150-12

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY
CAMPUS CIUDAD DE MÉXICO

DIVISIÓN DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y COMUNICACIONES

TECNOLÓGICO DE MONTERREY

TECNOLÓGICO DE MONTERREY
BIBLIOTECA
Campus Ciudad de México

RFID EN LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA Y EL SECTOR SALUD

Autores

Luis Velásquez B.
Horacio Casso López L.
Sergio Acosta Z.

Asesor
Dr. Raúl Crespo S.

Profesor
MBA. J. Vicente Quintanilla B.

Patrocinador
Ing. Jorge Calderón V.

Sinodales
Dr. Rogelio Bustamante B.
Dr. J. Ramón Álvarez B.

EGIA-PROYE
HD38.5
V45
2005

vnb 10759517

CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN **1**

1. ÁREA DE DESARROLLO 1

2. RESUMEN 2

3. OBJETIVOS Y METAS 3

3.1. Objetivo general *3*

3.2. Objetivos específicos *3*

4. JUSTIFICACIÓN GENERAL 5

4.1 En cuanto a la sociedad *5*

4.2 En cuanto a lo económico *5*

4.3 En cuanto a lo legal *6*

5. ESTADO DEL ARTE 6

6. ALCANCES DEL PROYECTO 7

II. TEORÍA **10**

1. FRECUENCIAS DE OPERACIÓN 11

2. ESTÁNDARES 13

3. REGULARIZACIÓN 16

4. ETIQUETAS RFID 17

5. RFID vs. CÓDIGO DE BARRAS 18

6. LECTORES RFID 20

7. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA RFID 20

8. FUNCIONAMIENTO DE LECTORES DE ALTA FRECUENCIA 21

9. FUNCIONAMIENTO DE LA ETIQUETA 23

III. RESULTADOS **27**

1. EVALUACIÓN DE LECTORES 27

2. PÁGINA WEB 30

3. APLICACIONES DE RFID EN LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA Y EL SECTOR SALUD 35

4. CASOS DE ESTUDIO 39

5. DETERMINACIÓN DEL PATRÓN DE RADIACIÓN 43

6. APLICACIÓN RFID 56

6. 1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA *56*

6.2 JUSTIFICACIÓN DE APLICACIÓN *59*

6.3 DESCRIPCIÓN DE LOS MÓDULOS DEL SISTEMA *60*

6.3.1 Modulo 1: Inventario en tiempo real 60

6.3.2 Estandarización 61

6.3.3 Módulo 2: Creación de bases de datos propietarias 68

6.3.4 Módulo 3: Información médica del producto 69

7. DOCUMENTACIÓN: MANUAL DE USUARIO DEL SISTEMA RFID PARA CONTROL DE MEDICAMENTOS 71

7.1. INSTALACIÓN *71*

7.2 MENÚ PRINCIPAL *71*

7.3 INTERFAZ DE PRUEBAS RFID *72*

7.4 DESCRIPCIÓN DE LOS MÓDULOS DEL SISTEMA *83*

7.4.1 Módulo 1: Control de inventario 83

7.4.2 Módulo 2: Creación de bases de datos propietarias 88

7.4.3 Módulo 3: Información detallada del producto 94

IV. CONCLUSIONES **95**

V. GLOSARIO **97**

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS **103**

VII. BIBLIOGRAFÍA **104**

ANEXO A: COMPARACIÓN DE LECTORES EN EL MERCADO **105**

ANEXO B: EVALUACIÓN DE LECTORES EN EL MERCADO **106**

ANEXO C: POSTER DEL PROYECTO **107**

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Tecnológico de Monterrey Campus Ciudad de México.

Al Dr. Raúl Crespo Saucedo por su tiempo y asesoría otorgada.

Al Ing. Jorge Calderón V. por creer en nosotros.

Al MBA. Jose Vicente Quintanilla B. por las ideas y sugerencias a nuestro proyecto.

A nuestrso sinodales, el Dr. Rogelio Bustamante B. y el Dr José Ramón Álvarez B. por tomarse el tiempo de revisar nuestro proyecto y asistir a nuestras presentaciones.

Y finalmente al Departamento de Electrónica por el interés en el desarrollo de proyectos.

I. INTRODUCCIÓN

1. ÁREA DE DESARROLLO

Las tecnologías de identificación automática de productos se ven cada día con mayor frecuencia. En los últimos años, los procesos de identificación automática han traído soluciones a diversos sectores como la industria de servicio, compra y distribución de productos, tránsito de bienes, compañías manufactureras, etc. A pesar de las tecnologías existentes y la capacidad de los sistemas actuales, las necesidades de identificación han ido en aumento. El potencial de las tecnologías existentes se ha visto limitado por la exigencia de las nuevas aplicaciones. Una de ellas, la identificación por código de barras que revolucionó los sistemas de identificación hace varios años, resulta hoy en día inadecuada en muchas aplicaciones. Es por esto, que las tecnologías de identificación por radio frecuencia se han desarrollado de tal manera que puedan solucionar las necesidades de identificación actuales. La tecnología RFID ofrece ventajas importantes contra las demás tecnologías. No requiere de una posición específica para lectura ni de una línea directa de vista, ya que la información se transmite a través de ondas de radio. Otra gran ventaja es que RFID ofrece encriptación y mayor capacidad de datos con lo cual se obtienen soluciones para nuevas aplicaciones. Además tiene mayores velocidades de lectura y mayores distancias a las cuales se pueden efectuar las lecturas. Por estas características, se prevé que RFID será una de las tecnologías del sector radio-eléctrico que mayor crecimiento tendrá en los siguientes años. El potencial que tiene esta tecnología con respecto a otras tecnologías similares de identificación de productos es mucho mayor. El número de compañías involucradas en el desarrollo y venta de esta tecnología es bastante considerable, por lo cual el mercado de aplicación debe de ser tomado con seriedad.

La principal atracción de la tecnología RFID es dar soluciones más completas y eficientes a los problemas actuales. Esto es, mejorar las diversas aplicaciones basadas en tecnologías de identificación por frecuencias infrarrojas, en las cuales la distancia y los obstáculos representan problemas serios y limitaciones importantes, obstáculos que la tecnología RFID manipula notablemente [1].

Debido a los avances tecnológicos de los últimos años, la fabricación de los sistemas de RFID ha reducido sus costos, y siguiendo esta tendencia, las aplicaciones estudiadas en el proyecto tendrán posibilidad de ser implementadas a mayor escala. Todo lo anterior representa la utilidad y la necesidad de los sistemas RFID y el advenimiento de esta tecnología tendrá lugar de la misma forma en la cual llegaron otras tecnologías de alto impacto.

2. RESUMEN

Los sistemas de identificación por radio frecuencia traen soluciones a los procesos que se llevan a cabo diariamente. En la industria farmacéutica y el sector salud, hay muchos procesos que se podrían hacer más eficientes y de mejor forma a como se realizan actualmente. Algunos de estos son la fabricación, la distribución, el tráfico, el manejo y la autenticación de los productos empleados en esta industria. Las fallas en el manejo de los productos representan riesgos importantes y grandes problemas para las compañías farmacéuticas. Es por esto que se busca el desarrollo de soluciones para los procesos antes mencionados.

Empleando la tecnología RFID, este proyecto pretende dar soluciones viables a problemas presentes en la industria farmacéutica y el sector salud. Mediante la investigación y el estudio de los procesos realizados en el sector elegido, se desarrollará una aplicación para dar solución al manejo de fármacos mediante el control, el inventariado y la autenticación automática de los productos. En la aplicación elegida, se utilizarán algunas de las características más sobresalientes con las que cuenta un sistema de RFID.

3. OBJETIVOS Y METAS

3.1. Objetivo general

3.1.1. Diseñar un sistema de control y monitoreo automático de medicamentos basado en tecnología RFID (Radio Frecuency Identification) que permita optimizar un proceso específico de la industria farmacéutica y el sector salud.

3.2. Objetivos específicos

Primera Parte: Investigación

3.2.1 Familiarizarse con la tecnología RFID y sus aplicaciones generales.

3.2.2 Diseñar un sitio en Internet representativo del laboratorio de RFID, que muestre los proyectos presentes y futuros a desarrollarse.

3.2.3 Investigar los mejores fabricantes de lectores de RFID del mercado y entablar contacto con ellos. Llevar a cabo una estrategia para la adquisición de equipo.

3.2.4 Familiarizarse con el equipo del fabricante contactado a través de la lectura de hojas de especificaciones, artículos, manuales de operación. Mencionar las características fundamentales y sintetizar la información.

3.2.5 Realizar una investigación de RFID en la industria farmacéutica y el sector salud (analizar las aplicaciones existentes y las potenciales), establecer tablas y gráficas representativas.

Segunda Parte: Laboratorio de evaluación y pruebas

3.2.6 Dado un kit (etiquetas, lectores, antenas y middleware) de RFID comercial realizar pruebas de desempeño del sistema. Implementar diferentes escenarios utilizando diversas configuraciones de etiquetas, lectores y antenas, haciendo las adecuaciones en hardware y software necesarias para su óptimo funcionamiento.

3.2.7 Hacer pruebas considerando elementos reales presentes en la industria seleccionada, interferencia electromagnética, velocidad y volumen de lectura, posición de etiquetas y antenas, lectura sobre diferentes tipos de productos considerando su tamaño y adhesión de las etiquetas[1].

3.2.8 Buscar y seleccionar una aplicación de acuerdo con los casos de estudio para el diseño e implementación de un sistema RFID.

[1] Las pruebas realizadas estarán sujetas a los aparatos de medición proporcionados por el laboratorio.

Tercera Parte: Diseño del sistema

3.2.9 Describir y justificar las características particulares del sistema seleccionado. Definir el plan de acción para el desarrollo del proyecto.

3.2.10 Definir la sintaxis del código electrónico de producto (EPC) para optimizar y explotar la capacidad de información de las etiquetas, con el fin de adecuarla a las características y necesidades del sistema.

3.2.11 Estructurar una base de datos en MySQL que distribuya y administre la información obtenida incorporando la funcionalidad del lector Mercury4.

3.2.12 Programar una interfaz gráfica de usuario (GUI) que permita manipular la información generada por las aplicaciones del sistema de manera rápida y sencilla. Generar la documentación correspondiente a la aplicación desarrollada.

3.2.13 Diseñar y construir la infraestructura de un sistema piloto que nos permita modelar las variables que conforman el entorno real.

3.2.14 Elaborar la documentación y la presentación final, el póster y los entregables finales para la conclusión del proyecto.

4. JUSTIFICACIÓN GENERAL

4.1 En cuanto a la sociedad

Los beneficios de la tecnología RFID se reflejan claramente en la calidad de los servicios médicos y el control de productos farmacéuticos. Algunas de las aplicaciones ya existentes permiten evaluar los beneficios. El control automático, el inventariado, la autenticación y la logística de procesos son algunos de los beneficios más notables.

En la industria farmacéutica el control del producto durante su fabricación, distribución y venta se torna complejo y haría buen uso de la tecnología RFID. A lo largo de la cadena de consumo de productos farmacológicos, se realizan diversos procesos que generalmente se ven afectados por robos, negligencia del manejo, pérdidas y falta de logística. Además, existen problemas de fármacos genéricos de baja calidad o medicamentos clonados, los cuales se pueden detectar mediante la autenticación que ofrece la tecnología RFID. Actualmente, las partes afectadas son las industrias farmacéuticas y los consumidores finales.

4.2 En cuanto a lo económico

Las ventajas que podemos adquirir con la implementación de sistemas con tecnología RFID son diversas, ya que van desde beneficios en los procesos de producción, las operaciones, logística y la seguridad. Las instituciones especializadas en el cuidado de la salud sufren en general dos tipos de pérdidas: el de herramientas (material quirúrgico, equipo electrónico, etc.) y el de fármacos.

La alteración de medicamentos, los robos y las perdidas de medicamentos representan pérdidas económicas importantes tanto para las farmacéuticas como para los hospitales. Si se logran controlar las causas de éstas pérdidas, además de automatizar los procesos y la logística de operaciones de una farmacéutica, podríamos obtener una reducción importante de los costos. Esto beneficiaría tanto a las empresas del sector como a los consumidores finales.

Conforme el paso del tiempo, el avance de la tecnología puede llevar a RFID a controlar de forma óptima productos de menor costo, y así reducir los robos denominados "hormiga". Los robos de este tipo suman cantidades importantes de dinero, y es una acción difícil de controlar. Actualmente el costo de la tecnología RFID ha disminuido, sin embargo aun existen limitaciones económicas para implementar estos sistemas en ciertas aplicaciones donde el costo de las etiquetas lo hace imposible. La tecnología RFID pretende eventualmente reducir los costos para ampliar las aplicaciones.

4.3 En cuanto a lo legal

La Comisión Federal de Telecomunicaciones (COFETEL) es un organismo de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) encargado de la regularización del uso del espectro de frecuencias en México. Los equipos de RFID operan en algunas de las frecuencias dentro de rangos de radiación clasificados como: Baja frecuencia (LF) 125 – 134 Hz; alta frecuencia (HF) 13.56 MHz y ultra alta frecuencia (UHF) 860 – 960 MHz. La frecuencia de operación de cada equipo puede variar en el espectro. En el caso del equipo Mercury4 utilizado en este proyecto, la frecuencia de operación es de 910 a 930 MHz.

5. ESTADO DEL ARTE

Actualmente se piensa crear una red mundial para la localización y el rastreo de mercancías utilizando etiquetas y lectores RFID de bajo costo. Para conseguirlo, se está desarrollando una base de datos que se apoye en Internet para proveer una manera económica de compartir y transmitir información de cualquier producto.

Se planea que la mercancía posea un Código Electrónico de Producto (EPC) que tan sólo identifique al fabricante, al producto y a su categoría. Toda la información adicional (fecha de manufactura, caducidad, lugar de origen, etc.) estará en bases de datos disponibles a través de Internet, en las redes locales (LAN) de las compañías responsables del producto. Lo anterior tendrá notables ventajas, entre las que sobresalen la disminución del costo de las etiquetas debido a la reducción en la capacidad de almacenamiento de las mismas, y la posibilidad de almacenar en las bases de datos mucha más información de la que pudiera ser almacenada en una etiqueta RFID común.

Entre los principales obstáculos a los que se enfrenta la creación de la red mundial están los precios de venta que poseen altos costos de producción implicados; la poca demanda actual y la poca oferta de estos productos que origina una competencia mínima. Por otra parte, muchas empresas dicen que jamás revelarán sus procesos de operaciones de suministro para ser puesta en Internet porque no confían en la seguridad de la red mundial.

Los expertos aseguran que los aspectos tecnológicos están resueltos y que ahora sólo se necesita la implantación de la infraestructura. Con este fin se están desarrollando etiquetas, lectores, software y sistemas informáticos cuyos costos serán notablemente más bajos que los actuales. Todo esto con el propósito de que las compañías estén dispuestas a adquirir los equipos y lograr así la anhelada red global de rastreo de mercancías. Inclusive, buscando reducir costos, se está trabajando para desarrollar etiquetas que no tengan cobre y que estén basadas en polímeros conductivos que serán puestos en la tinta con que se impriman las etiquetas.

En cuanto a los estándares del *software*, la EPCglobal Inc, que es una organización sin fines de lucro, ratificó el primer *software* estándar para tecnología RFID utilizada en la cadena de suministros. Se planea que este nuevo software llamado *Application Level Events* (ALE) pueda simplificar de manera significativa las aplicaciones para negocios utilizando tecnología RFID, ya que creará un campo común de interoperabilidad entre los programas de los diferentes vendedores alrededor del mundo. Esencialmente el estándar da a los vendedores de software la posibilidad de crear productos que colecten, manejen, y dirijan datos que son generados por el *hardware* RFID: etiquetas y lectores en la cadena de suministros.

Actualmente *Sun Microsystems Inc*, junto con otros desarrolladores importantes de *software*, está vendiendo programas que cumplan con el nuevo estándar sin necesidad de nada extra. Además, muchas compañías como *Acsis, ConnecTerra, GlobeRanger, IBM, Progress Software* y *Reva Systems*, entre otras, están revisando su software RFID para que tenga interoperabilidad con el estándar de la *EPCglobal*. Sin embargo, todavía hay muchas compañías, sobre todo las pequeñas, que deben modificar su software RFID para volverlo compatible con el estándar si es que quieren entrar al mundo *EPCglobal*.

EPCglobal planea enviar su estándar a la *International Standards Organization* (ISO) para su ratificación, aunque es difícil saber para cuando será ratificado, pues toma más tiempo crear un estándar de *software* que uno de hardware debido a las diversas áreas de interpretación.

El estándar de *hardware* para tarjetas y etiquetas RFID, llamado *UHF Generation 2*, fue ratificado por *EPCglobal* en diciembre de 2004 y ya fue enviado a ISO. La ratificación de la ISO se espera para principios del año 2006. De conseguirlo, se convertiría en el primer estándar global para RFID en contar con la aprobación de la organización internacional de estándares. [7]

6. ALCANCES DEL PROYECTO

Nuestro proyecto se desarrollará en un periodo de un año. A continuación se detallan los alcances del proyecto.

"3.2.2 *Diseñar un sitio web representativo del laboratorio de RFID, que muestre los proyectos presentes y futuros a desarrollarse." (rfid.itecs.com.mx)*

- Publicación de un sitio *web* que incorpore aplicaciones de las principales herramientas de *Macromedia Studio MX*. Tendrá animaciones básicas en *Flash*, menú dinámico en *Fireworks* y administración del sitio utilizando *Dreamweaver*. El diseño gráfico se realizará utilizando *Adobe Photoshop*. El sitio nos permitirá mostrar la visión, los objetivos y el desarrollo del

proyecto. Además, es una carta de presentación para introducir nuestro proyecto a la comunidad del campus.

3.2.3 *"Investigar los mejores fabricantes de lectores de RFID del mercado y entablar contacto con ellos. Llevar a cabo una estrategia para la adquisición de equipo."*

- Realizar una evaluación detallada de los mejores lectores RFID disponibles en el mercado, considerando los factores de mayor importancia para las aplicaciones que demanda nuestro tema de estudio. Se buscará un equipo que presente la mejor compatibilidad con la tecnología RFID presente y futura.

"3.2.5 *Realizar una investigación extensiva de RFID en la industria farmacéutica y el sector salud (Analizar las aplicaciones existentes y las potenciales), establecer tablas y gráficas representativas.*"

- Elaboración de dos artículos basados en las investigaciones de RFID en la industria farmacéutica y el sector salud, en los que se especifiquen las principales aplicaciones de la tecnología y en los que haya elementos que justifiquen implementar el sistema y la utilidad de RFID en los sectores analizados. Presentación de casos de estudio significativos.
- Publicar al menos uno de los artículos anteriores en alguna revista de tecnología de importancia a nivel nacional.

"3.2.7. *Hacer pruebas considerando elementos reales presentes en la industria seleccionada, interferencia electromagnética, velocidad y volumen de lectura, posición de etiquetas y antenas y lectura sobre diferentes tipos de productos considerando diferentes tipos de etiquetas.*"

- Elaboración de documentación de las pruebas realizadas para sintetizar e interpretar los resultados obtenidos.

"3.2.8 *Buscar y seleccionar una aplicación de acuerdo con los casos de estudio para el diseño e implementación de un sistema RFID."*

- Selección de una aplicación la cual sea viable implementar de acuerdo a los casos de estudio analizados.

"3.2.9 Describir y justificar las características particulares del sistema seleccionado. Definir el plan de acción para el desarrollo del proyecto."

- Detallar el sistema elegido y los componentes del mismo. Se describirán las funciones realizadas por el software elaborado.

"3.2.10 Definir la sintaxis del código electrónico de producto (EPC) para optimizar y explotar la capacidad de información de las etiquetas, con el fin de adecuarla a las características y necesidades del sistema."

- En este alcance se definirán los campos que estarán implícitos en el EPC. Los campos básicos de la base de datos son: lugar de origen, marca, fabricante y producto. La programación de la base de datos se hará en MySQL y almacenará campos adicionales que se asociarán al EPC de cada producto en particular. Algunos de estos campos lote, fecha de caducidad e información médica.

"3.2.12 Programar una interfaz gráfica de usuario (GUI) que permita manipular la información generada por las aplicaciones del sistema de manera rápida y sencilla. Generar la documentación correspondiente a la aplicación desarrollada."

- Elaborar el software para el gabinete inteligente, el cual se compondrá de 3 módulos: módulo de creación de base de datos propietaria, módulo de inventariado en tiempo real y el módulo de información médica. La programación de las aplicaciones se realizará en lenguaje JAVA.

"3.2.13 Diseñar y construir la infraestructura de un sistema piloto que nos permita modelar las variables que conforman el entorno real."

- Se construirá un gabinete de dos niveles el cual contendrá los productos médicos a identificar por el sistema. El nivel superior contendrá la antena lectora de RFID.

"3.2.14 Elaborar la documentación y la presentación final, el póster y los entregables finales para la conclusión del proyecto."

- Se entregará un documento que describa el funcionamiento y la operación del sistema. Además, se elaborará un póster de divulgación científica, representativo del proyecto.

II. TEORÍA

La tecnología de identificación por radio frecuencia (RFID) permite la transmisión de datos entre un lector y una etiqueta sin la necesidad de tener contacto o línea de vista directa, a diversas distancias dependiendo de las etiquetas utilizadas, empleando energía electromagnética como medio de transmisión. Múltiples etiquetas pueden ser leídas y escritas de forma simultánea. La transmisión es realizada por un lector que cuenta con una fuente de energía y una etiqueta que envía información cuando se le solicita. Las etiquetas derivan la energía que emplean rectificando la energía RF incidente (etiquetas pasivas) o asistiéndose de una batería (etiquetas activas) [1] [2].

Una de las diferencias más importantes de los sistemas RFID es la interfase aérea que utilizan: los sistemas de baja frecuencia, cuya energía es caracterizada por longitudes de onda largas, se comunican en campos electromagnéticos cercanos, mientras sistemas de ultra alta frecuencia se comunican radiando la energía en campos magnéticos alejados. En los sistemas de baja frecuencia, se puede identificar al objeto detectando la carga en el trasformador primario en la presencia de un devanado secundario (la etiqueta), en tanto que los sistemas de campos magnéticos alejados detectan los objetivos recibiendo un reflejo de la transmisión original, similar a la operación de radares basados en el efecto *Doppler* [3].

Los criterios de diferenciación más importantes en sistemas RFID son la frecuencia de operación, la forma de acoplamiento físico y el rango del sistema. Los sistemas RFID pueden operar en frecuencias desde los 135 KHz hasta frecuencias en el rango de las microondas de 5.8 GHz. Los campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos son utilizados para el acoplamiento físico. Además, el rango de lectura puede variar desde algunos milímetros hasta 15 metros. Este proyecto analiza un sistema RFID en particular, que utiliza acoplamiento electromagnético (inductivo), frecuencia de operación de 915 MHz y de 3 a 15 metros como rango de lectura.

Los sistemas RFID que tienen un rango muy pequeño de alrededor de 1cm se les denominan sistemas de acoplamiento cercanos. Por otro lado, existen los sistemas de acoplamiento remoto, los cuales tienen un rango del orden de 1m. Generalmente los sistemas de acoplamiento remoto están basados en un acoplamiento inductivo (magnético) entre las etiquetas y el lector. Actualmente la mayoría de los sistemas de RFID vendidos son de acoplamiento inductivo. Los sistemas de acoplamiento capacitivo son muy pocos.

Los sistemas RFID que tienen rangos de lectura mayores a 1m, son denominados sistemas de largo rango y generalmente utilizan frecuencias de operación en la banda UHF y el rango de las microondas. Estos sistemas se llaman generalmente sistemas de *backscatter* debido al principio de

funcionamiento empleado. Las frecuencias a las que operan generalmente estos sistemas es del orden de los 915 MHz para Estados Unidos y de 868 MHz para Europa, sin embargo puede haber variaciones en la frecuencia de operación debido a estándares locales. En este proyecto se utiliza un lector Mercury4 con una frecuencia de operación de 915 MHz, del tipo de acoplamiento inductivo de largo alcance y de *backscatter*. Más adelante se especificará sobre esta forma de operación.
Actualmente se pueden alcanzar rangos de lectura de entre 3 y 15 metros dependiendo de la etiqueta utilizada y de la potencia del lector. Debido a que existen diferentes arquitecturas de etiquetas, existen algunas que pueden captar la energía del campo electromagnético a mayor distancia que otras. Por esta razón hay varios metros de variación en el rango de lectura. Además, existen etiquetas pasivas y activas, las primeras que se energizan del campo radiado por las antenas del lector y las segundas tienen una batería y pueden alcanzar rangos mayores de lectura.

Los elementos principales de un sistema RFID son: etiquetas, lectores, antenas, middleware y una computadora o servidor. La secuencia de operación comienza con la detección del objeto, donde el lector captura el código electrónico del producto *EPC*[2] guardado en la etiqueta. La información se recibe mediante las antenas conectadas al lector. La información es enviada hacia el *middleware*, que es el programa encargado de traducir los datos obtenidos por el lector a un lenguaje que entienda un servidor, una computadora especializada para administrar la base de datos. El valor agregado del sistema resulta en la comunicación con diversos dispositivos de alta tecnología como *routers y switches* en redes LAN, WAN (10/100 Base T Ethernet, Wireless 802.11x, Bluetooth) y dispositivos personales (PALM, Tablet PCs, Celulares).

1. FRECUENCIAS DE OPERACIÓN

La frecuencia de operación es un factor determinante en la selección del sistema RFID más adecuado en una aplicación específica, se relaciona con el método de acoplamiento físico, el rango de lectura e inclusive en ciertas ocasiones con la velocidad de transmisión de la aplicación. Los sistemas RFID funcionan en un amplio rango de frecuencias desde 135KHz a 5.8GHz en los sistemas microondas. Las tres principales frecuencias utilizadas para aplicaciones RFID actualmente son baja frecuencia (LF), alta frecuencia (HF) y ultra alta frecuencia (UHF), sin embargo existen una gran diversidad de sistemas que emplean frecuencias diferentes a las mostradas en la tabla 1.1.

[2] El código EPC (Electronic Product Code) es un número de identificación formado por 64, 96 o más bits, definido por el Laboratorio Auto-ID del MIT. Consiste en un CRC (Cyclic Redundancy Check), un código de identificación con un número variable de bits y una contraseña. En realidad se observan diversas configuraciones ratificadas por organismos de regulación, EPCglobal [3].

SISTEMA RFID	LF	HF	UHF
Frecuencia de operación	125 - 134 KHz	13.56 MHz	860 - 960 MHz
Distancia máxima de lectura	50 cm	1 m	15 m
Método de acoplamiento físico	Magnético/Eléctrico	Magnético/Eléctrico	Electromagnético
Características especiales	Transmisión a través de agua, madera y aluminio Recomendable para uso en animales y humanos	Tasa de transmisión mayor que etiquetas Recomendable para transmitir con fluidos presentes Capaz de leer 100 etiquetas por segundo	Tasa de transmisión de datos elevada Recomendable para aplicaciones a distancia considerable Capaz de leer 200 etiquetas por segundo
Limitaciones	Alta sensibilidad a materiales metálicos Tasa de transmisión de datos baja	Sensibilidad a materiales metálicos*	Sensibilidad a materiales metálicos** Alta sensibilidad a la presencia de agua Incapacidad de transmitir a través de madera, animales y humanos

TABLA 1.1 Frecuencias de operación.

