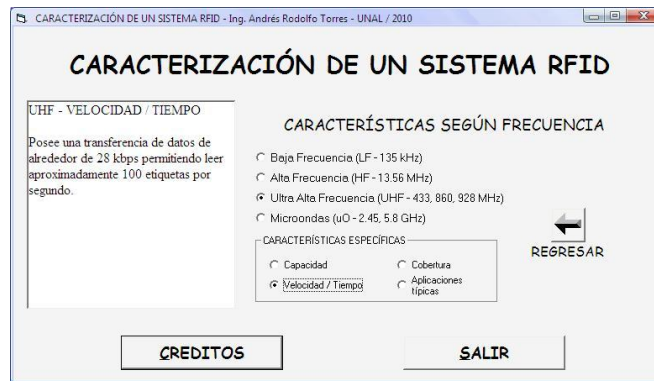


Figura 34. Selección específica de frecuencia - UHF

Por último, se pueden visualizar los créditos de elaboración del programa.

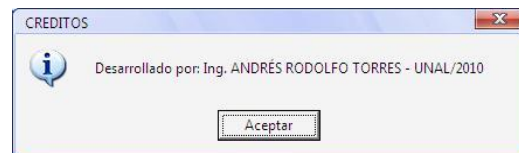


Figura 35. Créditos del aplicativo

CONCLUSIONES

- ✓ RFID es una de las tecnologías con mayor proyección en la actualidad no solo en aplicaciones de cadena de suministro o específicas de seguridad sino también en aquellas que involucren acceso, monitoreo, control y trazabilidad, por lo que se hace necesario la consolidación de estándares unificados a nivel global que permitan la rápida absorción de la tecnología en los diferentes mercados.
- ✓ Un aspecto fundamental al adoptar la tecnología es la relación costo beneficio teniendo en cuenta los valores que involucran la automatización de un proceso con respecto a los beneficios obtenidos en dicho proceso.
- ✓ RFID es una tecnología que permite la interconexión con los sistemas de base de datos existentes y con otras tecnologías como la biométrica, la celular o la web facilitando aún más la implementación de soluciones más eficientes y óptimas en cualquier empresa.
- ✓ Los sistemas RFID permiten la captura y transmisión en tiempo real de la información con gran precisión permitiendo de una manera práctica y fácil realizar un proceso determinado incluyendo datos como fecha, hora, localización, etc. ahorrando tiempo en procesos como el diligenciamiento de formatos.
- ✓ Se hace necesario un fuerte trabajo en los aspectos de seguridad y confidencialidad para evitar usos no autorizados por el usuario (lecturas/escrituras de información).
- ✓ Es indispensable una educación a la sociedad acerca de las ventajas de la tecnología RFID en un marco de uso responsable.
- ✓ El compartir la información encontrada a raíz de los desarrollos realizados es importante para la propagación y entendimiento de la tecnología.
- ✓ Es importante conocer a profundidad el manejo del lector con el fin de configurarlo según las necesidades específicas de la aplicación optimizando así la operación del sistema.
- ✓ La trayectoria de pérdida debe ser tomada en cuenta para configurar la potencia de la aplicación según las diversas zonas de interrogación.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] GÓMEZ ARISTIZABAL, J. C. Análisis y diseño para un sistema de Control de acceso a edificaciones por medio de identificaciones basadas en tecnología RFID. Universidad Eafit. Medellín. Consultado en Mayo de 2011. Disponible en: <http://bdigital.eafit.edu.co/PROYECTO/P005.12CDC745/capitulo1.pdf>.
- [F5-2] OROZCO VEGA, R. Evaluación y caracterización de lectores RFID que operan en la banda de frecuencias UHF. Escuela superior de ingeniería mecánica y eléctrica. México D.F. - México. 2010
- [3] ACEVEDO DURÁN, V. J. y otros. Sistema de registro y control de salida de elementos mediante dispositivos RFID. Universidad Javeriana - Facultad de ingenierías - Departamento de electrónica. Bogotá - Colombia. 2004
- [4] BLÁZQUEZ DEL TORO, L. M. Sistemas de identificación por radiofrecuencia. Universidad Carlos III de Madrid. Madrid – España. Consultado en Mayo de 2011. Disponible en: <http://www.it.uc3m.es/jmb/RFID/rfid.pdf>.
- [5] YGAL BENDAVID, L y otros. Explorando los impactos de la RFID en los procesos de negocios de una cadena de suministro. Journal of Technology Management & Innovation. Volumen 1. Universidad de Talca. Talca - Chile. 2006
- [6] PORTILLO GARCÍA, J y otros. Tecnología de identificación por radiofrecuencia (RFID): Aplicaciones en el ámbito de la salud. Círculo de Innovación en las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. Madrid - España. Consultado en Agosto de 2010. Disponible en: http://www.madrimasd.org/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/vt/vt13_rfid.pdf.
- [7] RUZ, M y otros. Control de un lector RFID mediante un microcontrolador. Departamento de informática y análisis numérico, Universidad de Córdoba. Córdoba - España. 2009
- [F3-8] RODRÍGUEZ GÓMEZ, M. Sistema de gestión de accesos mediante RFID. Escola Politècnica Superior de Castelldefels. España. Consultado en Marzo de 2011. <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/4049/1/memoria.pdf>.
- [F6-9] RFID, la nueva amenaza. Consultado en Julio de 2011. Disponible en: <http://comunidad.uem.es/ayanes/category/rfid>.
- [10] EPCglobal España. Consultado en Diciembre de 2010. Disponible en: <http://www.epcglobalsp.org>