* Requiere una pulgada de distancia para funcionar correctamente

** Requiere dos pulgadas de distancia para funcionar correctamente

Específicamente en el desarrollo del proyecto el análisis se enfocará en los sistemas UHF característicos por proporcionar un rango de lectura mayor a 1m, generalmente denominados sistemas de largo alcance operan en frecuencias de 868MHz (Europa), 915MHz (Estados Unidos) y 950MHz (Japón). Es importante mencionar la existencia de sistemas con características similares en un rango superior de frecuencias microondas 2.5GHz a 5.8GHz. Los sistemas con una frecuencia de operación en la banda de UHF o superior presentan una eficiencia mayor y permiten la construcción de antenas de dimensiones reducidas debido a las cortas longitudes de onda correspondientes. El sistema utilizado en el desarrollo del proyecto opera a una frecuencia de 915 MHz la longitud de onda correspondiente es de aproximadamente 33cm. La frecuencia de operación del sistema determina el desempeño en la presencia de metales, líquidos y materiales no conductores, la razón de absorción o atenuación en

presencia de agua o sustancias no conductivas a una frecuencia de 100KHz es 100,000 menor que a una frecuencia de 1GHz [8].

Finalmente se puede observar los diversos factores asociados con la selección de una frecuencia de operación en relación con el rango de lectura, la tasa de transferencia de bits e inclusive modifica por completo la naturaleza del sistema.

2. ESTÁNDARES

El desarrollo de equipos RFID que operan en frecuencias UHF llevó en el pasado al uso sin licencia de rangos de frecuencias industriales, científicas y médicas (ISM). La solución fue la creación de diversos protocolos de estandarización que permitan establecer un código de comunicación unificado en el uso de dispositivos RFID. Un resumen de las principales características de los protocolos de primera generación se muestra en la Tabla 2.1 [3].

Parámetros	Auto-ID Clase 0	Auto-ID Clase 1	ISO 18000-6A	ISO 18000-6B
LECTOR – ETIQUETA				
Frecuencia de operación	902-928 MHz	902-928 MHz	860-930 MHz	860-930 MHz
Interfase aérea	AM PWM	AM PWM	ASK	Manchester ASK
Periodo de bit	EU: 25/12.5 µs Europa: 62.5 µs	EU: 14.25 µs Europa:	Dato '0': 20 µs Dato '1': 40 µs	125/25 µs
Taza de transferencia	EU:40/80 kb/s	EU: 70.18 kb/s	33 kb/s	8/40 kb/s
Ciclo de trabajo (peor caso)	52% Dato '1' bajo por 6 µs	62.5% Dato '1' bajo por 3To/8	50% Dato '0' bajo por 10 µs	50% Código Manchester
Índice de modulación	[20%, 100%]	[30%, 100%]	[27%, 100%]	Nom. [13%, 17%] Nom. [90%,100%]
ETIQUETA – LECTOR				
Interfase aérea	Backscatter pasivo: FSK	Backscatter pasivo: AM intervalo de pulso	Backscatter pasivo: AM Bi-fase	Backscatter pasivo: AM Bi-fase
Periodo de bit	EU: 25/12.5 µs Europa: 62.5 µs	EU: 7.13 µs Europa: 33.33 µs	25 µs	25 µs
Taza de transferencia	EU: 40/80 kb/s Europa: 16 kb/s	EU:140.35 kb/s Europa: 30 kb/s	40 kb/s	40 kb/s
GENERAL				
Duración de señal reset	800 µs	64 µs	300 µs	400 µs

Manejo de colisiones	Búsqueda determinística de árbol binario	Determinística / Segmentada	Adaptable	Búsqueda probabilística de árbol binario
Velocidad de lectura de etiquetas	200 etiquetas/s	No especificada	100 etiquetas/s	100 etiquetas/s
Capacidad de etiqueta	No limitado por estándares	300^4	300^5	300^6
		MEMORIA		
Tipo de memoria	Sólo lectura	Programable	Programable	Programable
Organización de la memoria	EPC: 64/96 bits Código Kill: 24 bits Total>= 120 bits	EPC: 64/96 bits Código Kill: 8 bits Total >= 104 bits	256 bloques 256 bits/bloque (2kb)	256 bloques 8 bits/ bloque (2kb)
		SEGURIDAD / PRIVACIDAD		
Características	Moderadas Contraseña de 24 bits	El lector puede pedir la contraseña de eliminación	No tiene comando de eliminación	No tiene comando de eliminación

TABLA 2.1 Estándares de Generación 1 para RFID UHF.

Los valores que se muestran en la tabla 2.1 se obtuvieron de los estándares de primera generación: Auto-ID Class 0, Auto-ID Class 1, ISO 18000-6 A, ISO 18000-6B. En estos documentos se detallan extensivamente cada uno de los parámetros que se incluyen en la tabla 2.1.

Los protocolos que se incluyen en la tabla 2.1 son de generación 1, sin embargo actualmente ya existen protocolos de generación 2. Estos nuevos protocolos se tienen mejorías significantes con respecto a los protocolos de generación 1 y se detallan en la tabla 2.2. La estructura de clases EPC es generalmente confundida con las categorías generación 1 y generación 2. En realidad clase no es lo mismo que generación, ya que la clase describe la funcionalidad específica de una etiqueta, mientras que la generación especifica un lanzamiento mayor de etiquetas. La generación se puede entender como una versión mientras que clase se entiende por categoría. La generación 2 es específicamente EPC Clase 1 Generación 2, indicando que se trata de la segunda versión de una etiqueta con capacidad de lectura – escritura.

CLASE V
Las etiquetas clase V son prácticamente lectores. Pueden energizar otras etiquetas como clase I y II. También se pueden comunicar con otros lectores y con otras etiquetas clase IV de manera inalámbrica.
CLASE IV
Son etiquetas activas, las cuales son capacez de establecer una comunicación por capas (peer-to-peer) con otras etiquetas activas en la misma banda de frecuencias.
CLASE III
Las etiquetas clase III son semi-pasivas. Pueden soportar comunicación en banda ancha.
CLASE II
Las etiquetas clase II son etiquetas pasivas con características avanzadas como mayor capacidad de memoria y encriptación.
CLASE I/0
Las etiquetas clase 0 son etiquetas pasivas de solo lectura. Las etiquetas clase 1 son pasivas de lectura-escritura.

TABLA 2.2. Estructura de clases EPC

3. REGULARIZACIÓN

El desempeño de los dispositivos RFID no sólo depende de las diferentes características mencionadas como la frecuencia de operación y los diferentes estándares definidos en la sección anterior, sino que también dependen del nivel de potencia emitido por el lector y el ancho de banda disponible [2]. La asignación de rangos de frecuencia y niveles de potencia varía alrededor del mundo.

Norte América – En los Estados Unidos, el organismo encargado de realizar esta labor es la FCC (Federal Communications Commission). El rango de frecuencias sin licencia establece una banda de 902 – 928 MHz. Las regularizaciones en los niveles de potencia son de 1 W total y 4 W de potencia isotrópica radiada efectiva (EIRP).

Europa – El organismo encargado de la regularización es la ETSI (European Telecommunications Standards Institute) con el estándar EN 300 220-1 y la ERC (European Radio Communications) con la Recomendación 70-03, establecen un criterio considerablemente inferior a la FCC. Proveen de una banda de frecuencia sumamente angosta de 869.4 – 869.65 MHz. El problema radica en que la gran mayoría de frecuencias del espectro ya han sido asignadas a diversos usos. La potencia emitida se encuentra a su vez limitada a 500 mW. Considerando la necesidad de una asignación mayor del espectro, la ETSI se ha encaminado a incrementar el ancho de banda de 250 kHz a 3 MHz, cubriendo una banda total de 865 – 868 MHz. Estipuladas en la EN 302 208-1 v1.1.1. Por otra parte define una serie de clases que se pueden utilizar cuando observamos una interferencia potencialmente considerable:

Clase de potencia 11: 100 mW ERP (865 – 868 MHz)

Clase de potencia 12: 500 mW ERP (865.6 – 868 Mhz)

Clase de potencia 13: 2 W ERP (865.6 – 867.6 MHz)

Asia – Por último los países orientales se encuentran en desarrollo o adopción de estándares y regularización. Japón ha permitido temporalmente el uso de la banda de frecuencia de 950 – 956 MHz. La regularización se realiza por parte de la MPMHAPT (Ministry of Public Managment, Home Affairs, Posts and Telecommunications). Finalmente los países de China y Korea se encuentran aún en un estado de observación, en Korea se ha permitido el uso de frecuencias en aplicaciones RFID, China considera establecer frecuencias en la utilización de etiquetas activas. Actualmente el mundo se encuentra a la expectativa de que éstas naciones que son consideradas sumamente importantes tomen una postura concreta.

4. ETIQUETAS RFID

Las etiquetas RFID consisten principalmente en receptor, transmisor, antena, microcontrolador y memoria. Presentan una gran variedad de formas y generalmente son diseñadas para una aplicación específica. Considerando la fuente de energía que las alimenta, las podemos clasificar en dos grandes grupos: etiquetas pasivas (derivan la energía de alimentación rectificando la energía RF incidente) y etiquetas activas (asistidas de una batería) [3].

ETIQUETAS ACTIVAS VS ETIQUETAS PASIVAS		
Propiedades	**Etiquetas activas**	**Etiquetas pasivas**
Inmunidad al ruido	✓	×
Tamaño físico	×	✓
Costo	×	✓
Vida útil	×	✓*
Rango de lectura	✓	×
Tasa de transmisión de datos**	✓	×
Peso	×	✓
Requerimientos de la potencia del lector	✓	×
Almacenamiento de datos	✓	×

TABLA 4.1 Etiquetas activas vs. pasivas.
* Virtualmente ilimitada.
** Cuando son usados en modo de respuesta de HF

Las etiquetas activas se caracterizan por la presencia de una batería que provee de energía al microcontrolador y a la transmisión de datos, incrementando la funcionalidad de la etiqueta, obviamente a un costo económico mayor en la producción y mantenimiento. La distancia es un factor determinante en las etiquetas activas, pues la energía obtenida de la batería permite realizar una modulación más completa y una transmisión con mayor potencia, por lo que la distancia de lectura se incrementa considerablemente, alrededor de 100 m. La vida de la batería puede ser de hasta 7 años dependiendo de la frecuencia (número de lecturas) con la que la información es transmitida. Generalmente una comunicación más robusta permite enfocarse a un grupo de diferentes aplicaciones [2].

Las etiquetas pasivas no contienen su propia fuente de poder, sino que absorben la energía del campo de radio frecuencia propagada por la antena del lector, esta energía provee a la etiqueta la energía suficiente para "despertar" a su chip y enviar a la antena receptora la información contenida en

su memoria. Los niveles de potencia reducida limitan la capacidad en la transmisión de la información, reduciendo la distancia de lectura considerablemente [4]. La distancia de lectura reducida tiene la ventaja de prevenir que una etiqueta sea leída inadvertidamente por un lector que no deba obtener la información de la etiqueta en cuestión. Debido a que las etiquetas pasivas carecen de baterías internas, pueden ser muy pequeñas y lo suficientemente delgadas para ser integradas en una etiqueta adherible [2].

El potencial comercial de la tecnología RFID se enfoca principalmente en las etiquetas pasivas, que es la aplicación más económica de RFID debido a los componentes requeridos. La carencia de una batería propia permite reducir la necesidad de mantenimiento, disminuyendo en una proporción considerable la complejidad de diseño y el costo de elaboración. Las etiquetas pasivas RFID, pesar de no tener batería, pueden ser leídas a distancia, y al igual que las etiquetas activas, no requieren una trayectoria lineal visible entre la etiqueta y el lector.

5. RFID vs. CÓDIGO DE BARRAS

Sin duda alguna, la tecnología contra la que más suelen compararse las etiquetas RFID es la del código de barras. Esto muy probablemente se deba a que ambas tecnologías cumplen funciones similares; sin embargo, es innegable que las etiquetas RFID ofrecen ventajas sobre las de código de barras.

A continuación mostramos una tabla en la que se comparan ambas tecnologías considerando los aspectos que juzgamos más importantes, ya que son los que distinguen ambas etiquetas.

RFID VS. CÓDIGO DE BARRAS		
Criterios	**Etiquetas RFID**	**Código de barras**
Intervención humana en la lectura	No necesaria en la mayoría de las aplicaciones	Indispensable
Posibilidad de error humano	Menor	Mayor
Linea de vista para la lectura	No necesaria	Indispensable
Necesidad de escaneo individual (artículo por artículo)	No	Sí
Lugares en los que se puede colocar la etiqueta	Exterior e Interior del empaque	Exterior del empaque
Lectura a través de otros productos	Posible	Imposible

Rango de lectura (distancia máxima)	Mayor (30 metros)	Menor (20 cm.)
Memoria de lectura/escritura	Sí	No
Capacidad de almacenamiento de datos	Mayor	Menor
Resistencia a la suciedad	Mayor	Menor
Resistencia a la humedad	Mayor	Menor
Resistencia a la abrasión	Mayor	Menor
Capacidad para distinguir productos únicos	Sí	No
Posibilidad de rastreo de productos	Sí	No
Posibilidad de monitoreo en tiempo real	Sí	No
Capacidad para aumentar la seguridad	Posible	Imposible
Precios de los consumibles para su fabricación	Mayores	Menores
Precio en general	Mayor	Menor
Estándares	En proceso	Bien definidos
Aceptación de los usuarios	Menor	Mayor
Familiaridad	Menor	Mayor

TABLA 5.1 RFID vs. Código de barras

Como observamos en tabla 5.1, las ventajas que ofrece la tecnología RFID son considerables. No obstante, hay que notar que el código de barras tiene una de las ventajas más importantes: el costo presente y futuro (pues la materia prima para producir un código de barras siempre será más barata).

Viendo los resultados podemos concluir que las etiquetas RFID tienen un rango mucho mayor de aplicaciones y características especiales que harán que terminen sustituyendo a los códigos de barras en muchas tareas. Sin embargo, muy probablemente nunca las suplirán para etiquetar productos de muy bajo o bajo costo, pues el precio de la etiqueta nunca podrá ser lo suficientemente bajo como para que se justifique económicamente etiquetar esa clase de productos.

6. LECTORES RFID

El lector de RFID consiste en una antena (en ciertos modelos se encuentra integrada, especialmente en los lectores de mano y en el resto tienen puertos para la conexión de una o varias antenas), una interfase de radio y una unidad de control. La unidad de control se encarga de ejecutar el protocolo de comunicación e interpreta la información recibida de las etiquetas. La interfaz de radio realiza la detección, modulación y demodulación de la señal transmitida por el lector y la enviada por la etiqueta, e inclusive en modelos avanzados ejecuta aplicaciones con la que podemos realizar un pre-procesamiento de la información [4].

Los lectores presentan diferentes especificaciones, los más importantes son la capacidad de leer etiquetas utilizando diferentes protocolos, filtrar información y ejecutar aplicaciones. Los lectores que puedan realizar las funciones mencionadas anteriormente se denominan lectores inteligentes, el resto conocido como lectores tontos tienen una funcionalidad limitada, pero su costo es menor [5]. Los lectores RFID tienen formas, frecuencias y funciones diferentes. Podemos observar que el diseño del lector depende de la aplicación para la cual fue construido [2]. A continuación se describen los parámetros técnicos del funcionamiento de un sistema RFID.

7. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA RFID

Los componentes básicos de un sistema RFID son la etiqueta y el lector. Cada uno de estos desempeña diferentes funciones que serán analizadas a detalle posteriormente. El funcionamiento general se puede describir de la siguiente forma analizando secuencialmente las comunicaciones que ocurren entre el lector y la antena. El lector emite un campo electromagnético con una onda senoidal portadora continua. Cuando la etiqueta entra al campo generado por el lector, esta recibe energía del campo. Después de que la etiqueta ha recibido suficiente energía, ésta modula la señal portadora dependiendo de la información guardada en la etiqueta. Esta señal portadora modulada es reenviada hacia el lector. Esta señal causa una perturbación en la amplitud de voltaje a través de la antena receptora del lector. Las perturbaciones son detectadas por un circuito detector de envolvente. Posteriormente el lector detecta la señal y realiza la recepción, demodulación y decodificación. Finalmente, la información es enviada a una computadora a través del *middleware*, de acuerdo a la función o aplicación específica que se le haya asignado al sistema [6].

La secuencia de eventos en el lector es la siguiente:

a. Proporcionar energía a la etiqueta
b. Proveer de la señal portadora
c. Detectar y decodificar la señal modulada

Las funciones de la etiqueta son:

a. Recibir la energía provista por el lector
b. Resonar la señal portadora del lector
c. Modular la señal resonada y enviarla de regreso al lector.

8. FUNCIONAMIENTO DE LECTORES DE ALTA FRECUENCIA

Un lector RFID es un radio sofisticado. La energía para transmitir la onda de radio viene de una fuente externa de poder, como puede ser una batería o una alimentación de CA. Dentro del lector un DSP (Procesador de Señales Digitales) y un procesador regular controlan el flujo de electricidad modulando la frecuencia y la amplitud de la onda que el lector genera. Este flujo de electricidad es llevado a la antena por medio de un cable coaxial. La antena transmite una onda de radiofrecuencia que posee los datos.

Después de que la antena recibe la señal recibida y reenviada por la etiqueta, el lector la baja a sus circuitos los cuales la decodifican para crear información útil.

El lector sirve como emisor cuando la comunicación se da del lector hacia la etiqueta y como receptor cuando recibe la señal que la etiqueta reenvió. De la misma manera, pero en momentos opuestos, la etiqueta también tiene la doble funcionalidad de emisor-receptor. Para una comunicación más eficiente entre etiqueta y lector, la orientación de la antena de la etiqueta y de la antena del lector necesita ser igual. Si por la aplicación del sistema RFID la orientación de las etiquetas se dará de manera aleatoria, no conviene el uso de una antena linealmente polarizada ya que se perderá eficiencia en la lectura. Para esta aplicación, una antena con polarización circular trabaja mejor.

La polarización nos dice la orientación de las ondas electromagnéticas radiadas por la antena. Los dos tipos básicos de polarización son linear y circular. Con una polarización circular la señal radiada estará girando.

El lector, mientras está en operación, emite constantemente un campo de radio frecuencia, el cual es un campo electromagnético variante en el tiempo en el rango de los KHz o los MHz dependiendo del sistema RFID. Al entrar la etiqueta en una zona donde el campo del lector es lo suficientemente denso, la etiqueta se energiza y genera un voltaje DC a través de sus devanados. Es sabido que un circuito cerrado en la presencia de un campo electromagnético presenta un voltaje a lo largo del circuito, este circuito es la antena de la etiqueta RFID.

El campo magnético generado por el lector es medido de la siguiente manera:

$$B = \frac{\mu_o I N a^2}{2(a^2 + r^2)^{3/2}}$$

μ_o es la permeabilidad del espacio ($4\pi \times 10^{-7}$)

I es la corriente a través del devanado

N es el número de vueltas del devanado

a es el radio del devanado

r es la distancia perpendicular desde el centro del devanado

Como puede verse en la ecuación anterior, el campo es inversamente proporcional al doble del cubo de la distancia entre el centro del devanado y el lector. Este sería la mayor limitante para alcanzar rangos de lectura grandes en este tipo de etiquetas pasivas. Una manera de incrementar el rango de lectura es incrementando el tamaño de la antena. A mayor tamaño de la antena, el campo inducido es mayor. Otra manera de incrementar el campo recibido por la antena es aumentando el número de vueltas-ampere *NI*. Sin embargo, ambas formas de incrementar el campo en la antena tienen desventajas. Por un lado, aumentar el tamaño de la antena la hace menos portátil y el lector se vuelve más caro. Por otra parte, el incrementar el número de ampere-vueltas, *NI*, incrementa la inductancia en el circuito lector de la antena, la cual incrementa con el cuadrado de las vueltas totales. Una carga inductiva grande resulta en grandes cantidades de potencia reflejada, al igual que una variación importante en la impedancia como función de la frecuencia.

Debido a que las antenas tienen un radio en sus devanados mucho mas pequeño en comparación con la distancia hasta el lector, el radio del devanado puede despreciarse de la ecuación, por lo que obtenemos la siguiente expresión:

$$B = \frac{\mu_o I N a^2}{2r^3}$$

El campo electromagnético emitido por el lector contiene la señal portadora senoidal, la cual será recibida por la etiqueta. La frecuencia a la que operan estos sistemas es generalmente alta, alrededor de los 915 MHz [6]. La señal emitida por el lector es utilizada para energizar a la etiqueta, además es la portadora que será utilizada por los datos de regreso de la etiqueta. En algunos casos la portadora también proporciona la fuente de sincronización. Una vez que la etiqueta modula la portadora, la envía de regreso hacia el lector. El conjunto de señales que se envían de regreso se llama modulación *backscatter* (MBS). El diseño del lector debe de considerar el tipo de modulación a emplear, los cuales pueden ser ASK, FSK o PSK. (Estos tipos de modulación los podemos encontrar en el apéndice anexo). Esta información es decodificada por el lector, utilizando algún algoritmo de decodificación como lo puede ser NRZ, Manchester o Manchester Diferencial, entre otros.

La conformación del sistema lector RFID en diagrama de bloques se muestra en la figura 8.1. Podemos separar este diagrama como una parte receptora y otra parte transmisora. La sección transmisora contiene un oscilador adecuado a la frecuencia RF, un amplificador de potencia y el circuito acoplador, el cual acopla la impedancia entre el devanado de la antena y el amplificador de potencia a la frecuencia escogida. La parte receptora del lector incluye el detector de envolvente, filtros pasaaltas y amplificadores. La antena recibe la señal, de manera que se tienen perturbaciones de voltaje a lo largo del cuerpo de la antena receptora. El detector de envolvente detecta los voltajes y son pasados al amplificador, el cual filtra el ruido adherido a la señal y la amplifica. Posteriormente la señal se transmite a un microcontrolador el cual computa los datos leídos para satisfacer la aplicación del sistema.

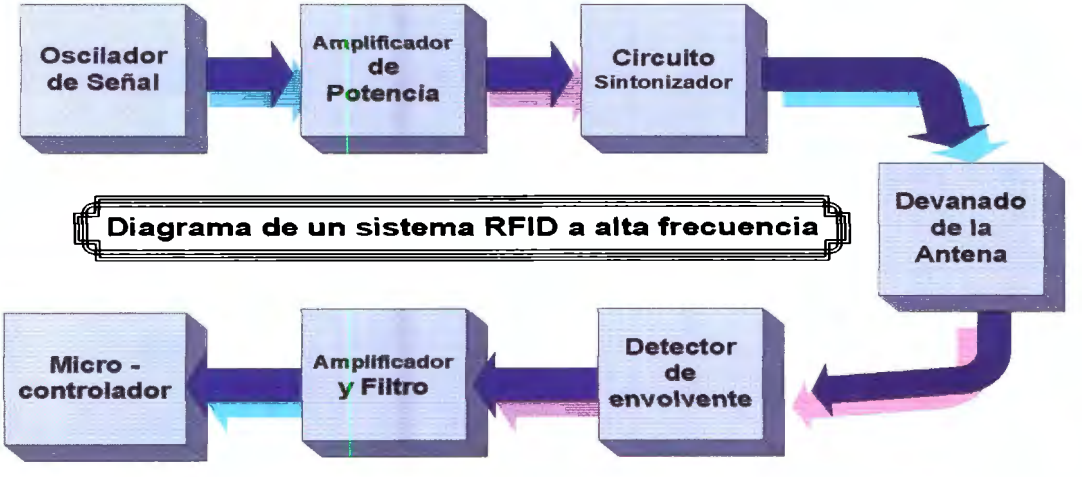


FIGURA 8.1 Diagrama a bloques del dispositivo lector en un sistema RFID. El sistema puede ser dividido en dos partes, la receptora y la emisora. La sección emisora incluye un oscilador, un amplificador de potencia y un circuito sintonizador. La sección receptora, incluye el detector de envolvente, un filtro pasaaltas y un amplificador con filtro.

9. FUNCIONAMIENTO DE LA ETIQUETA

El desempeño de la etiqueta está determinado, principalmente, por la antena y el circuito integrado. Básicamente, el rol de la etiqueta es recibir la señal, energizar su chip (con información grabada en él) y transmitir esa información.

Una etiqueta pasiva consta de tres componentes que le permiten recibir y transmitir señales de una manera eficiente: 1) un circuito integrado, 2) una antena (o elemento de acoplamiento) y 3) el sustrato (material que une los elementos de la etiqueta).

El circuito integrado es un chip que almacena datos y ejecuta comandos específicos. Su diseño determina si la etiqueta es de sólo lectura o de lectura-escritura.

La función de la antena es absorber las ondas de radio frecuencia y enviar una señal de regreso. La antena recolecta energía del campo de radiofrecuencia (emitida por el lector) para energizar la

etiqueta, energía que es utilizada para excitar al circuito integrado y hacerlo funcionar. Este proceso es llamado acoplamiento porque la antena de la etiqueta debe de acoplarse con el campo electromagnético emitido por el lector RFID. El acoplamiento nos dice el grado con el que el poder es transferido de un componente del sistema a otro, en este caso del aire a la antena.

El tamaño de la antena es crítico para el desempeño de la etiqueta porque usualmente va ligado al rango de lectura; una antena más grande puede recolectar más energía y, por lo tanto, emitir más energía de regreso.

Otro factor importante a considerar es la forma de la antena. Las etiquetas UHF suelen tener diseños que se asemejan a las antenas antiguas de radio o televisión porque las frecuencias UHF tienen una naturaleza más puramente eléctrica.

Para el sustrato los fabricantes suelen utilizar Mylar o películas plásticas; la antena y el chip se integran en él.

Las antenas vienen en varios tamaños y formas, y su diseño cambia su funcionamiento dramáticamente. Uno de los problemas fundamentales de los sistemas RFID es que el lector pueda transmitir suficiente poder a las etiquetas para energizarlas y conseguir de ellas una respuesta satisfactoria. El poder transmitido se considera adecuado cuando la etiqueta puede consumir, usar y reflejar el poder de radiofrecuencia (usualmente una etiqueta requiere -10 dB de poder).

Para que una onda de radiofrecuencia energice apropiadamente una etiqueta pasiva, la corriente eléctrica proveniente del lector RFID debe de golpear a la antena, según la ley de Gauss, ortogonalmente (en ángulos rectos). Debido a esto, algunas antenas son diseñadas para tener diferentes ángulos y así poder acoplarse con la onda de radiofrecuencia en más oportunidades, este tipo de antena es conocido como "insensible a la orientación".

Algunos diseños de antenas incorporan múltiples antenas, cada una de ellas polarizada en una dirección diferente pero en el mismo plano. Esto permite poner antenas del lector en diferentes direcciones y aún tener una buena tasa de lectura. Otra idea innovadora es poner dos antenas en un chip, lo que proporciona una doble sensibilidad a la orientación porque las antenas de la etiqueta están montadas haciendo ángulos rectos entre sí.

.A pesar de que las etiquetas a menudo son identificadas por la forma de su antena, el circuito integrado de la etiqueta determina en mayor grado el desempeño general de la misma. El *chip* o circuito integrado es el responsable de convertir la energía de radiofrecuencia en poder eléctrico útil, almacenar los datos, y modular la señal que la etiqueta reenvía al lector.

El circuito integrado recibe la energía de la antena en forma de una corriente oscilatoria a la frecuencia de la transmisión del lector. Esta corriente debe de ser convertida y rectificada por un

circuito oscilador sintonizado a una frecuencia específica. La precisión de estos componentes determina la eficiencia de la conversión de poder.

Todas las antenas tienen un elemento capacitivo (para almacenar energía magnética) y un elemento inductivo (para almacenar energía eléctrica), que juntos constituyen la impedancia de la antena, que es un factor muy importante al buscar la máxima transferencia de poder.

Para una máxima transferencia de poder, además, debe de haber un acoplamiento de impedancias entre el chip y la antena, de lo contrario cierta cantidad de poder será reflejado fuera del chip y no podrá ser utilizado por la etiqueta.

El procedimiento mediante el cual la etiqueta se energiza es similar al funcionamiento de los transformadores. En teoría tenemos dos devanados, uno activo y el otro pasivo. Uno de ellos recibe un voltaje inducido en función de las variables del campo **B**. El acoplamiento inductivo puede ser evaluado mediante la siguiente ecuación:

$$V = -N\frac{d\phi}{dt}$$

N es el número de vueltas en el devanado de la etiqueta

Φ es el flujo magnético que pasa a través de la superficie del devanado

Podemos relacionar la ecuación de potencial V con la ecuación de campo magnético **B** mediante:

$\Phi = \int \mathbf{B} \bullet d\mathbf{S}$, donde **B** es el campo magnético total y **S** es el área del devanado de la antena.

Debido a la interpretación de la ecuación del flujo, podemos ver que se obtiene un mayor flujo magnético en la antena cuando la etiqueta se encuentra en paralelo con el lector, es decir, que su orientación es la misma. Si sustituimos los valores de las ecuaciones de flujo, campo magnético, obtenemos que el voltaje en la antena es:

$$V = -\frac{\mu_o N_1 N_2 a^2 (\pi b^2)}{2(a^2+b^2)^{3/2}}\frac{di}{dt}$$

N_1 es el número de vueltas en la antena del lector

N_2 es el número de vueltas en la etiqueta

a es el radio del devanado del lector

b es el radio del devanado en la etiqueta

r es la distancia entre los dos devanados

i es la corriente en el devanado

Este voltaje es alterno (AC) debido a la naturaleza del campo magnético. El voltaje necesita ser convertido a DC para poder ser utilizado por la antena. Esto se puede realizar mediante un circuito diodo-capacitor.

El circuito equivalente de la etiqueta se muestra en la FIGURA 9.1. Esta configuración tiene su naturaleza en el hecho de que una capacitancia en paralelo con una inductancia tiene una frecuencia de resonancia dada por la ecuación:

$$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

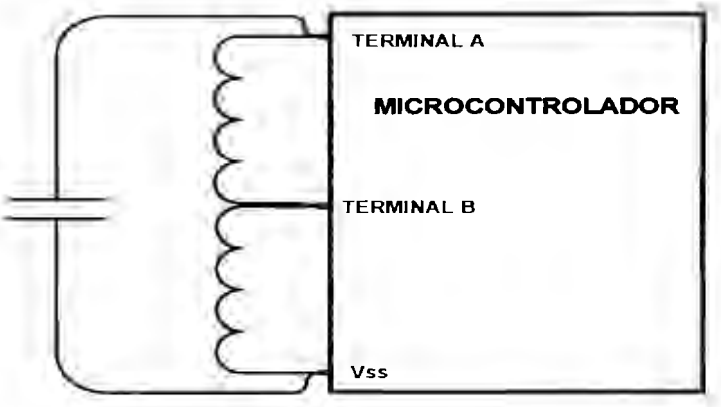


FIGURA 9.1 Aproximación del circuito equivalente de la etiqueta pasiva utilizada en un sistema RFID. El microcontrolador hace las conexiones necesarias entre las terminales para variar la frecuencia de resonancia emitida por la etiqueta.

De esta forma, es necesario que los valores de capacitancia e inductancia sean adecuados para que la frecuencia de resonancia sea la misma frecuencia que utiliza el lector. Como podemos observar en la FIGURA 9.1., la terminal A y la terminal B están conectadas mediante un switch CMOS. Los dos estados del switch permiten la variación de la inductancia desde L_2 hasta $L_1 + L_2 + 2K\sqrt{L_1 L_2}$ donde K es el coeficiente de acoplamiento ($0 \leq K \leq 1$).

Es importante la manera en la que se envia la información guardada en la etiqueta hasta el lector. Sabemos que la etiqueta es capaz de mandar una frecuencia de resonancia igual a la emitida por el lector porque sus componentes se encuentran sintonizados a esa frecuencia. Si la etiqueta se encontrara desintonizada entonces la etiqueta enviaría una señal mas débil, es decir de un voltaje menor. De manera que la etiqueta puede enviar una secuencia de señales que varíen en amplitud. La frecuencia de resonancia varía entonces dependiendo de cómo el interruptor CMOS cambia de estado. Las dos frecuencias a las cuales la etiqueta puede resonar son entonces:

$$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_2 C}} \qquad f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{(2\sqrt{L_1 L_2} + L_1 + L_2)C}}$$

Mediante el cambio de las frecuencias resonadas por la antena, la etiqueta envía una señal modulada en amplitud hacia el lector la cual es posteriormente decodificada a su conveniencia para satisfacer la aplicación necesaria. Existen, por supuesto, sistemas en los que la modulación utilizada varía dependiendo del sistema, aunque en etiquetas pasivas la modulación en amplitud es la más utilizada.

III. RESULTADOS

1. EVALUACIÓN DE LECTORES

La selección de un lector es una decisión sumamente importante al implementar un sistema RFID, el costo de un lector varía entre $500 a $3,000 UDS y depende de sus características. Esta evaluación nos ayudó a determinar cuales lectores escogeríamos para realizar las pruebas correspondientes.

Los lectores pueden clasificarse en dos grupos considerando su funcionalidad: Los lectores inteligentes, capaces de leer etiquetas utilizando diferentes protocolos, filtrar datos y ejecutar comandos. Y los lectores "tontos" con una funcionalidad limitada, los cuales tienen menores costos. Por ejemplo, para ciertas aplicaciones se pueden necesitar muchos puntos de lectura de una sola etiqueta en un área grande, como es el caso de operaciones de manufactura. Por otro lado, los distribuidores que reciban productos de diferentes lugares, pueden necesitar leer diferentes tipos de etiquetas. Por lo tanto para el primer caso se pueden necesitar lectores "tontos", mientras que para el segundo se recomendarían lectores inteligentes.

Frecuencia de operación

Las etiquetas UHF tienen una frecuencia de operación entre 860 MHz y 960 Mhz, son utilizadas en aplicaciones que requieren de lecturas a largas distancias. Etiquetas HF operan en una frecuencia de 13.56 MHz, funcionan mejor con rangos de lectura cortos y en objetos conteniendo agua o hechos de metal. Dependiendo de la aplicación, la frecuencia de operación del lector puede ser una o puede necesitarse una lectura en varias bandas de frecuencia. Los principales fabricantes deben de ofrecer productos que puedan funcionar de acuerdo con las regulaciones de diferentes regiones del mundo en cuanto a banda de frecuencia, potencias manejadas, etc. Los lectores UHF operan de 865 a 868 MHz en Europa y de 902 a 928 MHz en Norte América. Se espera que Asia siga el ejemplo de Japón de operar en una banda de frecuencia de 950 a 956 MHz. *Ver estándares y regularización*

Antenas

Con los lectores fijos, es necesario tomar en cuenta el número y tipo de antenas soportadas. Los lectores fijos traen una antena interna o tienen puertos que soportan varias antenas. Existen ventajas y desventajas entre estos dos tipos de lectores. Los lectores con antenas internas son fáciles de instalar, solamente se necesitarían alimentar los lectores. Otro beneficio es que no perderían potencia en la señal mientras viaja a través del cable que conecta a las antenas con el lector. Sin embargo, para cubrir un

área determinada, se necesitarían más lectores con antena interna que lectores con múltiples antenas. En esta evaluación tenemos 2, 4 o 8 antenas externas. Por lo que los valores asignados son 1, 2 y 3 para los valores de 2, 4 o 8 antenas sucesivamente.

Protocolos Soportados

En este rubro, analizamos los diferentes protocolos que soporta el lector para leer diferentes tipos de antenas. De acuerdo con la estructura de clase EPC, la clase describe la funcionalidad básica. Para entender los protocolos soportados, revísese la sección de estándares.

La ponderación para este rubro es de 1 para los lectores que soportan todos los protocolos (0, 0+, 1 e ISO); 2 para los lectores que soportan solamente algunos de estos y 3 para los cuales soportan solamente alguno en específico.

Actualización a Generación 2

Los lectores EPC de primera generación, requerirán una actualización para leer y operar en modos de generación 2. Esta actualización puede ser implementada mediante hardware o mediante una actualización de tipo software a través de la red. Si se planean adquirir lectores de primera generación, es necesario revisar que puedan actualizarse fácilmente. En el caso de una instalación, sería más costoso tener un técnico actualizando el hardware de todos los lectores que solamente cargar el nuevo sistema operativo del lector mediante la red a la que se han conectado.

Para este rubro, se tomaron los valores de 1 si el lector puede actualizarse mediante software y 2 si requiere actualización mediante hardware.

Número de puertos de entrada/salida

Los lectores fijos tienen puertos de entrada/salida que se conectan hacia dispositivos que pueden controlar el lector o ser controlados desde el lector. Por ejemplo, un dispositivo de entrada puede ser un detector de movimiento infrarrojo, el cual encenderá el lector al detectar que un paquete o caja se aproxima a la zona de lectura. Un puerto de salida puede ser un dispositivo sonoro el cual indica que se ha leído una etiqueta.

La ponderación para este rubro es de 1 para los lectores con al menos 6 puertos I/O, 2 para lectores con 4 puertos I/O y 3 para los que tienen menos de 4 puertos.

Ejecución de aplicaciones

Algunas de las características de los lectores inteligentes es la capacidad de correr aplicaciones desde el mismo lector. Estas aplicaciones son pequeños programas que procesa el lector y proporciona un gran valor agregado para algunos usos específicos. Por ejemplo, un lector con esta característica puede filtrar cierto tipo de etiquetas y solamente enviar los datos de las etiquetas aceptadas hacia el servidor central. De esta manera ahorramos recursos de red y se previenen posibles congestiones.
Se asigna un 1 a los lectores que pueden ejecutar una aplicación y 2 a los que no.

Protocolos de red

La mayoría de los lectores recientes tienen la capacidad de poder conectarse a una red local mediante un puerto de conexión ethernet RJ-45. Algunos tienen la capacidad de conectarse a una red inalámbrica lo cual puede ahorrar costos de instalación. Otro característica importante es el hecho de soportar PoE (Power over Ethernet), lo cual elimina la necesidad de alimentar al lector a una fuente externa.
Para este rubro, asignamos un 1 a los lectores que soportan varios protocolos (TCP/IP, UDP, DHCP, HTTP, NTP, SNMP), un 2 a los lectores que soportan solamente algunos en específico.

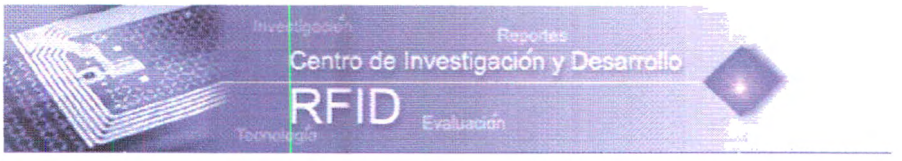
Sistema Operativo

El caso del sistema operativo se refiere a la plataforma en la que deben de correr las aplicaciones del lector. En este rubro asignamos un 1 a los lectores con aplicaciones en sistema operativo Microsoft Windows y 2 a los lectores que corren en Linux.

Memoria disponible

Los lectores fijos utilizan dos tipos de memoria: DRAM y Flash. La capacidad de memoria de un lector puede representar una ventaja por ejemplo, en el caso de una congestión en la red. La capacidad de memoria podría mantener mayor cantidad de datos en memoria y transmitirlos a la red una vez que se haya reducido la congestión. Para la memoria DRAM, asignamos 1 para 64 MB y 3 para los que no tienen. Para la memoria Flash, asignamos 1 para los que tienen 64 MB, 2 para los que tienen 32 o 16 MB y 3 para los menos de 16 MB.

2. PÁGINA WEB



Uno de los avances importantes fue el desarrollo de un sitio en línea para promocionar tanto nuestro proyecto como los siguientes proyectos que se crearan en el Tecnológico de Monterrey. Esta página de Internet es una primera aproximación al Centro de Investigación y Desarrollo que se pretende crear para el estudio, la investigación y el desarrollo de sistemas RFID. Mediante este sitio se promocionarán los proyectos en desarrollo y pretende darle un perfil serio al proyecto.

La página se encuentra disponible en línea desde Octubre de año 2005 en la siguiente liga:

http://rfid.itecs.com.mx

El hosting de la página de Internet lo proporciona ITECS S.A. de C.V., la empresa patrocinadora del proyecto RFID en la industria farmacéutica y el sector salud.

Como parte de nuestro proyecto decidimos diseñar una página Web por las siguientes razones:

Promoción de la tecnología RFID.

- Es importante dar a conocer y promocionar la tecnología en la que pensamos trabajar, pues mientras más conocida sea, más confianza genera en los posibles consumidores.

Promoción del laboratorio de pruebas RFID que pensamos crear.

- Creemos necesario que el laboratorio tenga una carta de presentación que pueda ser consultada en cualquier parte, pues esto le da seriedad a nuestro proyecto y refleja el interés y trabajo dedicados.
- La página Web es una excelente herramienta publicitaria para dar a conocer nuestro proyecto en general.

Compartir información con los usuarios en general

- Pensamos necesario el compartimiento de cierta información con los usuarios de la página, pues uno de los propósitos generales de ésta es informar de nuestro proyecto y de la tecnología RFID a quien esté interesado.

Compartir información entre los integrantes del proyecto

- Nos parece sumamente importante que todos los miembros del equipo puedan tener acceso a la información (disponible vía Internet) más relevante obtenida durante el proyecto, ya que puede ser consultada en cualquier momento y en cualquier lugar con acceso a la Web.

- Esta información no estará a disposición de los usuarios en general. Será de uso exclusivo de los participantes del proyecto y podrá ser consultada únicamente a través de una clave de seguridad.

Facilidad de contacto

- En la página habrá vínculos electrónicos con los que el usuario podrá tener contacto vía correo electrónico con todos y cada uno de los participantes del proyecto. Además, por medio de ésta, todos los miembros del equipo podremos tener comunicación entre nosotros, sin necesidad de alguna agenda extra.

Muestra de resultados

- En la página se publicarán los resultados obtenidos en las pruebas realizadas por el laboratorio RFID, para que puedan ser consultados por quien esté autorizado a hacerlo.

A continuación se muestran algunas de los módulos que componen la página del Centro de Investigación y Desarrollo RFID.

FIGURA 2.1. Página Web: Misión

FIGURA 2. Página Web: Resumen.

FIGURA 3. Página Web: Instalaciones.

FIGURA 4. Página Web: Visión.

FIGURA 5. Página Web: Objetivos.

FIGURA 7. Página Web Investigación.

3. APLICACIONES DE RFID EN LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA Y EL SECTOR SALUD

Control de acceso e identificación del personal

En lo referente al control de acceso, el medio más empleado es la presentación de tarjetas que contienen información del portador y controlan el acceso a áreas restringidas. A pesar de que esta aplicación no es nueva, sí lo es el grado de control que ofrece la tecnología RFID ya que puede restringir el acceso a ciertas áreas si los procesos no se han hecho correctamente y si no se ha seguido el orden preestablecido, lo que permite, prácticamente, eliminar los errores en el control de accesos.

Como ejemplo podemos pensar en una persona que después de haber estado en un área contaminada intenta salir a un area no contaminada (a la que por derecho tiene acceso) sin antes pasar por los procedimientos de desinfección. Por medio del control de accesos con RFID, se puede impedir que esta persona salga a áreas seguras sin antes haber sido desinfectado, a pesar de que

Por lo general, para esta aplicación se utilizan tarjetas plásticas con una etiqueta RFID dentro de ellas, por lo que es imposible modificarlas, a diferencia de las tarjetas magnéticas que pueden ser borradas y rescritas. Otra de las ventajas de las tarjetas RFID es que no están en contacto directo con el lector, por lo que el mantenimiento de éste es mínimo.

Monitoreo del personal

Por medio de la codificación de información específica en la memoria de una etiqueta RFID y por la triangulación hecha por las antenas que pueden dar la localización exacta del portador de la tarjeta, el personal puede ser rastreado en tiempo real dentro del área de trabajo.

Esta tecnología puede ser utilizada para monitorear que el personal esté trabajando y cubriendo las áreas que debe cubrir, pues se puede triangular su posición para ubicarlos en cualquier momento, o se pueden poner centrales de chequeo a las que el personal deba llegar y registrarse.

Identificación de sangre, tejidos y órganos

La tecnología RFID es una excelente alternativa para la identificación detallada de sangre, tejidos y órganos en hospitales, ya que las etiquetas pueden ser adheridas a frascos para muestras o en los dispositivos de almacenamiento y ser grabadas con la identidad de la fuente, el tiempo en que fueron adquiridas, los lugares por los que han pasado desde que fueron colectadas y el laboratorio en el que serán analizadas, o/y cualquier otra información que se crea pertinente. Además, permite tener un control automático del inventario y una visibilidad total de los productos (sangre, tejidos y órganos) y de sus características.

Actualmente, Precision Dynamics Corporation, en cooperación con el banco de sangre de la Universidad de Georgetown, están desarrollando un programa piloto con el fin de determinar el grado de confiabilidad y seguridad que los brazaletes RFID pueden ofrecer en las transfusiones de sangre.

Identificación de pacientes

Los brazaletes RFID también pueden ser utilizados como bases de datos portátiles en los que se almacene información útil del paciente, como alergias, tipo de sangre y cualquier información que se considere importante. Además, por medio de triangulaciones, permite localizarlos alrededor del hospital.

Monitoreo de desperdicios peligrosos

Debido a que ciertos desperdicios de los hospitales son peligrosos o requieren de condiciones especiales de almacenamiento, manejo y deshecho; las etiquetas RFID son una buena solución para etiquetar los contenedores con esta clase de materiales, ya que se podría grabar información que indique qué hacer con los desperdicios, o cuál es la siguiente etapa en su proceso de deshecho.

RFID en la industria farmacéutica

El crecimiento del tráfico ilegal de medicinas espurias representa dos graves problemas, 1) el riesgo para los consumidores y 2) las pérdidas en ingresos para las farmacéuticas legales. Debido a esto, las farmacéuticas están planeado una campaña multimillonaria para frenar la falsificación de ciertas medicinas. Como parte de este esfuerzo está el uso de la tecnología RFID para control de esos medicamentos. De hecho, esta industria es una de las más avanzadas en el estudio de la aplicación de RFID en su cadena de suministros y la primera en pensar en etiquetar los paquetes individualmente.

El problema es tan grave que la U.S. Food and Drug Administration (FDA) tomó cartas en el asunto y a través de una división creó el reporte "Combating Conterfeit Drugs" en el que se dice que la tecnología RFID es la mejor opción para combatir de manera confiable el tráfico de medicinas falsas.

La FDA exhortó a ciertos estados de E.U. para que implementen un "pedigrí electrónico" en todas las medicinas que sean vendidas dentro de su territorio, esto con el propósito de poder rastrearlas desde su producción hasta su venta.

Los productores y distribuidores ven en la tecnología RFID una manera fácil de implementar el "pedigrí electrónico" para cada medicina por medio de etiquetas que posean un Código Electrónico de Producto (EPC) o un número serial único. Estas etiquetas podrán ser leídas y los medicamentos validados en cada etapa de la cadena de suministro.

Diversos programas piloto se están desarrollando para evaluar las posibilidades de la tecnología RFID, sus estándares, los procesos y los diseños. Sin embargo, todavía resta solucionar problemas como la transferencia de información entre socios comerciales, el desarrollo de estándares comunes a toda la industria, la manera en que se moverán los productos en la cadena de suministros, los posibles daños del electromagnetismo en la eficiencia de las medicinas, el tipo de ambiente requerido para que las etiquetas funcionen y el lugar en la que serán colocadas para su correcta lectura.

Otro problema a solucionar para que la implantación de la tecnología RFID tenga los resultados esperados, es que haya un cambio cultural en el que los distribuidores estén dispuestos a compartir información que los hace vulnerables, como la identidad de sus compradores, la cantidad de sus ventas, y las listas de los productos vendidos. Muchos distribuidores se niegan a dar esa información ya que piensan que de hacerlo los fabricantes podrán prescindir de sus servicios y convertirse ellos mismos en distribuidores.

La implantación de etiquetas RFID en los productos farmacéuticos también puede ayudar a limitar el robo de medicinas en las farmacias, ya que un sistema simple de seguridad que vigile con tecnología RFID la salida del establecimiento puede activar una alarma cada que un producto no pagado atraviese la puerta de salida.

A pesar de que la tecnología RFID tiene el potencial de darle mayor seguridad a los consumidores y de limitar la falsificación de medicinas, todavía falta determinar si es viable económicamente para la industria farmacéutica, pues debido a la novedad de los productos, la implantación de un sistema RFID puede ser muy costoso.

El estudio "Adopting EPC in Healthcare: Cost and benefits" realizado por la *Healthcare Distribution Management Association* (HDMA) estima que la industria farmacéutica podría ganar entre 500 y 1000 millones de dólares mediante la adopción de la tecnología RFID. También estima que para los grandes fabricantes el costo inicial estaría entre 15 y 20 millones de dólares. Mientras que para los grandes distribuidores sería entre 9 y 20 millones de dólares. Sin embargo, el simple hecho de frenar la falsificación de medicinas que ponen en riesgo a los consumidores debería ser motivo suficiente para que las farmacéuticas invirtieran en RFID.

A continuación se presenta una lista de participantes que ya están en programas piloto para el desarrollo e implementación de RFID en la industria farmacéutica:

- U.S. Department of Defense
- Wal Mart
- Abbott Laboratories
- Barr Laboratories
- Johnson & Johnson
- Pfizer
- Procter & Gamble
- Cardinal Health
- McKesson
- CVS
- Rite Aid
- Healthcare Distribution Management Association
- National Association of Chain Drug Stores
- Merck Generics UK
- Merck Pharmaceuticals
- Novartis
- Schering Health Care
- Solvay

4. CASOS DE ESTUDIO

En este apartado resumimos casos significativos en los que la tecnología RFID fue aplicada a la industria farmacéutica o al sector salud. Si bien es cierto que todos ellos fueron aplicados en los Estados Unidos, también es cierto que ilustran de manera indudable las posibilidades que tiene esta tecnología para satisfacer necesidades reales directamente relacionadas a nuestra área de estudio.

RFID aplicado a la seguridad de los recién nacidos

CASO DE ESTUDIO 1: *Lucile Packard Children's Hospital (LPCH)*

Antecedentes

Entre 1983 y 2004, 233 niños fueron raptados en EUA. El 50% de los robos se dio dentro de las instalaciones de algún hospital.[3] Desde hace cuatro años el hospital Lucile Packard Children's decidió utilizar RFID para evitar el rapto dentro de sus instalaciones.

Tradicionalmente, los hospitales identifican a los recién nacidos mediante brazaletes numerados que identifican a la madre con su hijo, pero esto se presta a errores. Se calcula que en EUA las equivocaciones rebasan los 2 mil casos anuales.[4]

Aplicación

La tecnología RFID fue utilizada para rastrear a los recién nacidos en un área de 36 mil pies cuadrados. Cuando el bebé nace se le pone un brazalete tradicional y se le deja mientras está en la sala de labor y entrega. Posteriormente es llevado a la evaluación médica y a limpieza donde se le cambia el brazalete tradicional por uno RFID que se le coloca en el tobillo, el cual contiene un número de identificación único que es guardado en una base de datos y que se vincula al nombre de la madre y del recién nacido.

Mediante el uso de lectores dispuestos en el techo de las áreas perinatales, el sistema RFID puede calcular, basándose en triangulaciones, la localización exacta de todos los recién nacidos.

Otros lectores fueron colocados en todas las salidas para asegurar que ningún bebé sea sacado sin permiso de la unidad. De intentarlo, el sistema bloquea las salidas y se activará una alarma. Una señal RF es transmitida constantemente por la etiqueta, por lo que si ésta es ocultada de los lectores o es forzada o dañada, se activa una alarma para dar aviso.

Las enfermeras tienen la facultad de habilitar y deshabilitar el sistema, ya sea en una de las PC o en unidades remotas que fueron colocadas estratégicamente a lo largo del área.

---

[3] Según datos de *US NationalCenter for Missing Children*

[4] Conforme a datos de *The Journal of Healthcare Protection Management*

Actualmente se les está poniendo brazaletes RFID a las madres para evitar el cambio de bebés. Estos brazaletes son de proximidad y emiten un sonido cuando el bebé propio está cerca y uno diferente cuando el bebé que está cerca es ajeno. Además, como seguridad extra, los lectores verifican que las etiquetas de la madre y el bebé coincidan.

Etiquetas

Ambas se pueden esterilizar y son resistentes al agua.

- MyChild RFID infant tag. (Vida útil de tres años)

  Medidas: 1.3 x 1.5 x 0.6 pulgadas.

  Peso: 0.25 onzas.

  Frecuencia de operación: 433 MHz.

- MyChild RFID mother tag

Software

Prosec MyChild Infant Protection System de *Prosec Protection System* desarrollado por *eXI Wireless.*

El software corre en una PC que sirve como servidor y que está conectada a otras PCs dentro de la región. A su vez, todo el sistema está conectado al departamento de seguridad.

RFID aplicado al rastreo de personal y equipo médico en hospitales

CASO DE ESTUDIO 2: *Lucile Packard Children's Hospital (LPCH)*

Nota: Decidieron aplicar RFID para el rastro de personal y equipo médico ya que la aplicación de rastreo de recién nacidos estuviera totalmente implementada y estable, y cuando el personal se sintiera cómodo con el sistema, esto con el propósito de no generar un rechazo a la tecnología.