- [11] ARAGÓN ANDREU, O. Lector de etiquetas pasivas de RFID. Departamento de Ingeniería Electrónica, Eléctrica y Automática. Escuela Técnica Superior de Ingeniería. Universidad Rovira. Tarragona – España. 2009
- [12] MANISH B., SHAHRAM M. RFID Field Guide: Deploying Radio Frequency Identification Systems. Prentice Hall. 2005.
- [13] FENNIG, C. Configuración de lectores y antenas RFID: Sintonización fina para un rendimiento óptimo. ODIN Technologies. Dulles, VA. 2005. Consultado en abril de 2011. Disponible en: http://www.epcglobal.com/tech/Readers/FINAL_Reader_Configuration_SPA.pdf
- [14] Las antenas RFID. Consultado en Junio de 2011. Disponible en: http://www.dipolerfid.es/productos/lectores_RFID/antenas_RFID/Default.aspx.
- [15] PALACIOS, E. y otros. “Microcontrolador PIC16F84. Desarrollo de proyectos”. Editorial Rama. 2004.
- [16] Productos. Consultado en Junio de 2011. Disponible en: http://www.kimaldi.com/productos/sistemas_rfid/lectores_rfid_y_tags_13_56_mhz/lectores_grabadores_rfid_de_13_56_mhz/lectores_grabadores_rfid_hf_de_integracion_y_control_de_acceso/lector_grabador_mifare_kimaldi_krd13m.
- [17] Lector fijo RFID Motorola XR400. Consultado en Octubre de 2010. Disponible en: <http://www.grupohasar.com/es-ar/product/rfid/lectores-rfid/xr-400>.
- [18] Lector móvil RFID Motorola MC9090Z. Consultado en Octubre de 2010. Disponible en: <http://www.grupohasar.com/es-ar/product/rfid/lectores-rfid/mc-9000-g>.
- [19] Series 6000. Access Control Vicinity Readers S6400. Consultado en Noviembre de 2010. Disponible en: <http://www.ti.com/rfid/docs/manuals/pdfSpecs/ri-h4r-s5h3.pdf>.
- [20] Readers and Reader Modules. Consultado en Octubre de 2010. Disponible en: <http://focus.ti.com/paramsearch/docs/parametricsearch.tsp?family=rfid§ionId=475&tabId=2608&familyId=1848¶mCriteria=no>.
- [21] Etiqueta RFID. Consultado en Octubre de 2010. Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Frecuencias_Utilizadas_en_RFID.gif.
- [22] El código EPC o Código Electrónico de Producto. Consultado en Enero de 2011. Disponible en: <http://www.trazabilidadrfid.com/Codigo-EPC/Codigo-EPC.html>.
- [23] ROBOTICcookware. Consultado en Octubre de 2010. Disponible en:

<http://www.ounae.com/index.php/vitacraft-sartenes-inteligentes-con-etiquetas-rfid>.