Antecedentes

Mientras se instalaba la tecnología RFID para el rastreo de recién nacidos, el hospital se dio cuenta que se podría utilizar parte de esa infraestructura para el rastreo de personal y equipo médico dentro de las instalaciones.

Aplicación

Para el rastreo de personal se utilizó una etiqueta con botón que activa y desactiva una alarma con el fin de proteger o auxiliar al personal que trabaja con pacientes agresivos o en hospitales donde el personal es poco. El botón activa un sistema que muestra, basándose en triangulaciones, la localización exacta de quien lo presione.

Estas etiquetas también pueden controlar el acceso a áreas restringidas y registran los movimientos del personal, así como los tiempos en los que están haciendo determinada actividad, con el fin de monitorear la eficiencia de los procesos.

El rastreo de equipo utiliza la misma infraestructura de lectores; sin embargo, es controlado por un software diferente, separado del sistema de seguridad que controla a los recién nacidos, pues los requerimientos de seguridad son diferentes. En el caso de rastreo de equipo, los lectores siguen los movimientos del equipo etiquetado, pero no activan alarma alguna ni cierran ninguna puerta, simplemente dicen qué artículo fue movido, dónde está y quién lo movió (pues el personal también es rastreado).

El equipo etiquetado incluye bombas de pecho, camas rodantes, camas de especialidad, máquinas de signos vitales, dopplers fetales, y demás equipo que su uso o costo justifique el gasto que representa rastrearlo. La tecnología RFID aplicada en esta área no sólo evita que se compre nuevo equipo que se creía perdido, también ahorra tiempo que antes se utilizaba para la localización de éste. Además de que evita molestar innecesariamente a los pacientes y permite encontrar un equipo de manera rápida en momentos críticos.

Se calculó que a finales de 2005 el área total del LPCH y de los hospitales vecinos estaría totalmente cubierta con tecnología RFID, con el fin de que pueda existir el préstamo controlado de equipo médico y beneficiarse con las ventajas antes descritas de esta tecnología.

Etiquetas

Para el rastreo de personal:

Medidas: 2.24 x 1.37 x 0.4 pulgadas.

Para el rastreo de artículos (vida útil de 5 años):

Medidas: 1.9 x 0.95 x 0.35 pulgadas.

Software

Para el rastreo de equipo: eXI´s Assetrac.

RFID aplicado a la identificación de pacientes y control de expedientes

CASO DE ESTUDIO 3: Centro Médico de Jacobi, Nueva York.

Antecedentes

El Centro Médico Jacobi cuenta con una base de datos que almacena los expedientes electrónicos de todos sus pacientes, el sistema está basado en código de barras, por lo que su lectura necesita forsozamente de línea de vista entre el lector y la etiqueta, lo que provocaba que los pacientes fueran molestados cada que se quería identificarlos. Además, la información se actualiza en una central

ubicada fuera de las camas de los pacientes, por lo tanto los doctores y enfermeras realizan anotaciones y prescripciones en papel, para después llevarlas a la central y actualizar el expediente electrónico del paciente.

Con el fin de solucionar los problemas anteriores, se decidió suplir la tecnología anterior basada en código de barras por la tecnología RFID.

Aplicación

En el Centro Médico de Jacobi, Nueva York, se implementó un sistema de identificación de pacientes y control de expedientes utilizando tecnología RFID. El sistema permite a los doctores y enfermeras crear y modificar bases de datos dinámicamente, para este fin se les dio computadoras equipadas con lectores RFID, capaces de obtener y modificar información del paciente de forma versátil e inmediata.

El sistema consta de dispositivos RFID y computadoras portátiles (*Tablet PC*) que combinan la versatilidad de una *laptop* con la interacción de una agenda electrónica (*PALM*). Los lectores RFID se incorporaron a la ranura de expansión PCMCIA de la *Tablet PCs*, y se creó una intefaz (*software*) que permitiera la interacción entre las computadoras y la tecnología RFID. Los pacientes fueron identificados por medio de pulseras, cada una de ellas provista de una etiqueta RFID con un número de identificación único que posteriormente será ingresado en la base de datos.

La lectura de las pulseras RFID se lleva a cabo acercando la *Tablet PC* a un rango de lectura de 4 ó 5 pulgadas. Al ser leída la pulsera, su número de identificación despliega, a través de la interfaz diseñada, el expediente electrónico del paciente. El software permite crear o modificar el expediente de los pacientes, ya sea ingresando los datos por medio de una pluma electrónica que escribe directamente sobre la pantalla, o por medio del teclado.

Etiquetas

Etiquetas pasivas 13.56 MHz, Dynamics Corp.

Software

Middleware, Siemens Business Services.

Hardware

5 Lectores de mano RFID compatibles con la ranura de expansión PCMCIA, ACG Identification Technologies.

Impresora codificadora RFID, Zebra R402.

5 Tablet PCs.

5. DETERMINACIÓN DEL PATRÓN DE RADIACIÓN

Resumen

Las características de radiación de una antena pueden ser determinadas utilizando métodos analíticos definidos teóricamente para analizar, sintetizar y calcular numéricamente los parámetros requeridos. En ciertos casos el análisis teórico resulta imposible debido a la complejidad de la estructura y métodos de excitación de las antenas [3]. La solución al problema resulta en la necesidad de cambiar el enfoque hacia las mediciones experimentales, el documento presentado a continuación contiene la descripción del experimento realizado para determinar el patrón de radiación de las antenas del sistema RFID.

Objetivo

Determinar el patrón de radiación de la antena Dual TM-ANT-2 incluida en el kit de desarrollo (*Development Kit*) de ThingMagic TM-M4-NA-02 KIT. La prueba debe considerar tres diferentes distancias, considerando en cada una siete ángulos de inclinación y 36 ángulos de giro.

Introducción

La necesidad de generar resultados experimentales surge normalmente de validar datos teóricos. En nuestro caso las antenas incluidas en el kit de desarrollo están formadas por dos antenas independientes colocadas sobre una base metálica, separadas por un material aislante y cubiertas en la parte frontal por una lámina de acrílico, permitiendo la radiación de la energía electromagnética al exterior de la antena. Las antenas contenidas presentan características diferentes de acuerdo con el fabricante, se recomienda conectar la antena superior al puerto de recepción (R-1, R-2, R-3 ó R-4) debido a que presenta una mayor sensibilidad.

El patrón de radiación de una antena se define como una función matemática o representación gráfica de las propiedades de radiación de una antena en coordenadas espaciales[5]. Las propiedades de radiación necesarias para caracterizar completamente el campo de radiación de una antena son la amplitud relativa, fase relativa, polarización y ganancia en la superficie de una esfera en cuyo centro se ubica la antena a analizar [8]. Específicamente para el proyecto la propiedad de radiación a analizar es la distribución espacial bidimensional de la energía radiada en función de la posición del observador, recorriendo una trayectoria a un radio constante. Para realizar las mediciones se requiere establecer un sistema de coordenadas adecuado, el sistema estándar de coordenadas esféricas utilizado en mediciones

[5] La representación gráfica de cualquiera de estas propiedades en coordenadas espaciales se denomina patrón de radiación.

de propiedades de radiación de las de antenas se muestra en la figura 5.1, debido a que la distancia radial es constante, solamente se requiere de las coordenadas angulares θ y φ para identificar cualquier posición en la esfera.

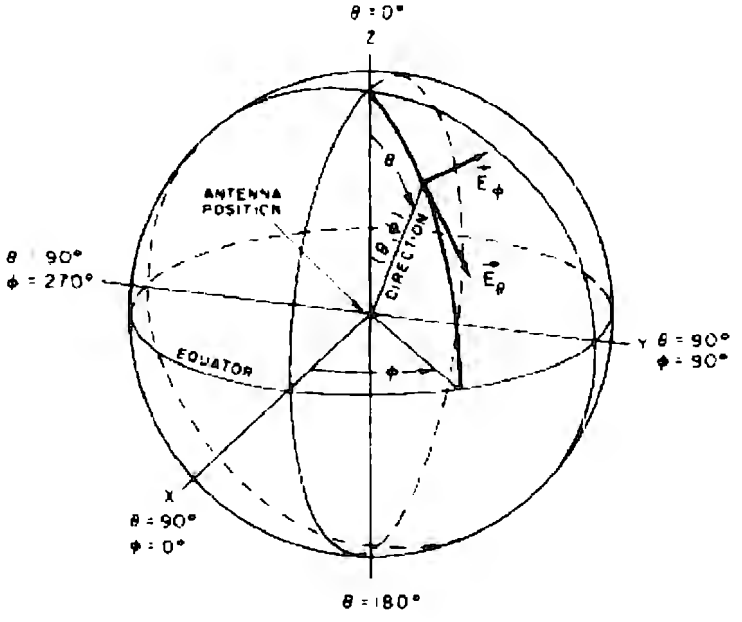


FIGURA 5.1 Sistema de coordenadas esféricas estándar

En la práctica los patrones de radiación tridimensionales resultan de una serie de patrones de radiación bidimensionales. Sin embargo, generalmente la determinación de dos o tres patrones de radiación como una función de θ para una inclinación particular φ, otorgan suficiente información de la antena. Los patrones de radiación bidimensionales se denominan *pattern cuts*, y se obtienen fijando uno de los dos ángulos (θ ó φ) mientras variamos la otra, específicamente en esta prueba fijamos θ $(0 \leq \theta \leq \pi)$ y variamos ϕ $(0 \leq \phi \leq 2\pi)$.

Dispositivos de radio frecuencia

El lector utilizado es el Mercury4 de ThingMagic, un lector inteligente con un procesador dual, conformado por un procesador INTEL XScale a 266 MHz y un procesador TI DSP 300 MHz, sistema operativo Linux, RadiOS versión 2.0.47. El modelo de la antena a caracterizar es TM-ANT-2 de ThingMagic incluida en el kit de desarrollo (*Development Kit*) de ThingMagic TM-M4-NA-02 KIT.

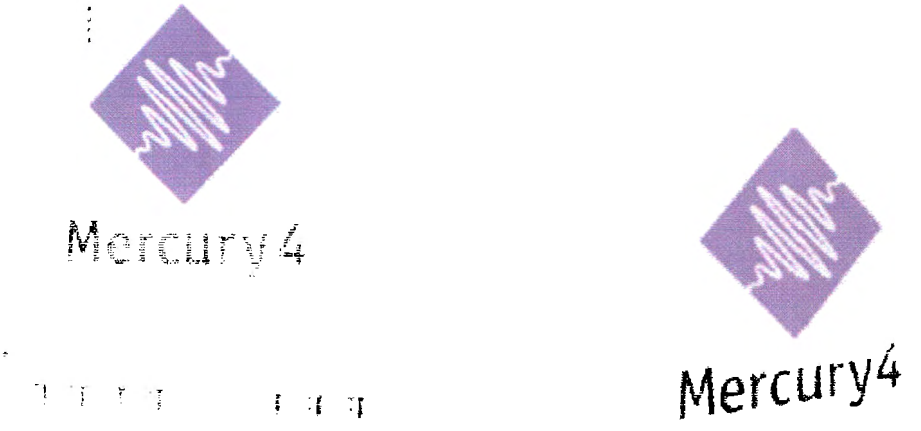


FIGURA 5.2 Lector RFID Mercury4 y antena

La prueba fue realizada utilizando el *software* proporcionado por ThingMagic, denominado RQL (Reader Query Language). Las mediciones fueron obtenidas empleando la configuración, cables y conexiones predeterminadas. La atenuación por *software* se estableció en 32.5 dBm, valor de potencia permitido de acuerdo a la regularización de la FCC, que limita la potencia de señales ubicadas en el rango de frecuencias de 902 a 928 MHz a 30.5 dBm, la potencia de transmisión se selecciona con un valor superior considerando una pérdida de potencia el cable coaxial de 2 dBm.

Dispositivos de medición

ANALIZADOR DE ESPECTROS

El analizador de espectros es un dispositivo de alta precisión utilizado para medir la intensidad relativa de las componentes frecuenciales que integran el espectro de una señal. El diseño de un analizador de espectros presenta una gran variedad de rangos de operación (frecuencia), dependiendo si su aplicación es audio, video o en nuestro caso radio frecuencia (RF). En la figura 5.3 se muestra el analizador de espectros TEKTRONIX GSP-827 de 2.7 GHz de ancho de banda, utilizado para la medición de la intensidad relativa de la energía electromagnética radiada por la antena.

FIGURA 5.3 Analizador de espectros utilizado en las mediciones del patrón de radiación

ANTENA DE RECEPCIÓN

Antena dipolo de un cuarto de longitud de onda $\lambda/4$ o de un medio de longitud de onda de onda $\lambda/2$ sintonizada a 915 MHz. La antena de recepción se conecta mediante un cable coaxial al analizador de espectros, las señales electromagnéticas presenten alrededor de la antena en un rango de 360° serán recibidas por la antena y conducidas hacia el analizador de espectros.

TRÍPODE

El trípode se utiliza para otorgar soporte mecánico a la antena y permite alinearla en las diversas posiciones requeridas en el experimento. El trípode debe ser lo suficientemente fuerte y flexible para soportar la antena a diferentes inclinaciones y alturas, en nuestro caso contamos con dos trípodes de alta calidad diseñados para cámara fotográfica o de video. La versatilidad de utilizar un dispositivo como este radica en variar los ángulos de rotación e inclinación (θ, ϕ) de una forma sencilla y precisa. En la figura 5.4 se muestra el montaje de la antena utilizado en la prueba realizada.

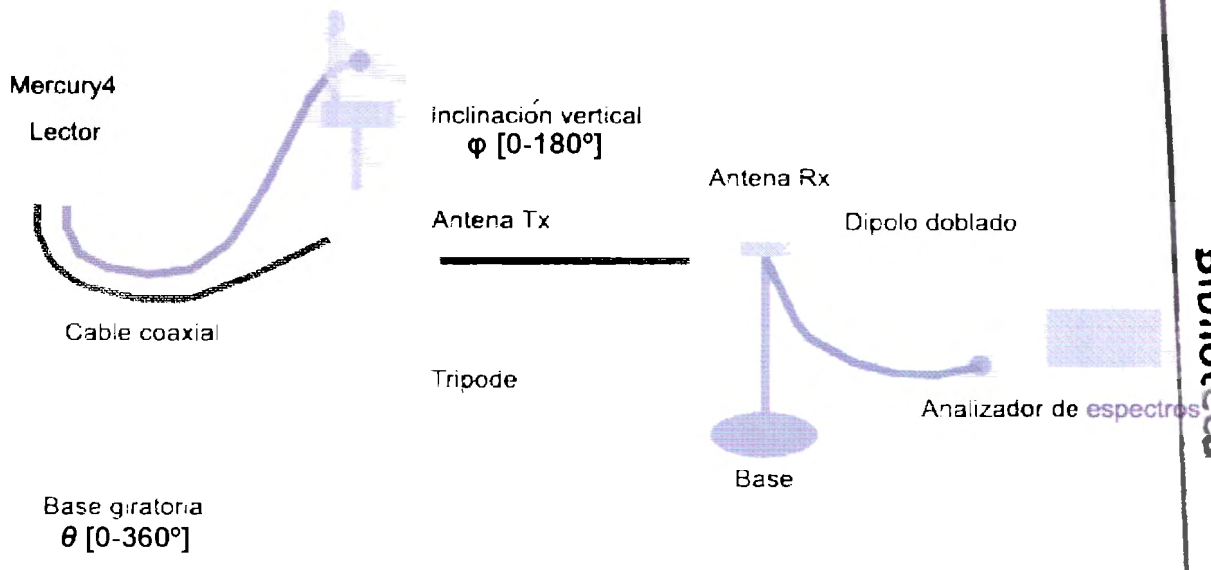


FIGURA 5.4 Montaje del sistema para la determinación del patrón de radiación

Tecnológico de Monterrey, Campus Ciudad de México
Biblioteca

Para obtener las mediciones del patrón de radiación utilizamos una antena de recepción de dipolo doblado conectado al analizador de espectros. La antena dipolo doblado utilizada incluye un acoplador de impedancias entre la antena y el cable coaxial. Es indispensable colocar un acoplador de impedancias para evitar que la señal se refleje y consecuentemente atenuación.

Selección de la antena

El rango de frecuencia utilizado en la comunicación del lector y las etiquetas se encuentra centrado en un frecuencia de 915 MHz, considerando este valor determinamos la longitud de onda correspondiente.

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3\times10^{8}}{915\times10^{6}} = 0.3279m$$

El dipolo doblado es una antena constituida de elementos conductores en paralelo cortocircuitados en los extremos. En la figura 5.5 se muestra un dipolo doblado de dos alambres, cada uno de los elementos de la antena tiene una extensión l de media longitud de onda $\frac{\lambda}{2}$, la necesidad del dipolo doblado resulta del hecho de que en la práctica existen comúnmente líneas de transmisión con impedancias características superiores a los 50Ω o 75Ω, valores correspondiente a cables coaxiales en

las cuales se utiliza el dipolo simple. Las líneas de transmisión denominadas *twin lead*, compuesta de dos cables paralelos separados por una distancia de $\frac{5}{16}$ de pulgada y aislados por un material plástico de pérdidas reducidas comúnmente utilizado en aplicaciones de televisión presenta una impedancia característica de alrededor de 300Ω, la solución se obtiene al doblar un alambre en forma de un lazo rectangular delgado ($s << l$).

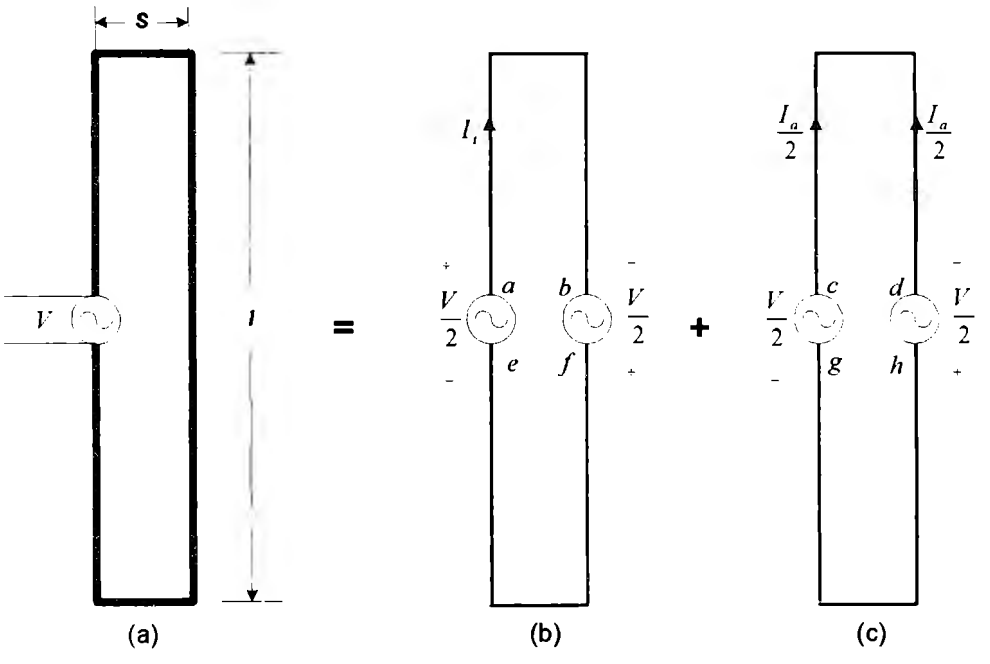


FIGURA 5.5 (a) Dipolo doblado; (b) Modo de línea de transmisión; (c) Modo de antena

La generación de una onda electromagnética en un dipolo simple se observa en la figura 5.6, el campo magnético generado interactúa con el campo eléctrico variante propagándose simultáneamente. En el momento de superar una distancia determinada los campos son liberados del emisor, el área desde la antena hasta el punto en el cual el campo electromagnético se denomina campo cercano, el área después de ese punto donde la onda electromagnética se ha formado completamente y se ha separado de la antena se conoce como campo lejano.

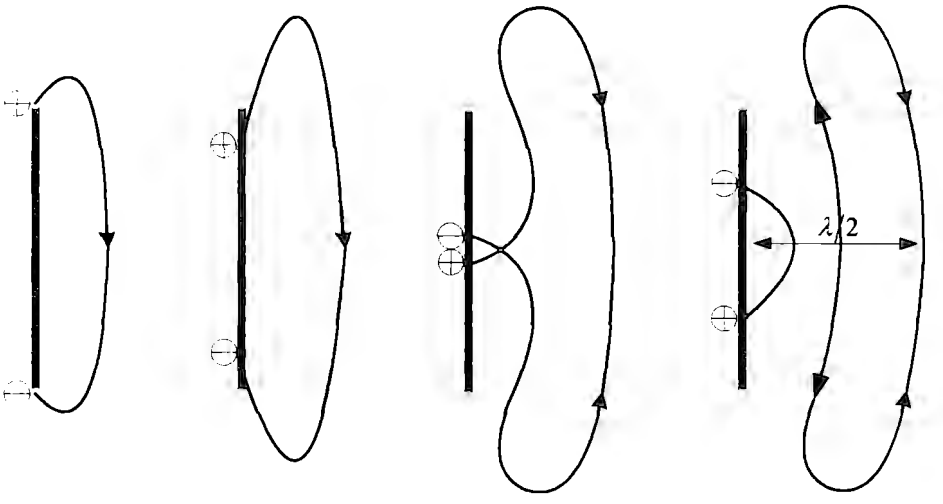


FIGURA 5.6 Generación de una onda electromagnética en una antena de dipolo simple

Densidad de potencia

Las ondas electromagnéticas se propagan de forma esférica desde su punto de creación, transportando energía hacia el espacio libre. Al incrementarse la distancia de la fuente de emisión, la energía es dividida entre una superficie mayor, considerando la relación anteriormente mencionada se define la potencia radiada por unidad de área denominada densidad de potencia. En el caso general de una fuerte de radiación esférica ideal, emisor isotrópico, con una característica de radiación uniforme en todas sus direcciones, la densidad de potencia se define por la siguiente expresión:

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

Donde P_{EIRP} es la potencia radiada total por el emisor isotrópico.

Ganancia directiva

En general las antenas a diferencia de emisor isotrópico radian la energía de una forma no uniformemente en todas las direcciones. Específicamente seleccionando una fuente de emisión isotrópica la integral de la densidad de radiación de la onda electromagnética sobre el área total delimitada por la esfera descrita, obtenemos nuevamente la potencia efectiva isotrópica radiada P_{EIRP} por la fuente de emisión isotrópica.

$$P_{EIRP} = \int_{Aesfera} S \cdot dA$$

La ecuación anterior aplica a todos los tipos de antenas, en el caso de una antena de dipolo con un patrón de radiación característico por la variación de su intensidad en diversas direcciones, ver figura 5.7; la ecuación descrita sólo puede cumplirse si la densidad de radiación se incrementa en una dirección en particular de la antena. La densidad de potencia en la dirección principal de radiación de la antena (G_i) se puede calcular con la siguiente ecuación:

$$P = \frac{P_1 \cdot G_i}{4\pi \cdot r^2}$$

Donde G_i es la ganancia directiva de la antena e indica el factor por el cual la densidad de potencia de la antena es superior en relación con un emisor isotrópico operando a un nivel de potencia idéntico denominado en la ecuación P_1.

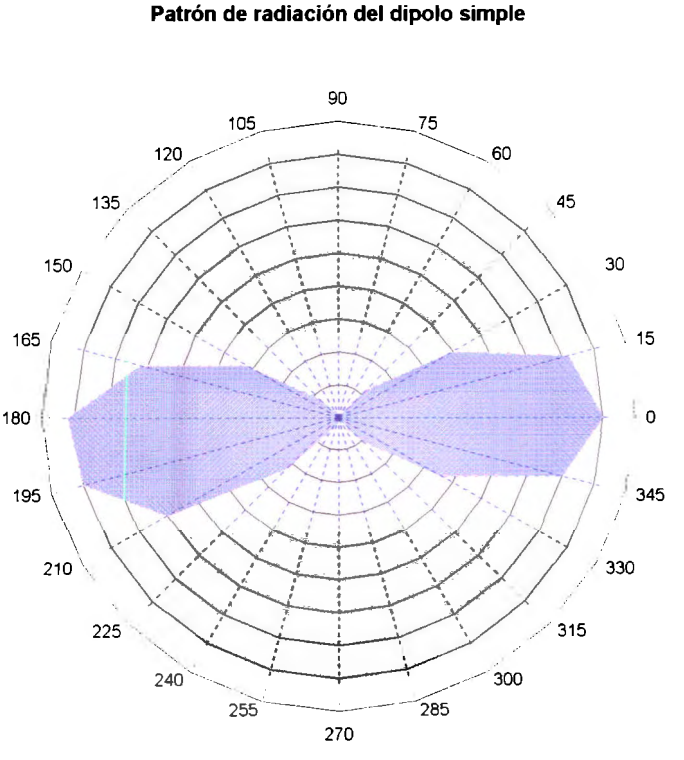


FIGURA 5.7 Patrón de radiación de una antena de dipolo

La relación existente entre la potencia total radiada, la ganancia directiva y la potencia efectiva isotrópica radiada se resume en la siguiente expresión:

$$P_{EIRP} = P_1 \cdot G_i$$

Desarrollo

5.1. Se buscó un lugar en el que hubiera un diámetro de 7 metros, aproximadamente, libre de objetos ajenos a la medición del patrón de radiación. El lugar que utilizamos fue en el CEDETEC en el 3er piso donde encontramos un área grande y libre de interferencia por objetos.

5.2. Se hicieron las conexiones pertinentes y el montaje del lector y la antena de RFID.

5.3. Se colocó la antena dipolo doblado de $\lambda / 2$ a la misma altura que la antena de transmisión del Mercury 4. Esta antena dipolo se conectó a un analizador de espectros GSP-827 de 2.7 GHz.

5.4. Se llevó la antena dipolo a la distancia requerida para la lectura.

5.5. Se fijó la antena de salida a la inclinación requerida y se le hizo girar 360° en intervalos de 10°, anotando para cada medida el valor correspondiente reportado por el analizador de espectros.

5.6. Se tomaron los valores de potencia en los picos máximos para cada medida.

5.7. La inclinación de la antena de transmisión fue cambiada y se le hizo girar para cada nueva inclinación de los 360° requeridos, anotando para cada cambio los valores correspondientes.

5.8. Las medidas fueron pasadas a una hoja de cálculo y graficadas en dos dimensiones.

5.9. Las mismas medidas fueron nuevamente graficadas, utilizando interpolación *Piecewise Cubic Hermite*, con el fin de determinar los datos que no fueron registrados manualmente y así conseguir gráficas con curvas más suaves.

Resultados

En la figura 5.8 se presenta el patrón de radiación obtenido a una distancia de dos metros, los colores corresponden a diversos ángulos de inclinación. En las especificaciones del fabricante se describe la integración de cada antena Dual TM-ANT-2 por un par de antenas de dipolo separadas una distancia determinada, se puede observar claramente en la gráfica obtenida la característica de un dipolo considerando que la parte posterior del dipolo se encuentra orientada hacia el fondo del contenedor metálico responsable de evitar la radiación de energía en esa dirección en particular.

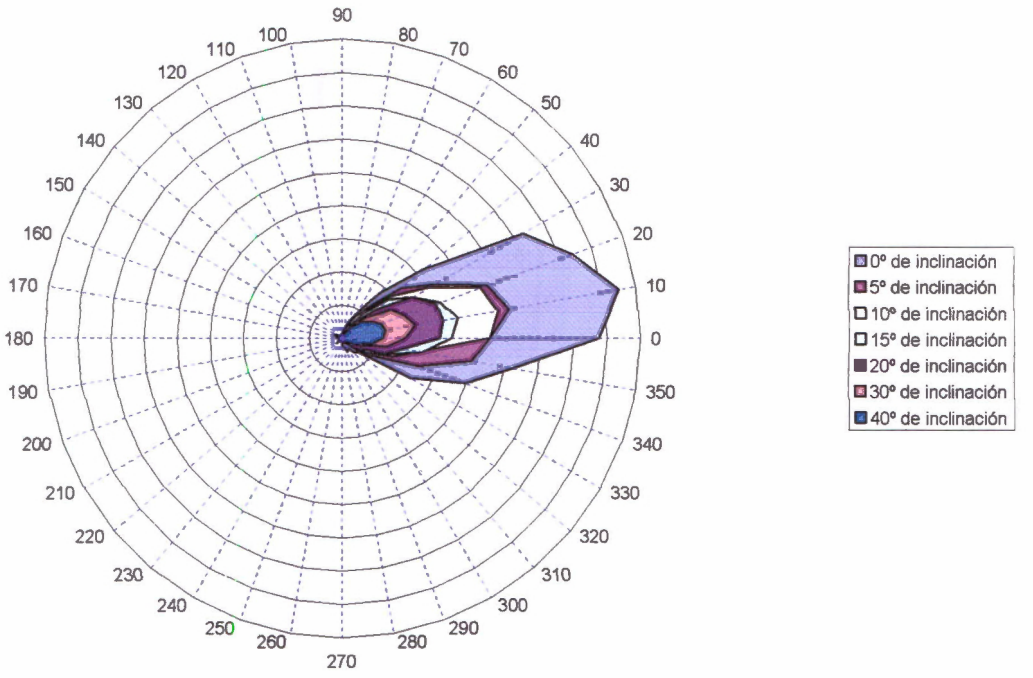


FIGURA 5.8 Patrón de radiación de la antena Dual TM-ANT-2 de ThingMagic a 2m

Se puede observar siguiendo los diversos planos creados a las diferentes inclinaciones la disminución de la intensidad de la energía radiada correspondiente al incremento de la distancia entre las antenas de transmisión y recepción. Caso contrario en el patrón de radiación medido a una distancia de tres metros que se muestra en la figura 5.9, posiblemente se deba a un error en la alineación vertical entre las antenas, debido a que fue necesario realizar las pruebas a lo largo de varios días.

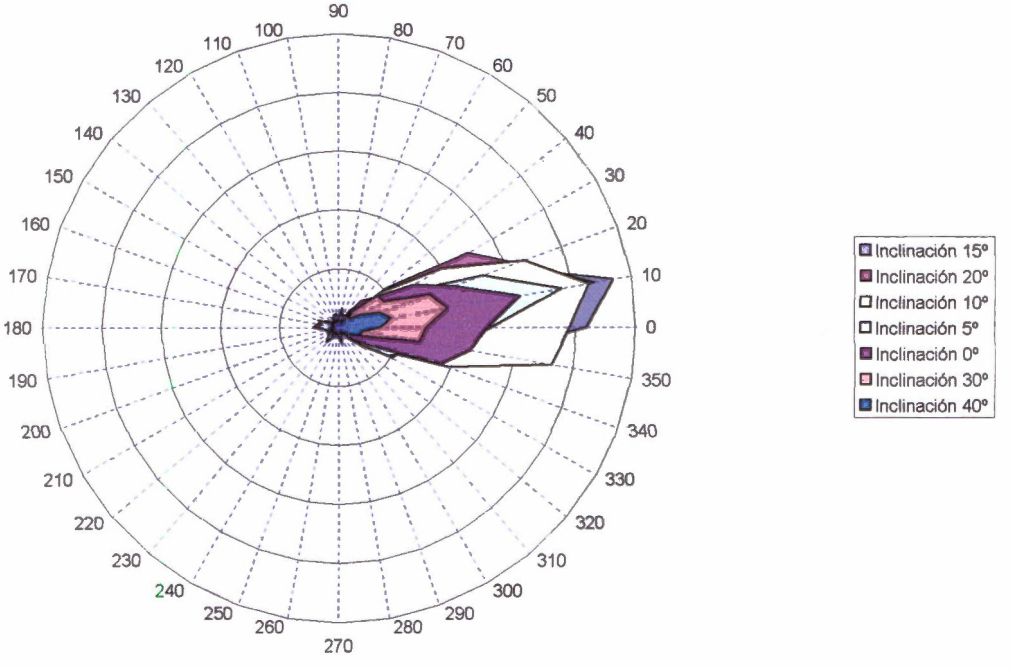


FIGURA 5.9 Patrón de radiación de la antena Dual TM-ANT-2 de ThingMagic a 3m

La función primordial de una antena RFID es suministrar energía suficiente a la etiqueta para asegurar su operación, un punto crucial es analizar las pérdidas en trayectoria por espacio libre con el objetivo de corroborar los resultados obtenidos en las mediciones, valores correspondientes a la energía disponible en el espacio a una distancia determinada. La pérdida en trayectoria por espacio libre se define por la siguiente ecuación:

$$\alpha_F = -147.6 + 20\log(r) + 20\log(f) - 10\log(G_T) - 10\log(G_R)$$

Donde r es la distancia entre las antenas de transmisión (lector) y recepción (etiqueta), f es la frecuencia de operación del sistema. Finalmente G_T y G_R corresponden a la ganancia de las antenas de transmisión y recepción, respectivamente. Considerando la ganancia de la antena de transmisión en 6.75 y aproximando la ganancia de la antena de recepción a 1.64 se puede calcular la pérdida en trayectoria por espacio libre a una distancia de 1 a 5 metros.

DISTANCIA [m]	PÉRDIDA DE TRAYECTORIA POR ESPACIO LIBRE α_F [dB]
1	21.18
2	27.21
3	30.73
4	33.23
5	35.17

TABLA 5.1 Pérdida de trayectoria por espacio libre del sistema RFID

La potencia requerida por la etiqueta utilizando tecnología de semiconductores con bajo consumo de energía se encuentra por debajo de los 5μW, factor dependiente de la eficiencia del rectificador con una eficiencia en rangos de 5 – 25% en frecuencias UHF y microondas. Seleccionando un eficiencia del 10% la potencia requerida en el espacio por la etiqueta es de 50μW correspondiente a aproximadamente -13dBm, en la documentación del distribuidor ThingMagic se especifica una potencia mínima de operación de -10dBm. Con el objetivo de realizar un análisis más detallado podemos determinar la potencia disponible en el espacio libre a una distancia de 1 a 5 metros utilizando una ecuación previamente definida:

$$P = \frac{P_1 \cdot G_i}{4\pi \cdot r^2}$$

Considerando la potencia transmitida P_1 de aproximadamente 4W valor correspondiente a una potencia de salida de la antena de 36dBm resultado de la siguiente operación de acuerdo a la potencia máxima establecida en la transmisión de sistemas RFID por la FCC **(sección II.3)**, menos la pérdida de potencia asociada al cable y por la ganancia directiva de la antena determinados por el fabricante:

$$P_{Configurada} - P_{Cable} + G_{antena} = 32.5 - 2.5 + 6 = 36dBm$$

DISTANCIA [m]	DENSIDAD DE POTENCIA [W]
1	2.1486
2	0.5371
3	0.2387
4	0.1343
5	0.0859

TABLA 5.2 Densidad de potencia en diversos puntos

Finalmente podemos calcular la máxima atenuación por pérdida de trayectoria por espacio libre a presentarse entre el lector y la antena para asegurar un funcionamiento adecuado del sistema RFID analizado, utilizando la relación entre la potencia presente a una distancia de 5m en la tabla 5.2 y la potencia requerida por la etiqueta de 100μW:

$$10\log\left(\frac{0.0859}{100\times10^{-6}}\right) = 29.34dB$$

En el caso de considerar el sistema de medición propuesto una simulación de un sistema RFID se puede determinar indispensable para un funcionamiento adecuado una pérdida de trayectoria por espacio libre por debajo de los 29.34dB, sin embargo de acuerdo a los valores obtenidos en la tabla 5.1 observamos que la pérdida de trayectoria por espacio libre supera los 29.34dB desde los 3m, razón por la cual se limitaron las mediciones a esta distancia.

La información anteriormente obtenida representa un análisis extrapolado del patrón de radiación determinado utilizando una antena de recepción de dipolo doblado. En sistema RFID de ultra alta frecuencia pasivo la antena de recepción es denominada *patch* o *microstrip* con una ganancia diferente a la del dipolo doblado, la limitación en los cálculos se debe especialmente a la ausencia de especificación de esta ganancia por parte del fabricante de las etiquetas.

El patrón de radiación determinado es la base para elaborar una aproximación de los valores alrededor del espacio. Utilizando una función de interpolación polinomial cúbica de Matlab realizamos un programa con el objetivo de calcular la aproximación y entregar los resultados de vuelta en una hoja de cálculo en EXCEL. Los datos interpolados correspondientes al patrón de radiación a una distancia de 2 y 3 metros se muestran en la figura 5.10 y 5.11.

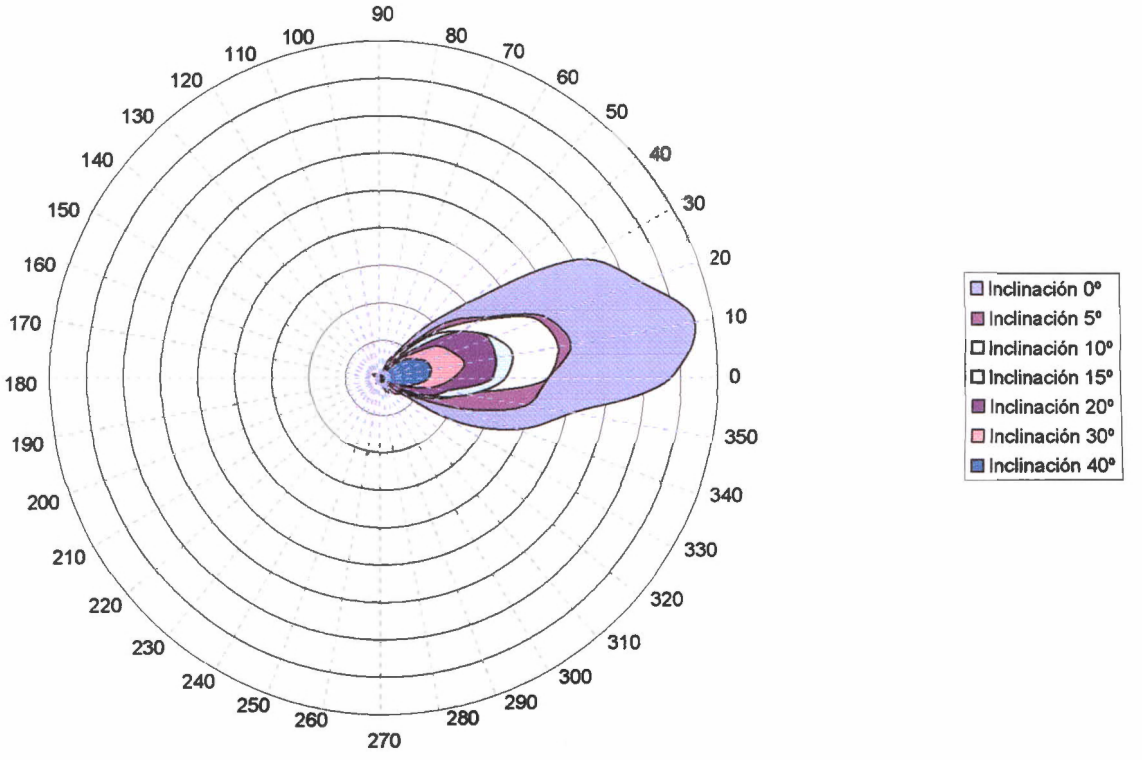


FIGURA 5.10 Patrón de radiación interpolado de la antena Dual TM-ANT-2 de ThingMagic a 2m

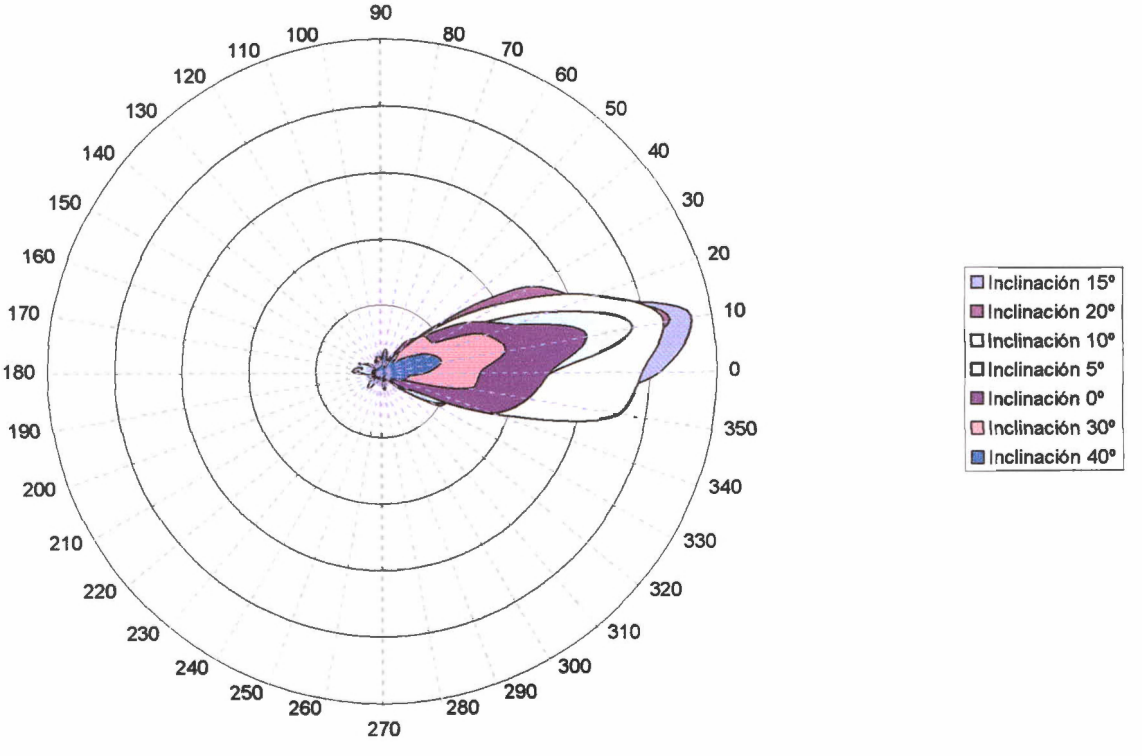


FIGURA 5.11 Patrón de radiación interpolado de la antena Dual TM-ANT-2 de ThingMagic a 3m

Utilizando la aproximación propuesta por ThingMagic de una potencia mínima requerida por la etiqueta de -10dBm se puede determinar analizando la potencia obtenida de la interpolación de las mediciones. En la tabla 5.3 se muestra los resultados del análisis, presentado un rango práctico en el cual se puede asegurar la operación de la etiqueta considerando los factores anteriormente definidos.

DISTANCIA [m]	ÁNGULO DE INCLINACIÓN Φ [°]	RANGO [°]	APERTURA ANGULAR
2	0	[308 - 70]	122
	5	[318 - 63]	105
	10	[324 - 65]	101
	15	[328 - 57]	89
	20	[322 - 54]	92
	30	[335 - 53]	78
	40	[338 - 48]	70
3	0	[344 - 20]	36
	5	[351 - 23]	32
	10	[341 - 30]	49
	15	[347 - 31]	44
	20	[358 - 33]	35
	30	-	0
	40	-	0

TABLA 5.3 Apertura angular correspondiente al rango de operación de una etiqueta RFID

6. APLICACIÓN RFID

6. 1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

El sistema que vamos a desarrollar en este proyecto consiste en el monitoreo de medicamentos de alto costo y/o de alto riesgo mediante tecnología RFID. Esta aplicación tiene gran potencial debido a que hará automáticamente procesos que muchas veces se hacen de manera inadecuada por el personal de un hospital. Las funciones del sistema, serán el almacenamiento, el monitoreo, el inventariado y la autenticación de los productos farmacéuticos. Debido a la importancia de las funciones, el sistema hace los procesos de manera meticulosa y contemplando los posibles escenarios para evitar así problemas o fallas del sistema. Esto nos permite tener un sistema confiable y robusto para el manejo de medicamentos de alto costo. Las características del sistema se describirán ampliamente a continuación:

El sistema consiste en un gabinete inteligente el cual contendrá las medicinas que requieran ser monitoreadas en tiempo real. Este gabinete consistirá en una estructura que dará soporte a la antena de RFID, la cual estará colocada de manera que todo el espacio del gabinete sea un área eficiente de lectura. Esta disposición la obtendremos de acuerdo a los resultados obtenidos en las pruebas del patrón de radiación. Como sabemos, una antena funciona mejor cuando el campo magnético es perpendicular a la etiqueta. Cuando la etiqueta se encuentra paralela al campo, no hay acoplamiento entre la etiqueta y la antena y por lo tanto no hay comunicación. Es por esto que es necesario disponer la antena y las etiquetas en los ángulos correctos a la radiación de la antena. Por esta razón, la antena se dispondrá de forma oculta en la parte superior del gabinete y contará con una pared de acrílico para que la radiación traspase con la menor atenuación posible.

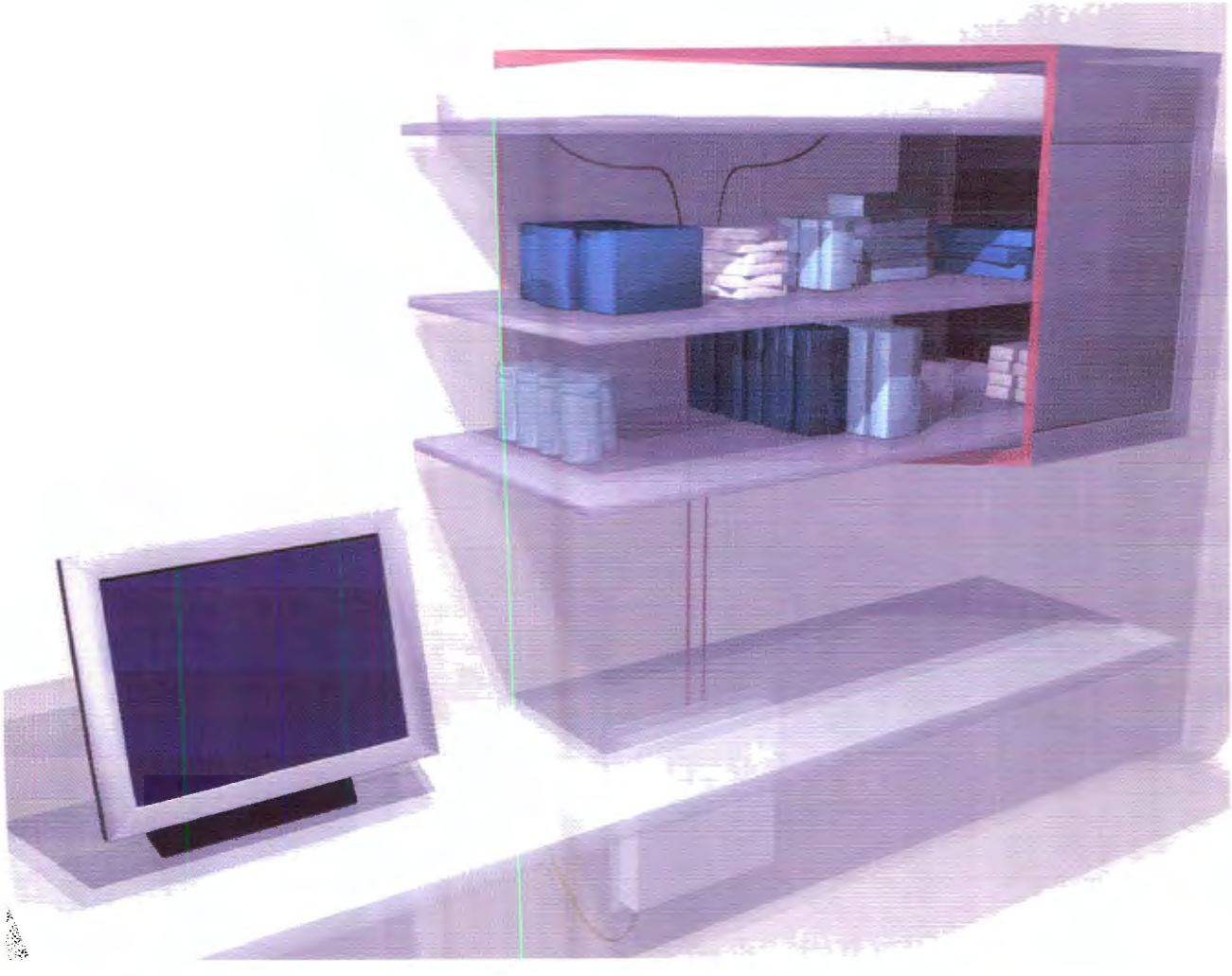


FIGURA 6.1 Gabinete Inteligente

Otro de los elementos importantes de nuestro sistema es la elaboración de software que permita gestionar adecuadamente las funciones necesarias. El software contará con una interfaz gráfica de usuario o GUI la cual permitirá al usuario realizar las diferentes funciones detalladas más adelante. Estas funciones serán el inventariado en tiempo real, consultas en monitor de la información contenida en la base de datos y consulta de información médica del producto. La GUI, será entonces, una disposición de pantallas de forma eficiente para que el usuario consulte los diferentes procesos del sistema.

El sistema manejará una base de datos elaborada en MySQL para albergar los datos EPC obtenidos por el lector y asociar a estos la información necesaria. Esta información consistirá en una serie de campos alfanuméricos como fecha de caducidad, fabricante, país de origen, marca, descripción del producto, lote e información médica del producto. Debido a que actualmente no existen bases de datos estandarizadas, como una primera aproximación a la aplicación de nuestro sistema, dispondremos de los campos y la información contenida en el EPC de las etiquetas escogidas de forma propietaria. Entonces, para realizar el llenado de la base de datos, el software cuenta con un módulo de creación de bases de datos propietarias. Esto implica, que los productos se leerán uno por un la primera vez y se pondrá en pantalla la información asociada a este. Algunos de los datos más importantes del producto se asociarán directamente al EPC, para lo cual elegimos un esquema de estructuración del código. Nuestro sistema será capaz de asociar los campos del EPC a datos predefinidos, es decir habrá información contenida en la etiqueta de cada producto y no solamente un número. Además, también habrá información en la base de datos la cual estará asociada al EPC de cada producto en particular. Esta información no estará contenida en la etiqueta, sino que estará almacenada en la base de datos, lo cual nos permite asociar un sinfín de información a este producto.

Tomando en cuenta lo anterior, nuestro sistema tendrá un módulo de información médica del producto, en el cual se podrán consultar los datos asociados al código particular de la etiqueta de un producto. Esto es de gran utilidad para desplegar en pantalla información de diagnóstico como dosificación, vía de administración, reacciones secundarias, indicaciones y contraindicaciones entre otros.

La GUI consistirá, entonces, de 3 módulos:

- Módulo de inventario en tiempo real
- Módulo de creación de base de datos propietaria
- Módulo de información médica del producto

6.2 JUSTIFICACIÓN DE APLICACIÓN

Bajo el objetivo general de diseñar un sistema de control y monitoreo automático de medicamentos basado en tecnología RFID que permita optimizar un proceso específico en la industria farmacéutica o el sector salud, se decidió crear un gabinete inteligente que almacene, monitoreé, genere un inventario en tiempo real y autentifique medicamentos que por su costo o riesgo a la salud convenga que sean vigilados.

Los criterios para decidir qué medicamentos serán monitoreados en el gabinete inteligente se describen a continuación:

- Costo

El costo de un medicamento justifica por sí solo la implantación de una etiqueta RFID que lo monitoreé, pues la constante vigilancia que el gabinete hará, evitará robos.

- Riesgo a la salud

El riesgo que representa un medicamento de empleo delicado es un factor suficientemente importante para justificar un gasto extra para su monitoreo, pues el uso indebido del mismo puede poner en riesgo la vida de los pacientes a los que se les aplique. Aunque proteger la salud de los pacientes y evitar los robos de medicamentos costosos son los principales objetivos a alcanzar por el sistema, la aplicación del gabinete inteligente representa otras ventajas:

- Aseguramiento de la autenticidad del medicamento

La verificación de la autenticidad de un medicamento tiene implicaciones de salud y económicas. De salud porque asegura que el medicamento es original y está respaldado por el laboratorio que lo fabrica. Económicas porque los laboratorios cuidan sus ingresos mediante el control de la autenticidad, pues se evita que fabricantes clandestinos fabriquen medicamentos espurios que pretender ser los originales.

- Búsqueda de la total satisfacción del paciente

Mediante el control de medicamentos peligrosos el paciente se sentirá protegido y seguro en un hospital que vigile sus medicamentos, lo que influirá positivamente en la percepción que tenga acerca del servicio recibido.

- Capacidad de llevar un control automático en tiempo real

Mediante el monitoreo en tiempo real de los medicamentos, las bases de datos se actualizan automáticamente, sin necesidad de que una persona física (expuesta a la posibilidad de cometer errores) lo haga.

- Mayor y mejor control de inventario

Debido a que el sistema da de alta y da de baja un producto automáticamente, no hay necesidad de esperar a que alguien lo haga. Esto genera un mejor control de inventarios, puesto que se automatiza el proceso.

- Generación automática de información útil para el médico

Por medio del módulo de información médica de producto, el médico recibe, de manera inmediata y automática, información útil sobre cualquier medicamento vigilado por el gabinete inteligente. Entre esta información está la dosis del medicamento, la fecha de caducidad, las reacciones secundarias, y cualquier otra información que se crea necesaria. Este sistema, al dar esta información de manera automática, producirá un ahorro de tiempo que el médico podrá utilizar en otras labores.

- Ahorro y mejor uso del tiempo-hombre

Si las bases de datos se actualizan automáticamente y la descripción del medicamento se entrega de la misma manera, los trabajadores de los hospitales pueden utilizar el tiempo antes dedicado a esas actividades a otras labores que no puedan ser sustituidas por una máquina, como el trato médico-paciente o enfermera-paciente, por citar algunas relaciones.