[24] Hi-tech RFID door look. Consultado en Diciembre de 2010. Disponible en: http://www.ubergizmo.com/15/archives/2005/09/hitech_rfid_doo.html.

[25] HARROP, P. y HOLLAND, G. Analysis of Case Studies, Paybacks, Lessons, Technologies and Ten Year Forecasts. 2008.

[26] El telepeaje Via-T. Consultado en Diciembre de 2010. Disponible en: <http://www.viat.es/>.

[27] Plan Nacional de Adopción de EPC – Colombia. Pedro Blanco. Compañía de Galletas Noel S.A. Colombia. 2007

[28] Introducción al RFID y sus aplicaciones en la Cadena de Distribución. Consultado en Diciembre de 2010. Disponible en: <http://mandos-cadena-valor.blogspot.com/2009/12/introduccion-al-rfid-y-aplicaciones-en.html>.

[29] Etiquetas Inteligentes. Consultado en Enero de 2011. Disponible en: <http://www.tec-mex.com.mx/promos/bit/bit0103-rfid.htm>.

[30] MORALES, R. Tecnología DSRC y el Equipo del Prototipo del Consorcio de la Industria de DSRC (DIC). Escuela Politécnica Nacional. Quito - Ecuador. Consultado en Diciembre de 2010. Disponible en: <http://clusterfie.epn.edu.ec/ibernal/html/CURSOS/Oct06Marzo07/ComInalam/TRabajos/TRABAJO3/G10/Proyecto%203%20Grupo%2010.ppt>.

[31] VITALE, E. C. Consideraciones sobre la puesta en marcha de un proyecto de RFID. Grupo Hasar. 2007. Consultado en Mayo de 2011. Disponible en <http://www.arlog.org/down/hasar.pdf>.

[32] GUZMÁN GUZMÁN, J. D. Diseño de antenas y caracterización de interferencias entre lectores RFID. Escuela Técnica Superior de Ingeniería. Universidad Rovira. Tarragona – España. 2009. Consultado en Enero de 2011. Disponible en: <http://cde05.etse.urv.es/pub/pdf/1415pub.pdf>

[33] CIUDAD HERRERA, J. M. y CASANOVAS, E. S. Estudio, diseño y simulación de un sistema de RFID basado en EPC. (s.f.). Consultado en Abril de 2011. Disponible en: <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/3552/2/40883-2.pdf>

[34] SUSANO URBINA, G. ¿Es RFID/EPC una herramienta para mi negocio?. GS1 Perú. Consultado en Junio de 2011. Disponible en: http://www.gs1pe.org/e_news/27_en_un_click_02.htm

[35] GIDEKEL, A. Introducción a la identificación por radio frecuencia. Telectrónica. Buenos Aires – Argentina. 2006. Consultado en Mayo de 2011. Disponible en: <http://www.slideshare.net/guest44be50/introduccion-a-la-tecnologia-rfid-lic-alan-gidekel>.

[36] Introducción a RFID. NextPoint Solutions. Consultado en Junio de 2011. Disponible en: <http://www.nextpoints.com/es/guias/item/download/25.html>

[37] El proyecto RFID y la selección de tecnología. NextPoint Solutions. Consultado en Junio de 2011. Disponible en: <http://www.nextpoints.com/es/guias/item/download/26.html>

[38] BUENO, L. Análisis del rendimiento de tags y lectores RFID UHF. NextPoint Solutions. Consultado en Junio de 2011. Disponible en: <http://www.nextpoints.com/es/guias/item/download/27.html>

[39] Comparativa tecnologías RFID (pasiva LF, HF, UHF y activa). NextPoint Solutions. Consultado en Junio de 2011. Disponible en: <http://www.nextpoints.com/es/guias/item/download/32.html>.