El sistema de gabinete inteligente, además de proteger la salud y de evitar robos, presenta ventajas adicionales que lo hacen un buen producto.

6.3 DESCRIPCIÓN DE LOS MÓDULOS DEL SISTEMA

6.3.1 Modulo 1: Inventario en tiempo real

El módulo de inventario en tiempo real consiste en obtener la descripción de los productos ubicados en el gabinete. El sistema debe permitir al usuario realizar una consulta, observar los resultados en pantalla, detectar modificaciones en cantidad y cualidad de los productos contenidos. Uno de los factores de diseño importantes a considerar es la independencia del sistema a la variable de velocidad de lectura a diferencia de aplicaciones orientadas a cadenas de suministro. Esto es debido al hecho de que los productos se encontrarán estáticos dentro del gabinete inteligente. La variable a controlar en el módulo de inventario en tiempo real se relaciona más con el cambio de estado, es decir, el cambio en la posición de los productos dentro del gabinete de un instante de tiempo a otro.

El EPC de todos los productos presenta una sintaxis particular, el código se encuentra dividido en diversos grupos. Por ejemplo, considerando un EPC de 64 bits la sintaxis del código se puede definir como:

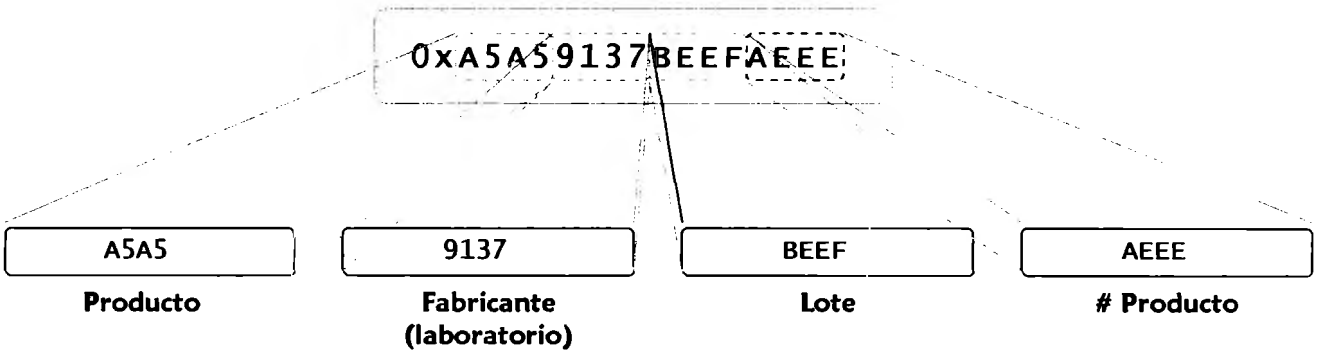


FIGURA 6.2 Sintaxis del EPC en las bases de datos propietarias

La información de cada etiqueta se codifica previamente en un proceso independiente, simulado en el módulo de creación de bases de datos propietarias. La función de inventario en tiempo real realiza los siguientes pasos:

- Lectura de las etiquetas
- Procesamiento del código EPC
- Actualizar la información del producto en la base de datos (Inventario)

Las limitaciones del sistema se determinan analizando dos procesos principales: la adquisición de datos y el procesamiento de la información. En la adquisición de datos el factor a considerar es el rango de lectura, el cual se determina por la disposición de las antenas. Se utilizará únicamente una antena limitando el rango de lectura a un solo nivel. El tiempo de procesamiento de la aplicación limita el funcionamiento del sistema a un máximo de 30 productos contenidos en el gabinete.

Los requerimientos del módulo son la codificación previa de la etiquetas de acuerdo a la sintaxis del EPC seleccionada, operaciones básicas del lector, creación y administración de bases de datos en MySQL y la construcción e instalación física del gabinete. El módulo incluye la documentación correspondiente.

6.3.2 Estandarización

La presente sección fue realizada con base en el documento **EPC^{TM} Generation 1 Tag Data Standards Version 1.1 Rev.1.27** publicado el día 10 de mayo de 2005.

En este apartado pretendemos hacer una descripción del estándar que la EPCglobal propone para el uso de bits de las etiquetas RFID y que nosotros utilizamos en nuestro proyecto.

El EPC es un código que se usa para identificar mediante tecnología RFID un producto como único, y que, por lo tanto, permite diferenciarlo de cualquier otro. Cada etiqueta tiene un determinado

número de bits que es utilizado con este propósito y que es dividido en subsecciones que sirven para identificar determinada característica del producto. Diferentes tipos de etiquetas tienen distinto número de bits que son utilizados con el propósito de identificar cada producto como único, sin embargo, las etiquetas más comunes son las de 64 y 96 bits. Los estándares para datos de las etiquetas EPC definen la posición y la longitud de estos datos.

El identificador EPC es un esquema diseñado para soportar las necesidades de diferentes industrias. Los diferentes esquemas diseñados por EPCglobal son referidos por identificadores de dominio que indican que proveen identificación de productos dentro un un dominio en particular, como podría ser una industria o una clase de industrias; para nuestro caso la industria farmacéutica.

Para el presente proyecto haremos una división única del EPC que funcione indistintamente para etiquetas de 64 y 96 bits, y que permita que el sistema identifique un producto sin necesidad de modificación alguna. Es decir, diseñaremos una estructura del EPC y un paquete de programación que harán que el lector RFID sea capaz de obtener de las etiquetas (ya sea de 64 o de 96 bits) las características del producto. Todo esto basado en los estándares propuestos por la EPCglobal, que es la principal institución encargada de la estandarización de la tecnología RFID en Estados Unidos.

La codificación del EPC de las etiquetas incluirá un campo de Encabezado seguido de uno o más Campos de Valores. El Encabezado determinará el formato y la longitud en bits de los demás campos. Los Campos de Valores contendrán el identificador único EPC y otros bits para cualquier información del producto que se crea lo suficientemente relevante como para ser grabado en la etiqueta misma.

El sistema que hemos diseñado utilizará los bits dados por la etiqueta para identificar las características más importantes del producto que serán desplegadas en pantalla para su consulta. Sin embargo, con base en esos bits y si el usuario del sistema así lo solicita, con un simple botón se podrán hacer conexiones con bases de datos para obtener mucha más información referente al producto. Esto maximizará sensiblemente la información contenida en la etiqueta, ya que aunque únicamente los datos más importantes están de manera explícita en ella; de manera implícita, por medio de conexiones con base de datos basadas en los mismos bits de la etiqueta, se podrá obtener de ella mucha más información.

Resumiendo, la estandarización que utilizaremos describirá cómo serán codificados los bits en la propia etiqueta RFID, así como la manera en que serán utilizados estos bits por el software para su uso en los sistemas de información. Para este propósito adoptaremos la estructura SGTIN (*Serialized Global Trade Item Number* o Número Mundial de Artículo Comercial Seriado) para 64 y 96 bits.

Número Mundial de Artículo Comercial Seriado (SGTIN)

El SGTIN es un nuevo tipo de identidad basado en la EAN.UCC 316 Global Trade Item Number (GTIN) definido en las especificaciones General EAN.UCC 317. Lo que diferencia al GTIN del SGTIN es que este último introduce un número serial que será asignado por la compañía administradora; con lo que se permitirá identificar a cada producto como único, que es una de los principales atributos proporcionados por la tecnología RFID y que lo distingue de otras tecnología como la de código de barras.

El SGTIN está formado por los siguientes elementos de información:

- Índice de Prefijo de Compañía
- Referencia de Artículo.
- Número Serial.

El Índice de Prefijo de Compañía no es un prefijo de compañía en sí, sino un índice dentro de una tabla que hace refererencia a la compañía en cuestión.

Referencia de Artículo está compuesta por el Número de Referencia de Artículo GTIN y por el Dígito Indicador. Ambos vienen combinados de la siguiente manera: en el bit más signifcativo está el dígito indicador, seguido de los bits del Número de Referencia de Artículo. Es importante notar que debido a la estructura recién descrita, para la Referencia de Artículo es diferente el número 00335 que el 335, ya que al incorporarle el Dígito Indicador (supongamos 1) los ceros de la izquierda adquieren valor; así no será lo mismo 100335 que 1335. El entero resultante de la combinación es tratado como un solo número y posteriormente codificado en binario para formar el campo de Referencia de Artículo.

Como su nombre lo indica, el campo de Número Serial contiene un número serial dentro de un rago de números definido por los bits que a este propósito están dedicados.

La estructura general de la codificación EPC es una serie de bits (64 y 96 para nuestro caso) que contiene un Encabezado de longitud variable seguido por series de "Campos de Valor" cuya longitud total, estructura y función estarán totalmente determinados por el valor del Encabezado. Así, con el número del Encabezado podemos saber la manera en la que serán distribuidos los distintos bits de la etiqueta para cada uno de los diferentes campos de d atos; es decir, podemos determinar el formato de datos de la etiqueta.

Existe un estándar para los encabezados en los que además de indicar el formato de datos de la etiqueta, se indica desde ahí la longitud de la misma. En la tabla 6.1 se muestran los valores para los estándares que utilizaremos.

VALOR DEL ENCABEZADO (BINARIO)	NÚMERO DE BITS DE LA ETIQUETA	ESQUEMA DE CODIFICACIÓN
10	64	SGTIN-64
00110000	96	SGTIN-96

TABLA 6.1 Estándar para Encabezado

Los Valores de Filtro son datos adicionales contenidos en la etiqueta que son utilizados para un filtrado rápido y una preselección de los tipos logísticos básicos. Los Valores de Filtro son los mismos para el SGTIN-64 y 96 y son mostrados en la tabla 6.2.

TIPO	VALOR BINARIO
Todos los demás	000
Artículos comerciales para el consumidor minorista	001
Agrupamiento de artículos para el comercio estándar	010
Transporte sencillo (sólo ida) / Artículos comerciales para el consumidor	011
Reservado	100
Reservado	101
Reservado	110
Reservado	111

TABLA 6.2 Valores de Filtro para el esquema de codificación SGTIN

El valor binario 000 sólo deberá ser utilizado si el producto etiquetado no concuerda con ninguna categoría descrita por los otros valores que puede tomar el filtro.

Estructura de datos de los estándares SGTIN-64 y SGTIN-96

En este apartado mostraremos la división por bits y campos de los estándares que utilizaremos en el proyecto.

SGTIN-64

El SGTIN-64 incluye cinco campos: Encabezado, Valor Filtro, Prefijo de Compañía, Referencia de Artículo y Número Serial. Todos ellos explicados en líneas previas.

ENCABEZADO	VALOR DE FILTRO	ÍNDICE PREFIJO DE COMPAÑÍA	REFERENCIA DE ARTÍCULO	NÚMERO SERIAL
2 bits	3 bits	14 bits	20 bits	25 bits
10 Valor binario	Ver tabla 6.2	16, 383 (decimal)	9 a 1,048,575 (decimal)	33,554,431 (decimal)

TABLA 6.3 Estructura SGTIN-64

En la primera fila se indica el nombre del campo, en la segunda el número de bits dedicado a cada campo (notar que suman 64), y en la última se muestra el valor máximo que puede tomar cada campo, o su rango de valores.

SGTIN-96

El SGTIN-96 tiene seis campos: Encabezado, Valor Filtro, Partición, Prefijo de Compañía, Referencia de Artículo y Número Serial. Como se puede notar, sólo tiene un campo más (el campo de Partición) que el SGTIN-64, sin embargo el número de bits utilizado para cada campo es diferente.

Como cinco de los campos ya fueron explicados anteriormente, sólo nos referiremos particularmente al que aún no ha sido descrito: Partición.

El campo de Partición idica cómo fueron divididos los bits dedicados a Prefijo de Compañía y a Referencia de Artículo, por lo que de él dependerán sus rangos. En la tabla 6.4 se indican los posibles valores del campo de Partición y la manera en que cada uno de ellos afecta a los rangos de los otros dos campos.

VALOR DE PARTICIÓN	PREFIJO DE COMPAÑÍA		REFERENCIA DE ARTÍCULO	
	Bits	Digitos (decimales)	Bits	Digitos (decimales)
0	40	12	4	1
1	37	11	7	2
2	34	10	10	3
3	30	9	14	4
4	27	8	17	5
5	24	7	20	6
6	20	6	24	7

TABLA 6.4 Partición para SGTIN-96

En la tabla 6.5 se muestra la manera en la que los bits son dividios para la codificación SGTIN-96. Es importante notar que los rangos de Prefijo de Compañía y Referencia de Artículo cambian debido al valor de Partición; como se explicó en las líneas previas y en la tabla anterior.

ENCABEZADO	VALOR FILTRO	PARTICIÓN	PREFIJO DE COMPAÑÍA	REFERENCIA DE ARTÍCULO	NÚMERO SERIAL
8 Bits	3 bits	3 Bits	20-40 Bits	4-24 Bits	38 bits
00110000 Valor binario	Ver tabla 6.2	Ver tabla 6.4	999,999 a 999,999,999,999 (decimal)	9 a 9,999,999 (decimal)	274,877,906,943 (decimal)

TABLA 6.5 Estructura SGTIN-96

La primera fila corresponde a los nombres de los campos, la segunda al número de bits o al rango de número de bits correspondientes a cada campo; y la tercera fila muestra los posibles valores o rangos que puede tomar cada campo.

Para este estándar, la distribución de los bits, y por lo tanto los posibles valores que cada campo puede almacenar, dependen de los valores de Encabezado, de Valor de Filtro y de Partición. Éstos no pueden ser determinados arbitrariamente ya que deben cumplir con un protocolo estipulado.

SGTIN-64 y SGTIN-96 en el proyecto

Como ya lo habíamos adelantado, para el proyecto decidimos utilizar el protocolo SGTIN para 64 y 96 bits, y hacerlo de tal manera para que el programa de cómputo pudiera trabajar indistantemente con cualquiera de los dos protocolos. Teniendo esto en cuenta decidimos utilizar los valores dados para el protocolo de 64 bits y utilizar para el de 96 bits (que por su estructura tiene más opciones de modificación) el que más se pareciera al de 64 bits, esto con el fin de facilitar el traslado de un protocolo a otro.

Bajo esta premisa dividimos los campos dados por cada protocolo de la siguiente manera:

SGTIN-64

ENCABEZADO	VALOR DE FILTRO	ÍNDICE PREFIJO DE COMPAÑÍA	REFERENCIA DE ARTÍCULO	NÚMERO SERIAL
2 Bits	3 bits	14 bits	20 bits	25 bits
10 (binario)	001 (binario)	16, 383 (decimal)	9 a 1,048,575 (decimal)	33,554,431 (decimal)

TABLA 6.6 Valores de SGTIN-64 en el proyecto

Encabezado: Siempre el mismo valor (10_b)

Valor de Filtro: 001_b

Índice Prefijo de Compañía:

- 10 bits para Laboratorio de Distribución
- bits para la Ciudad del Laboratorio Distribución

Referencia de Artículo:

- 7 bits para el Nombre Comercial del Producto
- 3 bits para la Presentación del Producto
- 6 bits para País de Origen
- bits (más significativos) para algún dato imprevisto

Número Serial:

- 6 bits para Número de Lote
- 12 bits para Fecha de Caducidad
- 7 bits para Número de Producto

SGTIN-96

ENCABEZADO	VALOR DE FILTRO	PARTICIÓN	PREFIJO DE COMPAÑÍA	REFERENCIA DE ARTÍCULO	NÚMERO SERIAL
8 Bits	3 Bits	3 Bits	20 bits	24 bits	38 bits
00110000 (binario)	001 (binario)	6 (decimal)	999,999 (máximo valor decimal)	9,999,999 (máximo valor decimal)	274,877,906,943 (máximo decimal)

TABLA 6.7 Valores de SGTIN-96 en el proyecto

Encabezado: Siempre el mismo valor (00110000_b)

Valor de Filtro: 001_b

Partición: Siempre el mismo valor (6_d)

Índice Prefijo de compañía:

- 14 bits para Laboratorio de Distribución
- 6 bits para Ciudad del Laboratorio Distribución

Referencia de Artículo:

- 13 bits para el Nombre Comercial del Producto
- 3 bits para Detalle del Medicamento
- 8 bits para País de Origen

Número Serial:

- 6 bits para Número de Lote
- 7 bits para Fecha de Caducidad
- 25 bits para Número de Producto

Toda la información mencionada estará disponible en la etiqueta a manera de bits, sin embargo, de esta información se sacarán vínculos que conduzcan a diferentes bases de datos con el fin de obtener de ellas la información referente al medicamento en cuestión.

Las limitaciones del sistema se determinan analizando dos procesos principales: la adquisición de datos y el procesamiento de la información. En la adquisición de datos el factor a considerar es el rango de lectura, el cual se determina por la disposición de las antenas. Se utilizará únicamente una antena limitando el rango de lectura a un solo nivel. El tiempo de procesamiento de la aplicación limita el funcionamiento del sistema a un máximo de 30 productos contenidos en el gabinete.

Los requerimientos del módulo son la codificación previa de la etiquetas de acuerdo a la sintaxis del EPC seleccionada, operaciones básicas del lector, creación y administración de bases de datos en MySQL y la construcción e instalación física del gabinete. El módulo incluye la documentación correspondiente.

6.3.3 Módulo 2: Creación de bases de datos propietarias

La incorporación del código electrónico de producto (EPC) en aplicaciones de cadenas de suministro y control de inventarios ha orientado la integración de la tecnología RFID desde la producción del producto. La idea es llegar a un punto en el cual la tecnología RFID sea tan común como el código de barras, dejando la responsabilidad de anexar el EPC directamente en el fabricante.

El objetivo de diseñar un módulo de creación de bases de datos propietarias es simular un escenario ideal en el cual la descripción de los productos distribuidos se puede consultar directamente en un servidor local utilizando el EPC. La simulación debe ser lo suficientemente versátil y eficiente para poder utilizarla en la creación de bases de datos propietarias a nivel industrial, permitiendo al usuario documentar la información característica del producto de una forma simple y en el menor tiempo posible.

El módulo de creación de bases de datos propietarias relaciona funciones de escritura de etiquetas y gestión de base de datos. Además de los campos contenidos en la sintaxis del EPC, tendremos campos de datos guardados en una base de datos, los cuales se asociarán al producto mediante el EPC. De esta forma definimos el campo llave de la base de datos como el campo en el que se albergará el código electrónico del producto. Esta llave principal es el campo que primero se busca en la base de datos y todos los campos asociados se denominan llaves secundarias. Los requerimientos mínimos de información de un producto a registrarse en la base de datos se enumeran a continuación:

1. Código electrónico de producto (Llave principal)
2. Descripción del producto
3. País de origen
4. Fabricante
5. Marca
6. Lote
7. Fecha de caducidad
8. Información médica

6.3.4 Módulo 3: Información médica del producto

El módulo de información médica del producto consiste en una aplicación conformada por una interfase gráfica de usuario en la cual se despliegue la descripción completa del producto. La idea es realizar una lectura de etiquetas, una vez obtenido el EPC del producto realizar una consulta a la base de datos propietaria, recopilar toda la información asociada con el producto y presentarla de una forma adecuada al cliente. La información presentada será aquella que de interés para el personal médico que utilice el gabinete. Dentro de los datos que contendrá esta aplicación se tendrá el diagnostico del medicamento, vía de administración, contraindicaciones, efectos secundarios, síntomas, etc.

El factor más importante a considerar en el diseño es la velocidad de procesamiento de la aplicación al detectar la lectura de dos o más productos en el campo de lectura e intentar regresar la información del producto simultáneamente. Se debe realizar una prueba de desempeño para determinar

realmente la capacidad del sistema de operar en un escenario real. En caso de observar resultados desfavorables sería necesario pensar en un la adición de sensores que controlen el inicio y final del periodo de lectura.

7. DOCUMENTACIÓN: MANUAL DE USUARIO DEL SISTEMA RFID PARA CONTROL DE MEDICAMENTOS

7.1. INSTALACIÓN

Los programas a instalar se encuentran contenidos en el CD entregado:

- JDK 5.0 **(jdk-1_5_0_04-windows-i586-p)**
- NetBeans IDE 4.1 **(netbeans-4_1-windows)**
- MySQL Server 4.1 **(mysql-4.1.14-win32)**
- MySQL Administrator **(mysql-administrator-1.0.21-win)**
- MySQL Quero Browser **(mysql-query-browser-1.1.17-win)**

Incluir las librerías se debe incluir los archivos ejecutables .jar en la siguiente ruta:

C:\...\Program Files\Java\jdk1.5.0_04\jre\lib\ext

- substance.jar
- substance-theme-pack
- mysql-connector-java-3.1.12-bin.jar

Finalmente incorporar los programas contenidos en la carpeta de Inventario en la ruta C:\JAVA y definirla como ruta principal del sistema.

7.2 MENÚ PRINCIPAL

La sección actual describe las aplicaciones disponibles en el menú principal del sistema RFID para control de inventarios. La aplicación global se compone de 4 módulos principales, capaces de administrar de forma versátil, independiente y distribuida todas las funciones del sistema, enlistados a continuación:

- Interfaz de pruebas RFID
  Módulo 1. Control de inventario
- Módulo 2. Creación de bases de datos propietarias
- Módulo 3. Información detallada del producto

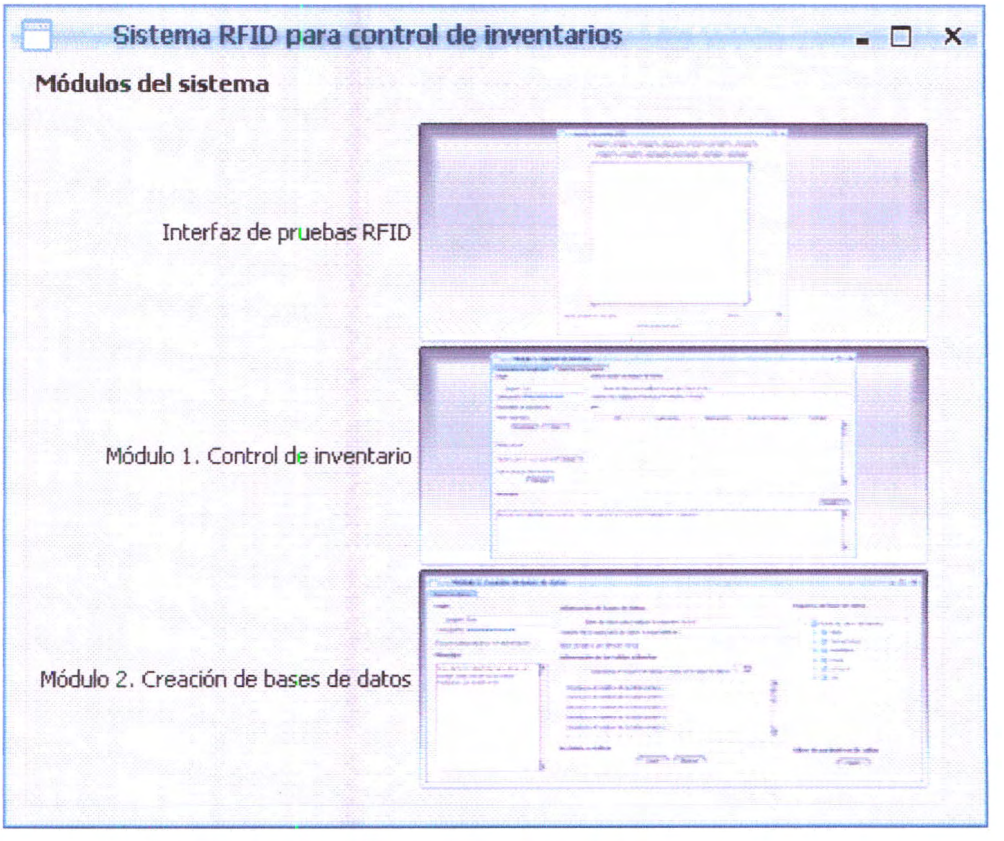


FIGURA 7.2.1 Menú principal de la aplicación

7.3 INTERFAZ DE PRUEBAS RFID

Esta sección describe las funciones de la interfaz gráfica de usuario de pruebas. La interfaz de pruebas tiene como objetivo realizar las funciones básicas del lector Mercury4 con la intención de probar el funcionamiento del lector y sus antenas en procedimientos sencillos de lectura/escritura de etiquetas RFID. Actualmente, el sistema operativo del lector MercuriOS 2.3 Tesla trae consigo una aplicación que se puede visualizar desde cualquier navegador como el Internet Explorer de Microsoft. Esta aplicación tiene la capacidad de realizar tanto las funciones básicas de lectura/escritura como configuraciones al lector Mercury4. Sin embargo, en dicha aplicación no se pueden hacer todos los comandos que el lector soporta. Algunas de las funciones importantes de un sistema RFID son el Lock, el Password y el Kill. Estas funciones se detallarán más adelante.

Una de las funciones adicionales de prueba que realiza esta interfaz gráfica de usuario es la conexión con bases de datos, función que no se puede realizar desde el Applet del sistema operativo Tesla. Los botones de bases y tablas de datos en este sistema tienen como objetivo únicamente probar que el funcionamiento de MySQL sea adecuado. En el caso que no se puedan crear tablas o bases de datos con la interfaz, comprueba que el sistema no esta funcionando correctamente. Si este es el caso se necesitará revisar la instalación y configuración de MySQL. De igual manera, los eventos que se

realizan junto con el lector probarán tanto la comunicación lector-software como el funcionamiento de cada uno de los eventos. Una vez comprobado que el sistema se comunica correctamente, y que se pueden realizar todas las funciones adecuadamente, se puede utilizar el sistema RFID para control de medicamentos.

Las conexiones con bases de datos, y los procesos de escritura/lectura son las funciones principales y básicas que realizará el lector con cualquier software de aplicación. De esta forma la interfaz gráfica de pruebas nos permite introducir las funciones del protocolo de comunicación entre el software cliente corriendo en una computadora remota y los lectores RFID Mercury4. El software cliente, como se verá más adelante, puede ser un sistema de bases de datos, el software de una empresa o un software de usuario.

Es importante indicar que este manual de usuario describirá solamente las funciones realizadas por la interfaz gráfica de pruebas, para conocer acerca de las características del lector, protocolos de transporte, estructura de comandos, errores y funcionalidad específica, es necesario consultar la guía de usuario del Mercury4.

La interfaz de pruebas se muestra en la figura 3.1. En la imagen se pueden apreciar los botones de las diferentes funciones que se describirán a detalle, el área de despliegue de mensajes en el centro de la aplicación, el espacio de la línea de comandos y las opciones de filtrado en el combo box inferior derecho.

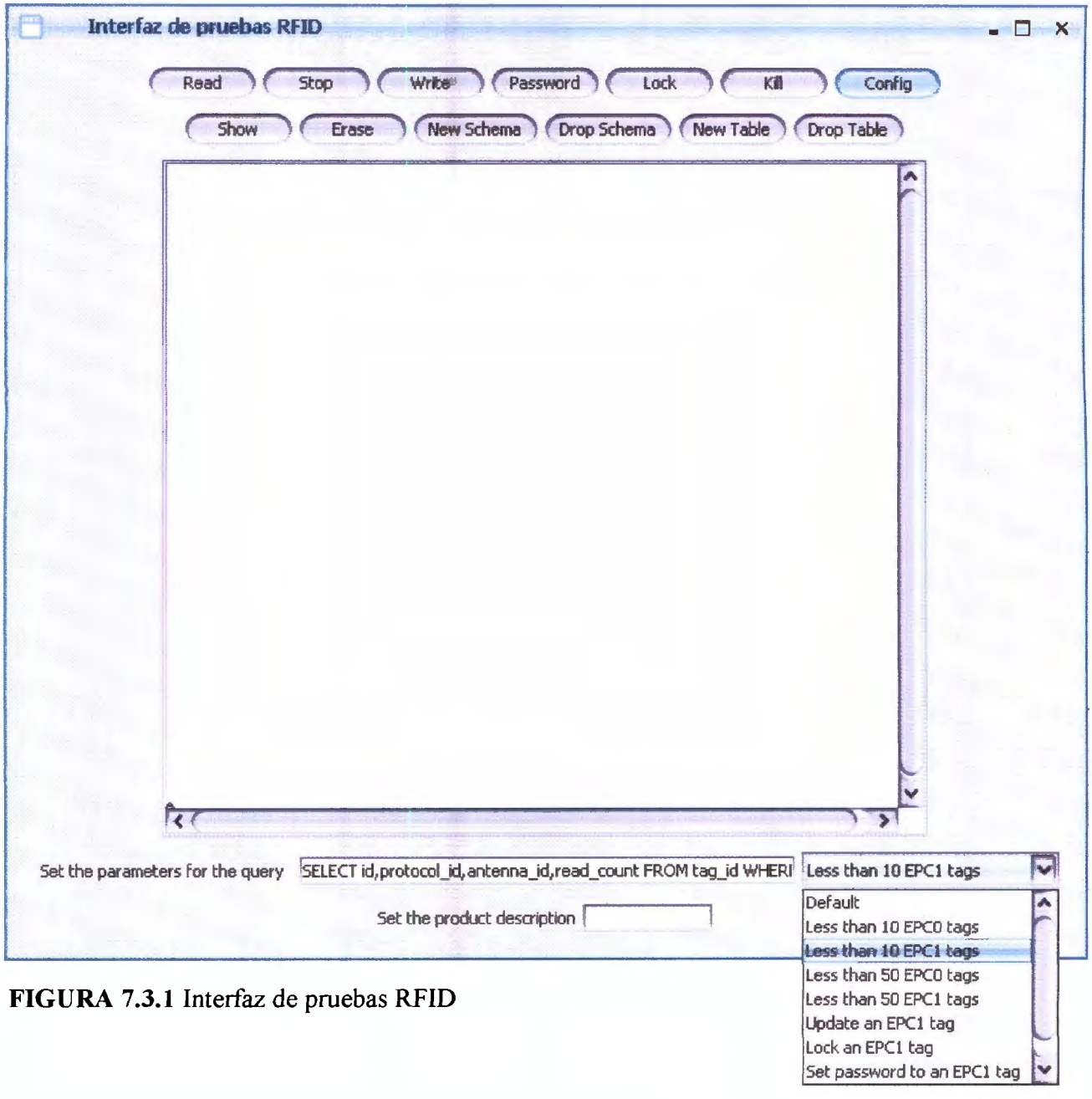


FIGURA 7.3.1 Interfaz de pruebas RFID

La forma en la que el lector se comunica con las diferentes tipos de aplicaciones, como la interfaz de pruebas, es un lenguaje propietario de la empresa ThingMagic, los fabricantes del lector Mercury4. Este lenguaje de comunicación, no es más que un protocolo llamado RFID RQL (Radio Frecuency Identification Reader Query Language). Este protocolo se creó basándose en el lenguaje SQL (Sequence Query Language) con algunas modificaciones para una mejor noción del tiempo. Una de las características más importantes de diseño del protocolo RQL es que se creó con la intención de dar solución a aplicaciones de forma rápida. Esto se puede lograr ya que un comando completo del lector puede ser encapsulado en una sola línea de texto ASCII. Posteriormente este comando se envía al

lector para que este haga las acciones que le corresponden. Este protocolo de nivel de aplicación es en realidad un protocolo independiente de las capas de transporte y por lo tanto de los protocolos de transporte utilizados para establecer la conexión software-lector. Es decir, que independientemente de los protocolos utilizados para hacer la conexión vía ethernet, los comandos RQL son los mismos. La figura 3.2 ilustra la conexión del software cliente hacia el lector utilizando RQL.

El lector realiza diferentes procesos de datos llamados eventos. Existen diferentes tipos de eventos los cuales son: Read, Write, Lock, Password y Kill. Estos eventos pueden ser realizados de dos diferentes formas, una de ellas es recibiendo automáticamente los eventos cada cierto periodo de tiempo, o haciendo las peticiones de eventos en particular al lector.

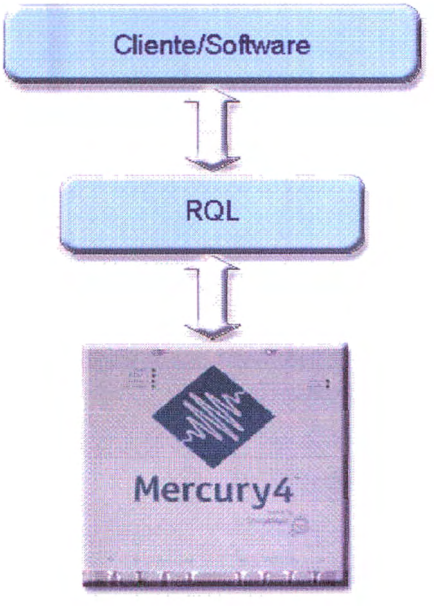
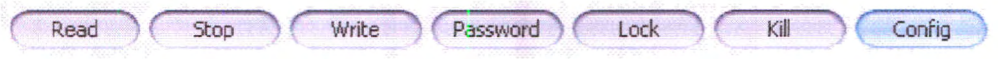


FIGURA 7.3.2 Conexión Software – Lector a través del Reader Query Language

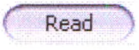
El software cliente es capaz de realizar las siguientes peticiones al lector:

- Leer el ID de todas las etiquetas
- Leer el ID de un grupo de etiquetas con un protocolo específico de RF.
- Escribir IDs a una etiqueta de una variedad de protocolos siempre y cuando las etiquetas soporten el evento de escritura (Write).
- Bloquear la reescritura de una etiqueta siempre y cuando las etiquetas soporten el evento bloquear (Lock).
- Aniquilar el funcionamiento de una etiqueta siempre y cuando las etiquetas soporten el evento desactivar (Kill).

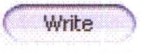
Botones de eventos:



Los botones de eventos, nos permiten realizar lecturas, escrituras, establecer el password de una etiqueta, bloquear el ID de una etiqueta y desactivar la etiqueta. Además se tiene el botón de "Stop", el cual permite detener los procesos realizados por el lector. A continuación se detallan las funciones individualmente.



Permite realizar el evento de lectura de etiquetas. El protocolo que se utilizará para leer las etiquetas se deberá de seleccionar en el combo box que aparece en la parte inferior derecha de la aplicación. Cada una de las opciones se detalla en la tabla 6.1. Cuando se inicia la lectura de etiquetas presionando el botón Read, el sistema realizará el comando que aparece en el espacio de línea de comando en la parte inferior de la aplicación. Si se selecciona una opción del combo box, el comando correspondiente a esa selección aparecerá en la línea de comando. Si se modifica la línea de comando manualmente, el programa obedecerá al comando modificado, es decir, al comando que se escriba en la línea de comando.



El botón "Write" permite escribir un código EPC a la etiqueta que se encuentre frente a la antena del lector. El evento Write solamente se puede realizar sobre una etiqueta a la vez. La escritura de un EPC sobre varias etiquetas es una acción que no se puede realizar con este software debido a las características del lector Mercury4. Además, la etiqueta sobre la cual se vaya a escribir, necesitará ser del tipo que permita reescritura de EPC. Los tipos de etiquetas que se pueden rescribir se denominan clase 0^{+}, 1, ISO 18000-6B y generación 2. Las etiquetas clase 0 no pueden ser re-escritas debido a la arquitectura con la cual fueron diseñadas. El procedimiento para reescribir una etiqueta es el siguiente:

+ Elegir en el combo box la opción de escritura deseada (ej: Update an EPC1 tag).
+ El comando correspondiente al evento de escritura aparecerá en la línea de comando.
+ En la línea de comando, a lo largo de la sintaxis aparecerá el identificador del código EPC (id=0x) mostrado en rojo de la siguiente forma:

UPDATE tag_id SET id=0x WHERE protocol_id='EPC1' AND antenna_id=1

+ Inmediatamente después del identificador del código EPC (id=0x) se deberá de escribir el código EPC con el cual actualizaremos la etiqueta que se encuentre enfrente de la antena del lector. Quedará de la siguiente forma:

UPDATE tag_id SET id=0xA5A5510038192669 WHERE protocol_id='EPC1' AND antenna_id=1

+ El código EPC se escribe como una cadena de 16 dígitos hexadecimales para un código EPC de 64bits, y como una cadena de 24 dígitos hexadecimales para un código EPC de 96 bits.
+ Una vez indicado el código que se va a escribir, se presiona el botón de "Write" para su escritura.

Password El evento "Password" le indica a la etiqueta cual será su nueva contraseña (password). Esta contraseña se utiliza para otros eventos como "Kill" y "Lock", eventos que requieren de una contraseña. La actualización de contraseña se puede hacer sobre una etiqueta a la vez. La escritura de una contraseña sobre varias etiquetas es una acción que no se puede realizar con este software debido a las características del lector Mercury4. Además, la etiqueta sobre la cual se realice el evento "Password", necesitará ser del tipo que permita el uso de contraseñas. Las etiquetas que pueden ser utilizadas con este evento son denominadas EPC Clase 1, Clase 0 y Clase 0+ y Generación 2. Las etiquetas ISO 18000-6B no permiten el uso de contraseñas. El procedimiento para escribir una contraseña a una etiqueta es el siguiente:

+ Se selecciona del combo box la opción "Set password to an EPC1 tag".
+ El comando correspondiente a este evento aparecerá sobre la línea de comando.
+ En la línea de comando, a lo largo de la sintaxis aparecerá el identificador de la contraseña (password=0x) como se muestra:

UPDATE tag_id SET password=0x, id=0x WHERE protocol_id='EPC1' AND antenna_id=1

+ Inmediatamente después del identificador de contraseña, se deberá de escribir la nueva contraseña que será grabada en la etiqueta:

UPDATE tag_id **SET** password=0x12, id=0x WHERE protocol_id='EPC1' AND antenna_id=1

+ Es importante escribir la contraseña del tamaño adecuado de dígitos hexadecimales, ya que las contraseñas varían dependiendo del tipo y la clase de etiqueta.

+ Posteriormente se deberá indicar el código EPC de la etiqueta a la cual se le quiere grabar la nueva contraseña. Quedará de la siguiente forma:

UPDATE tag_id SET **password=0x12, id=0xA5A5510038192669** WHERE protocol_id='EPC1' AND antenna_id=1

+ Una vez hecho lo anterior, se presiona el botón "Password" para grabar la nueva contraseña sobre la etiqueta seleccionada.

Lock

El evento "Lock" bloqueará la etiqueta seleccionada para que no se pueda volver a reescribir el código EPC. Las etiquetas del tipo generación 2 necesitan una contraseña para poder ser bloqueadas. El bloqueo de etiquetas se podrá hacer sobre una etiqueta a la vez. El bloqueo sobre varias etiquetas es una acción que no se puede realizar con este software debido a las características del lector Mercury4. Además, la etiqueta sobre la cual se realice el evento "Lock", necesitará ser del tipo que permita su bloqueo. Las etiquetas que pueden ser utilizadas con este evento son denominadas EPC Clase1, Clase0+ y Generación 2. Las etiquetas ISO 18000-6B y EPC clase 0, no permiten el bloqueo de códigos. El procedimiento para bloquear una etiqueta es el siguiente:

+ Se selecciona del combo box la opción "Lock an EPC1 tag"
+ El comando correspondiente a este evento aparecerá sobre la línea de comando.
+ En la línea de comando, a lo largo de la sintaxis aparecerá el identificador de bloqueo (locked=1) como se muestra:

UPDATE tag_id SET locked=1, id=0x WHERE protocol_id='EPC1' AND antenna_id=1

+ El commando locked deberá ser puesto en 1 (locked=1) para que se efectue el evento de bloqueo.
+ Posteriormente se escribirá el código EPC de la etiqueta que se quiera bloquear siguiendo el identificador de código EPC de la misma forma que los comandos anteriores.

UPDATE tag_id SET **locked=1, id=0xA5A5510038192669** WHERE protocol_id='EPC1' AND antenna_id=1

+ Una vez hecho lo anterior se presiona el boton "Lock" y se bloquerá la etiqueta seleccionada.

El evento "Kill" desactivará las etiquetas para que no puedan ser leídas nunca más. Cuando se realiza la desactivación, todas las funciones de una etiqueta quedarán desactivadas y no se podrán reactivar de nuevo. Este tipo de acción tiene el objetivo de que no se puedan utilizar las etiquetas una vez efectuado el evento "Kill". Es necesario conocer la contraseña que tiene la etiqueta para poder efectuar el evento "Kill". La desactivación de etiquetas se podrá hacer sobre una etiqueta a la vez. La desactivación de varias etiquetas es una acción que no se puede realizar con este software debido a las características del lector Mercury4. Además, la etiqueta sobre la cual se realice el evento "Kill", necesitará ser del tipo que permita su desactivación. Las etiquetas que pueden ser utilizadas con este evento son denominadas EPC Clase1, Clase 0, Clase 0^+ y Generación 2. Las etiquetas ISO 18000-6B no permiten el bloqueo de códigos. El procedimiento para desactivar una etiqueta una etiqueta es el siguiente:

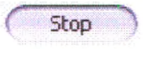
- Se selecciona del combo box la opción "Kill an EPC1 tag"
- El comando correspondiente a este evento aparecerá sobre la línea de comando.
- En la línea de comando, a lo largo de la sintaxis aparecerá el identificador de desactivación (killed=1) como se muestra:

UPDATE tag_id SET killed=1, **id=0x**, password=0x WHERE protocol_id='EPC1' AND antenna_id=1

- El commando killed deberá ser puesto en 1 (killed=1) para que se efectue el evento de bloqueo.
- Posteriormente se escribirá el código EPC de la etiqueta que se quiera desactivar siguiendo el identificador de código EPC de la misma forma que los comandos anteriores.
- Además se deberá de poner la contraseña de la etiqueta seleccionada para poder desactivarla:

UPDATE tag_id SET killed=1, **id=0x A5A5510038192669**, password=0x12 WHERE protocol_id='EPC1' AND antenna_id=1

- Una vez hecho lo anterior se presiona el boton "Kill" y se desactivará para siempre la etiqueta seleccionada.



El boton "Stop" detendrá todas las acciones de los eventos que se estén realizando del grupo de botones de eventos.

Cada una de las funciones anteriormente descritas desplegará sus resultados en el recuadro de mensajes ubicado en el centro de la aplicación.

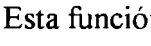
Botones de base de datos:

El conjunto de botones de bases de datos permiten realizar funciones básicas de comunicación entre la aplicación y bases de datos creadas en MySQL. Estos botones crean, muestran y eliminan bases de datos y tablas dentro de las mismas. Esta aplicación es solamente de pruebas de comunicación entre las tablas, las bases de datos y el software de la aplicación por lo que las funciones se encuentran limitadas. La aplicación cuenta con una base de datos que se crea empleando el lenguaje MySQL. Esta tabla consiste de solamente dos columnas, una en la cual se guardarán el EPC y otra en la cual se asociará una descripción.

CODIGO ELECTRÓNICO DE PRODUCTO (EPC)	DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO
42AB 5B5A 17BC ABCF	Tempra 500 mg. Lab. Shering-Plough
FBA7 7ABDE BEF6 13EF	Tempra 250 mg. Lab. Schering-Plough
89DB 0FB9 7DEA 45A9	MForce 250 mg. Lab. Genoma
8D8D 9FEA AFAF BE3D	Aspirina 200mg. Lab. Bayer

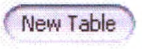
El botón "Show" muestra la base de datos default en la cual se guardaron los códigos electrónicos de producto (EPC). Además, se mostrará junto con el código EPC la descripción que se asocia a cada uno de los productos. Debido a la naturaleza de este programa, no hay información contenida en el código EPC y sirve solamente como un número de serie para el producto.

El botón "Erase" elimina el contenido de la base de datos default de la aplicación. Se eliminan tanto los códigos EPC como las descripciones asociadas a cada uno de los códigos.

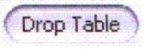


El botón "New Schema" crea una base de datos. En el espacio de comandos es necesario escribir database=*<nombre de la base de datos>* con el nombre correspondiente para la base de datos. Esta función nos sirve para probar que el lenguaje MySQL esté funcionando correctamente.

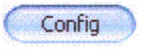
El botón "Drop Schema" tiene como función borrar una base de datos ya existente. En el espacio de comandos es necesario escribir database=*<nombre de la base de datos>* con el nombre que de la base de datos que se quiera eliminar.



El botón "New Table" tiene como función el crear una tabla dentro de la base de datos con el nombre que se le dé en el espacio de la línea de comando. Es necesario escribir el nombre de la base de datos donde se crearán las tablas. database=<*nombre de la base de datos*>, table=<*nombre de la tabla*>.



El botón "Drop Table" tiene como función eliminar una tabla dentro de la base de datos con el nombre que se le dé en el espacio de la línea de comando. Es necesario escribir el nombre de la base de datos de la cual se eliminarán las tablas. database=<*nombre de la base de datos*>, table=<*nombre de la tabla*>.

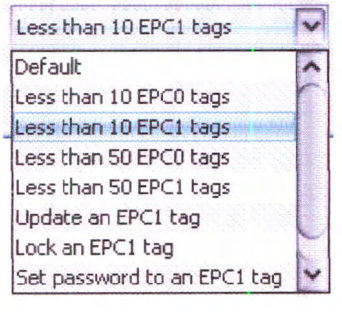


La función de configuración "config" realiza una conexión tipo telnet al lector RFID Mercury4 desplegando la pantalla principal del software de configuración propietetaria de ThingMagic Tesla 2.3

Línea de comando:

En la línea de comando de la aplicación se desplegarán las instrucciones en lenguaje RQL que se enviarán al lector Mercury4 cada vez que se efectúe un evento. Dependiendo de la selección que se haga en el Combo Box, se desplegarán los comandos correspondientes a cada evento. Los eventos pueden ser Lectura, Escritura, Bloqueo, Desactivación y Contraseña. Cada uno de estos eventos tiene una estructura de comando particular. Si se necesita conocer más acerca del lenguaje RQL consultar el manual de usuario del lector Mercury4.

Combo Box:



El Combo Box permite seleccionar las diferentes opciones de eventos a realizar. Al hacer una selección, el comando correspondiente al evento seleccionado, aparecerán en la línea de comando. Es importante hacer notar que las opciones que aparecen en el Combo Box no son las únicas, pero sí las

más comunes. Debido a que los parámetros de un evento en particular se pueden cambiar a un sinnúmero de formas se ha incluido la línea de comando donde de forma manual se pueden cambiar dichos parámetros. En la tabla 7.1 se pueden observar los comandos de lectura de etiquetas más comunes y los parámetros que le corresponden a dichos eventos.

#	DESCRIPCIÓN	COMANDO RQL
1	Menos de 100 etiquetas EPC0 y EPC1 con timeout de 1 seg.	SELECT read_count, protocol_id, antenna_id, id FROM tag_id WHERE (protocol_id='EPC0' or protocol_id='EPC1') set time_out = 1000
2	Menos de 10 etiquetas EPC0	SELECT read_count, protocol_id, antenna_id, id FROM tag_id WHERE protocol_id='EPC0' set time_out = 150
3	Menos de 10 etiquetas EPC1	SELECT read_count, protocol_id, antenna_id, id FROM tag_id WHERE (protocol_id='EPC0' or protocol_id='EPC1') set time_out = 250
4	Menos de 20 etiquetas EPC0 y EPC1	SELECT read_count, protocol_id, antenna_id, id FROM tag_id WHERE (protocol_id='EPC0' or protocol_id='EPC1') set time_out=500
5	Menos de 50 etiquetas EPC0	SELECT read_count, protocol_id, antenna_id, id FROM tag_id WHERE protocol_id='EPC0' set time_out = 600
6	Menos de 50 etiquetas EPC1	SELECT read_count, protocol_id, antenna_id, id FROM tag_id WHERE protocol_id='EPC1' set time_out = 1000
7	Menos de 100 etiquetas EPC0 y EPC1 con timeout de 2 seg.	SELECT read_count, protocol_id, antenna_id, id FROM tag_id WHERE (protocol_id='EPC0' or protocol_id='EPC1') set time_out=2000
8	Menos de 100 etiquetas EPC0	SELECT read_count, protocol_id, antenna_id, id FROM tag_id WHERE protocol_id='EPC0' set time_out=2000
9	Menos de 100 etiquetas EPC1	SELECT read_count, protocol_id, antenna_id, id FROM tag_id WHERE protocol_id='EPC1' set time_out = 2000
10	Menos de 200 etiquetas EPC0 y EPC1	SELECT read_count, protocol_id, antenna_id, id FROM tag_id WHERE (protocol_id='EPC0' or protocol_id='EPC1') set time_out=10000
11	Menos de 10 etiquetas ISO 18000-6B	SELECT read_count, protocol_id, antenna_id, id FROM tag_id WHERE protocol_id='ISO18000-6B' set time_out=250
12	Menos de 50 etiquetas ISO 18000-6B	SELECT read_count, protocol_id, antenna_id, id FROM tag_id WHERE protocol_id='ISO18000-6B' set time_out=1000

13	Menos de 200 etiquetas ISO 18000-6B	SELECT read_count, protocol_id, antenna_id, id FROM tag_id WHERE protocol_id='ISO18000-6B' set time_out=4000
14	Menos de 10 etiquetas de cualquier protocolo	SELECT read_count, protocol_id, antenna_id, id FROM tag_id WHERE (protocol_id='EPC0' or protocol_id='EPC1' or protocol_id='ISO18000-6B') set time_out=1200

TABLA 7.3.1 Comandos básicos definidos del Mercury4

7.4 DESCRIPCIÓN DE LOS MÓDULOS DEL SISTEMA

7.4.1 Módulo 1: Control de inventario

El módulo de control de inventario consiste en dar de alta en un inventario principal la descripción básica de los productos marcados con etiquetas RFID ubicados en la zona de interrogación del lector de una forma rápida y automática.

ATENCIÓN La operación correcta del módulo depende de una configuración previa de la base de datos del sistema descrita a detalle en el **Módulo 2. Creación de bases de datos propietarias**.

Las funciones específicas del módulo se resumen en la siguiente lista:

+ Adquisición de datos (Código Electrónico de Producto, EPC)
+ Procesamiento del EPC / Identificación del producto
+ Inventario en tiempo real en la interfaz gráfica de usuario (GUI)

El Módulo 1. Control de Inventario se muestra en la figura 4.1.1, se conforma de dos pantallas principales inventario en tiempo real y panel de configuración. En la imagen se puede distinguir cada una de las áreas del panel de inventario en tiempo real: información del usuario, conexión con bases de datos, controles de inventario, visualización del inventario y mensajes del módulo.

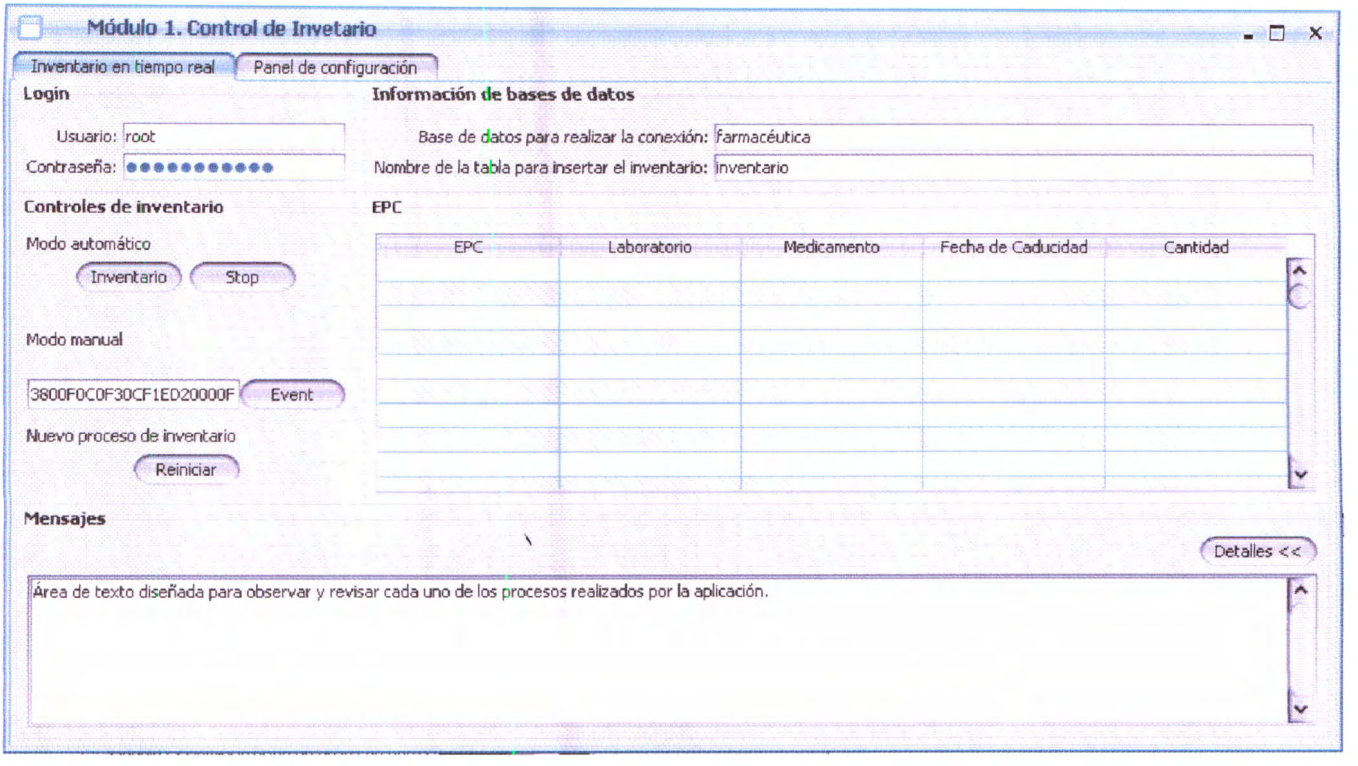


FIGURA 7.4.1.1 Panel principal inventario en tiempo real del Módulo 1. Control de inventario

Seguridad del sistema

La seguridad del sistema se basa en los perfiles de usuario definidos por MySQL, principalmente por el diseño de la aplicación orientado a la consulta múltiple de diversas tablas de datos. La configuración de los perfiles de usuario se debe realizar directamente en MySQL Administrador (Incluido en el paquete) con acceso exclusivo para el administrador del sistema.

Conexión a MySQL

La aplicación permite seleccionar la base de datos en la cual se encuentra contenida la tabla del inventario, en caso de especificar una tabla inexistente la aplicación notifica al usuario. La creación de la tabla correspondiente se debe realizar en el **Módulo 2. Creación de bases de datos propietarias** para asegurar la correcta integración de las características básica del producto a incorporar en el inventario.

PRECAUCIÓN En la aplicación se definen de fábrica la base de datos y la tabla a contener la información del inventario debido a las características especiales de ellas. Es recomendable utilizar la base de datos previamente configurada y evitar modificar esta información, es caso de requerir un cambio en la configuración lea cuidadosamente la sección del **Módulo 2.Creación de bases de datos propietarias.**

Controles de inventario

Los controles de inventario se muestran en la figura 4.1.2, le permiten al usuario iniciar un proceso de inventario automático o manual considerando los registros en una etapa/periodo anterior o generar un nuevo proceso de inventario.

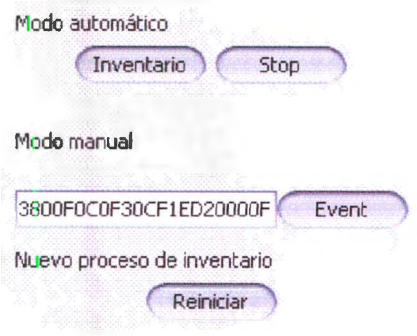
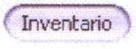
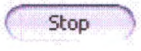


FIGURA 7.4.1.2 Controles de inventario



Al presionar el botón "Inventario" la aplicación inicia el proceso de actualización del inventario automático registrando la alta de los productos presentes en la zona de interrogación del lector RFID. El proceso se divide en dos partes: la adquisición de datos y el procesamiento del código electrónico de producto (EPC). La adquisición de datos se realiza utilizando el comando Read descrito en la Interfaz de pruebas RFID, la sintaxis del comando predeterminado se puede modificar directamente en el **Panel de configuración del Módulo 1. Control de inventario** descrito anteriormente en la sección 3, y el procesamiento del código EPC del producto consiste en identificar el producto consultando diversas tablas contenidas en la base de datos de la aplicación. El resultado es observado en la tabla incorporada en la interfaz gráfica de usuario (GUI) visualizando las características de los productos incorporados en el inventario.



El comando "Stop" finaliza el proceso de inventariado de productos. Envía el comando de apagar el lector RFID y cierra el puerto de comunicación utilizado.

PRECUACIÓN Es indispensable finalizar correctamente el proceso de inventariado, en caso de terminar la aplicación con un proceso de inventariado activo el lector RFID continua en operación adquiriendo los datos de las etiquetas RFID radiando energía electromagnética en el espacio libre.

La función "Event" genera un proceso de actualización del inventario manual registrando la alta del producto identificado por el EPC introducido en el campo adyacente.

ATENCIÓN En un evento de inventariado manual la aplicación valida la sintaxis del EPC, en caso de ser inválido se notifica al usuario de un posible error.

Reiniciar Al presionar el botón de "Reiniciar" se elimina la información contenida en el inventario, permitiendo generar un nuevo proceso de alta de productos.

ATENCIÓN Exclusivamente los usuarios con privilegios de seguridad definidos son autorizados a eliminar registros, en caso de ser inválido la aplicación notifica al usuario.

En la figura 4.1.3 se muestra el panel de configuración del Módulo 1. Control de inventarios, se pueden ver claramente las áreas del panel de configuración: información de usuario, configuración del sistema, controles de configuración, modos de configuración del sistema y funciones de configuración.

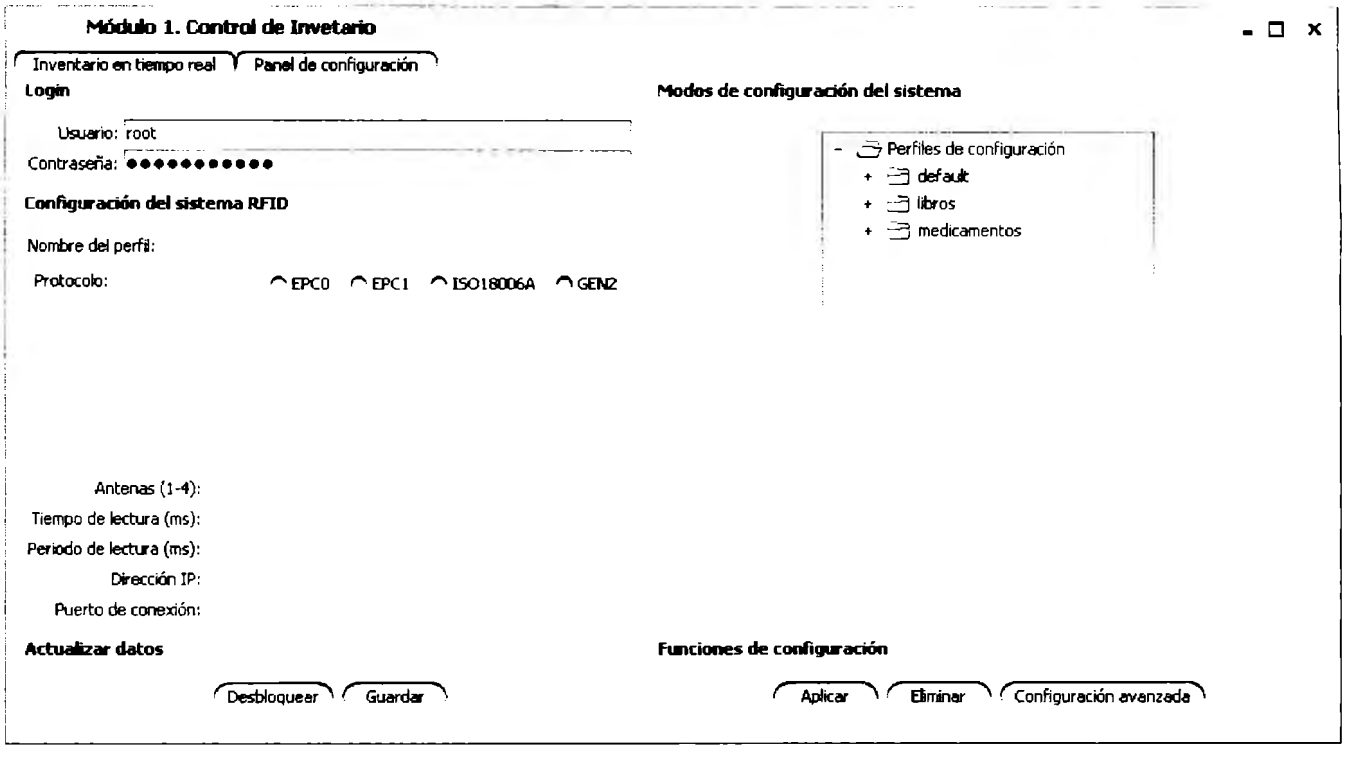


FIGURA 7.4.1.3 Panel de configuración del Módulo 1. Control de inventario

Seguridad

La seguridad del panel de configuración es exclusiva en la aplicación de control de inventarios, a diferencia del resto de la seguridad basada en perfiles de MySQL el usuario y contraseña se definen directamente a nivel de programación con un privilegio único de administrador.

Configuración del sistema RFID

El área de configuración del sistema RFID permite modificar la sintaxis del comando RQL definiendo todos los parámetros utilizados en la adquisición de datos de productos con etiquetas RFID, en la figura 4.1.4 se muestran los campos asignados a cada uno de los parámetros a configurar.

Nombre del perfil:

Protocolo: ◠ EPC0 ◠ EPC1 ◠ ISO18006A ◠ GEN2

Antenas (1-4):

Tiempo de lectura (ms):

Periodo de lectura (ms):

Dirección IP:

Puerto de conexión:

FIGURA 7.4.1.4 Parámetros de configuración del sistema RFID

A continuación se describen cada uno de los parámetros:

Nombre del perfil: Identificador asignado a una configuración en particular, el perfil es guardado en la base de datos de la aplicación y estar disponible cuando se le requiera.

Protocolo: Especifica el protocolo de comunicación entre el lector y las etiquetas RFID, en los sistemas de RFID EPC pasivos existen 5 protocolos principales:

+ Generación 1: Clase 0, 0+, 1
+ Generación 2: Clase 1
+ ISO 18000-6A/6B

Tiempo de lectura: Determina el tiempo destinado en cada ciclo a adquirir datos, físicamente corresponde al tiempo de radiación de energía electromagnética en el espacio libre. El tiempo de lectura depende directamente del número de productos a inventariar y el protocolo a utilizar, en general el tiempo de lectura se divide entre el número de protocolos a incluir en la lectura.

ATENCIÓN Es indispensable especificar los protocolos a inventariar de acuerdo con las etiquetas adquiridas, la inclusión de múltiples protocolos en la lectura implica un tiempo de lectura mayor por lo cual en caso de modificar esta información ver la tabla 3.1 para obtener una relación adecuada.

Periodo de lectura: Es el tiempo a transcurrir entre cada ciclo de lecturas, el valor se puede asociar con la frecuencia con la cual se pasen productos por la zona de interrogación del lector.

Dirección IP: Especifica la ubicación del lector RFID en la red, se puede utilizar la dirección física o su nombre de DNS (Domain Name Server).

Puerto de conexión: Establece el número de puerto a utilizar en la creación del canal de comunicación entre el lector y el cliente.

PRECAUCIÓN El puerto predeterminado en la aplicación es el destinado a conexiones HTTP 8080, revise ampliamente la información contenida en el manual de usuario del Mercury4.

Controles de configuración

Las funciones incluidas en los controles de configuración son desbloquear/bloquear y guardar.

Desbloquear La función "Desbloquear" permite al administrador habilitar los campos de configuración del sistema RFID anteriormente descritos, al presionar el botón se transforma en la función inversa "Bloquear" la cual deshabilita los campos de configuración.

Guardar Al oprimir el botón "Guardar" la aplicación guarda los cambios realizados en el perfil seleccionado.

Modos de configuración del sistema

Los perfiles de configuración del sistema RFID creados se encuentran disponibles para el usuario en el árbol observado en la figura 4.1.3, ofreciendo al usuario versatilidad en el inventariado de diversos productos considerando factores producidos por escenarios diferentes.

Funciones de configuración

Las funciones de configuración se presentan en la figura 4.1.5, integran las funciones requeridas para administrar los perfiles definidos en la aplicación.

Aplicar Seleccionando un perfil de configuración del árbol, el botón "Aplicar" actualiza la configuración del sistema RFID con los parámetros definidos en su registro.

Eliminar Elimina el perfil de configuración seleccionado.

PRECAUCIÓN La aplicación utiliza de forma predeterminada el perfil "Default", en caso de eliminarlo puede llegar a generar problemas en la operación del sistema.

Configuración avanzada La función de configuración avanzada realiza una conexión tipo telnet al lector RFID Mercury4 desplegando la pantalla de principal del software de configuración propietario de ThingMagic Tesla 2.3.

7.4.2 Módulo 2: Creación de bases de datos propietarias

El módulo de creación de bases de datos propietarias es una interfaz gráfica de usuario sumamente versátil en la administración de bases de datos del sistema. El objetivo fundamental en la programación del módulo es ofrecer al usuario una plataforma simple que incorpore en una aplicación funciones básicas de crear, llenar y eliminar bases/tablas de datos indispensables en un módulo de administración del sistema. Las funciones anteriormente mencionadas se encuentran disponibles en MySQL de forma distribuida en diversos programas (MySQL Administrator, MySQL System Tray Monitor y MySQL Query Browser & MySQL Command Line Client). En la figura 4.2.1 se muestra el módulo de creación de bases de datos propietarias, el árbol de las bases de datos del sistema es el elemento visual más importante de la aplicación debido a que permite la consulta de todas las bases de datos del sistema con sólo seleccionar la tabla correspondiente.

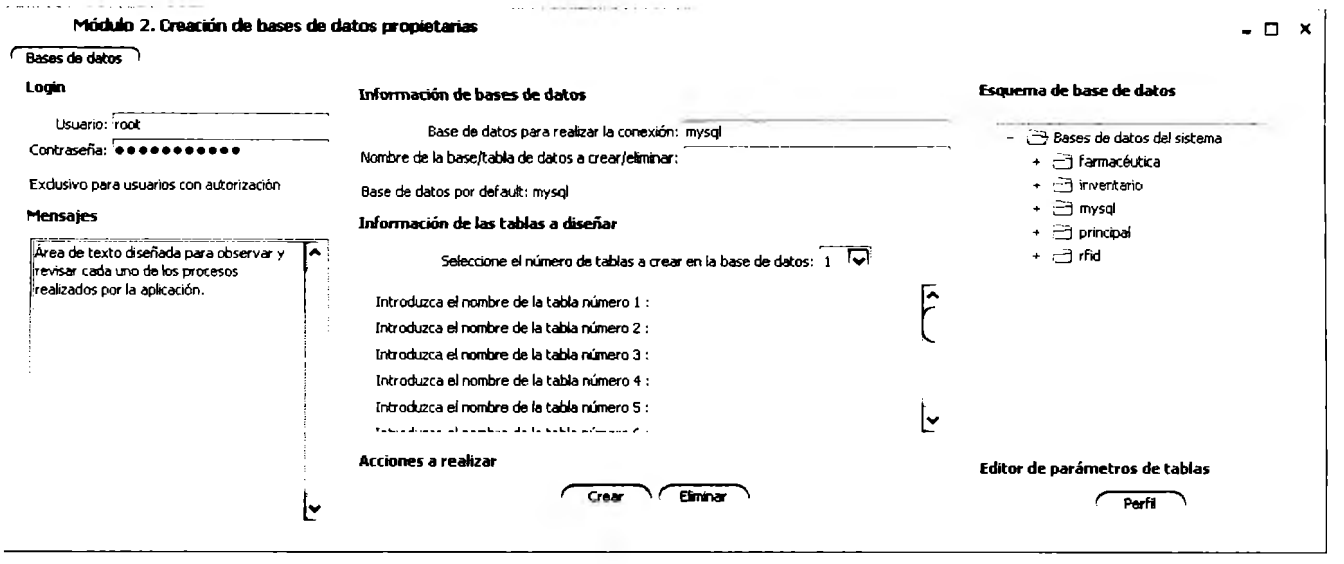


FIGURA 7.4.2.1 Módulo 2. Creación de bases de datos propietarias

Seguridad del sistema

La seguridad del módulo se basa en los perfiles de usuario definidos por MySQL, la configuración de los perfiles de usuario se debe realizar directamente en MySQL Administrador (Incluido en el paquete) con acceso exclusivo para el administrador del sistema.

Controles de administración

Crear La función de crear se puede procesar de dos formas totalmente diferentes: modo estático y modo dinámico. En el modo estático la creación de la base de datos y las tablas a incorporar en ella se realiza en un sólo comando, es recomendable utilizar este modo de operación en la creación de una cantidad importante de tablas con características similares en una base de datos particular. Los pasos para crear una base de datos con **n** tablas de información se describe a continuación:

+ Introducir el nombre de la base de datos a crear
+ Seleccionar el número de tablas a crear 2 1
+ Introducir el nombre de todas las tablas a incorporar en la base de datos 3
+ Presionar el botón de "Crear" 4
+ La base de datos y tablas han sido creadas 5

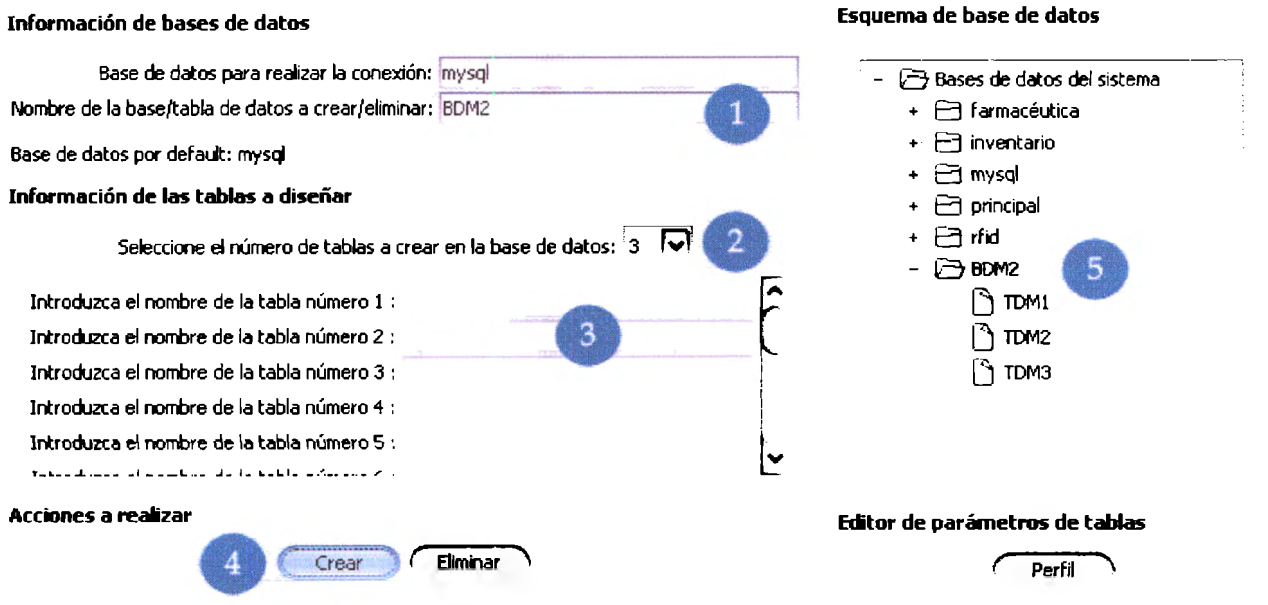


FIGURA 7.4.2.2 Creación estática de bases/tablas de datos

El modo dinámico consiste en utilizar el esquema de bases de datos del sistema para crear bases de datos o tablas de información de forma indistinta. Los pasos necesarios en la creación de una base de datos dinámicamente se presentan a continuación:

+ Introducir el nombre de la base de datos a crear 1
+ Seleccionar la raíz del árbol (Bases de datos del sistema) 2
+ Presionar el botón de "Crear" 3
+ La base de datos definida en campo de texto ha sido creada 4

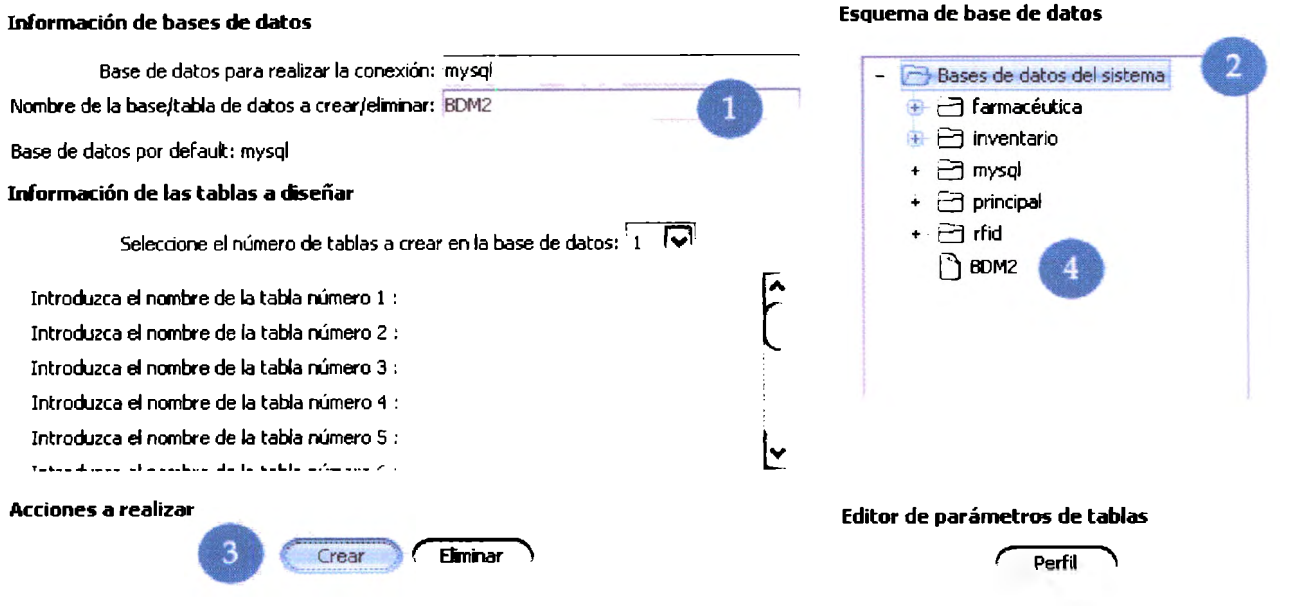


FIGURA 7.4.2.3 Creación dinámica de bases de datos

En caso de la creación de una tabla a diferencia de una base de datos se debe seleccionar la base de datos en la cual se incluirá y el procedimiento se describe a continuación:

+ Introducir el nombre de la tabla de datos a crear 1
+ Seleccionar la base de datos a contener la tabla especificada 2
+ Presionar el botón de "Crear" 3
+ La tabla de datos definida en campo de texto ha sido creada 4

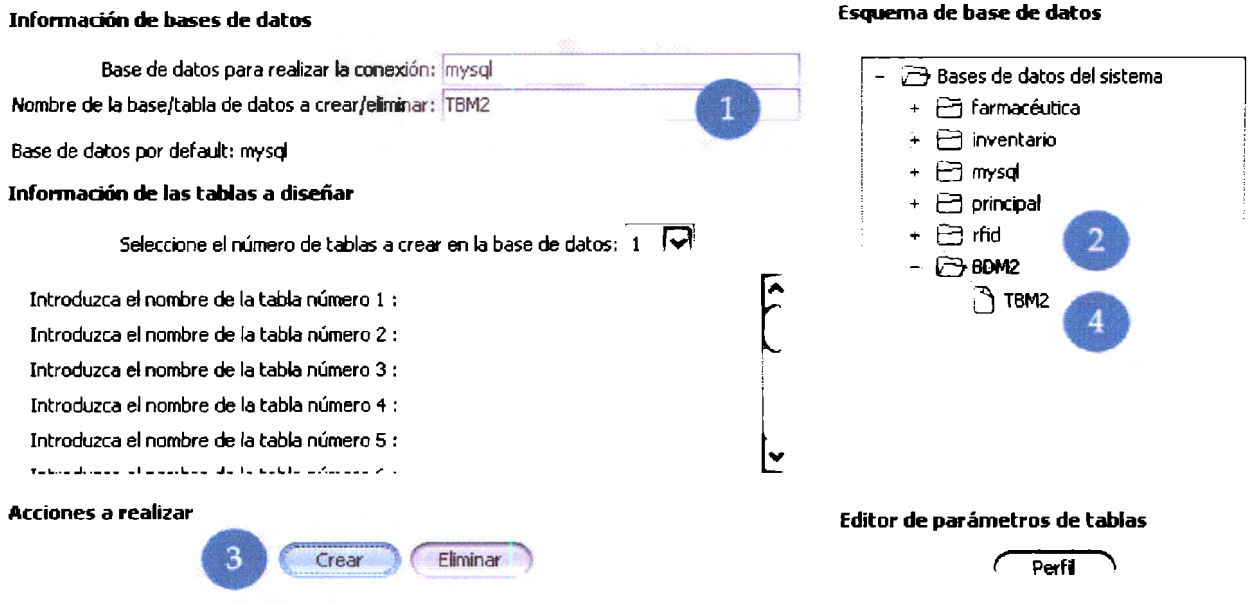


FIGURA 7.4.2.4 Creación dinámica de tablas de datos

Eliminar La función de eliminar se realiza en modo dinámico, los pasos para eliminar una base de datos o tabla se enlistan:

+ Seleccionar la base/tabla de datos a eliminar 1
+ Presionar el botón de "Eliminar" 2
+ La base/tabla de datos seleccionada ha sido eliminada 3

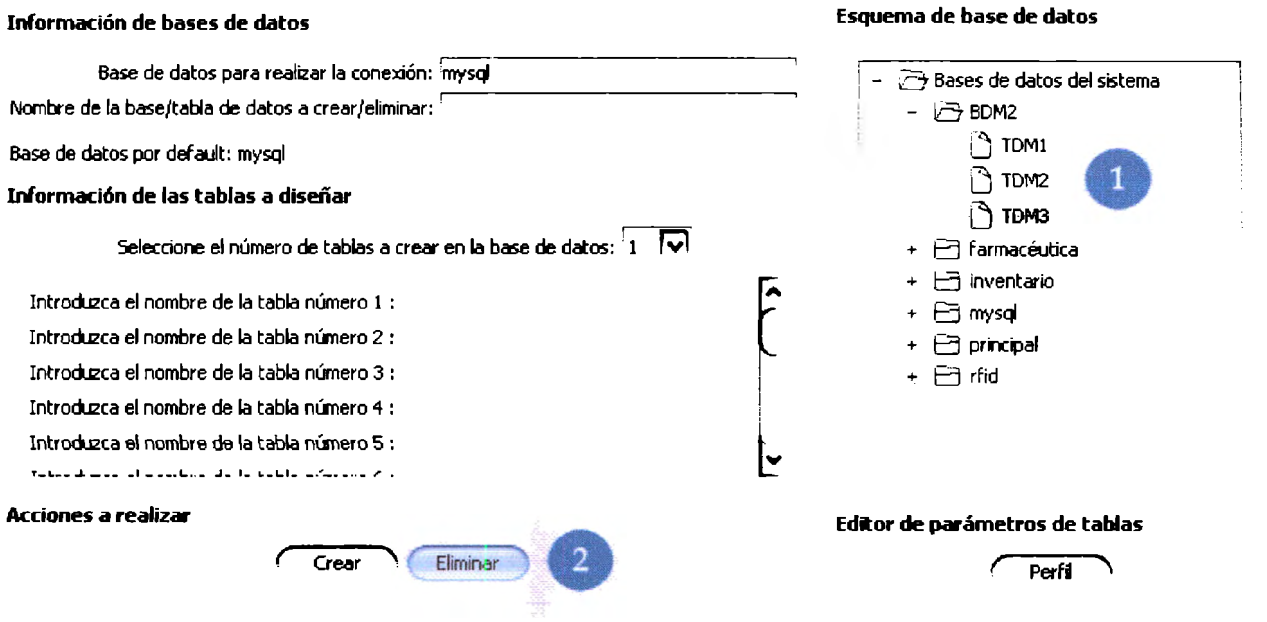


FIGURA 7.4.2.5 Pasos 1 y 2 para eliminar una base/tabla de datos

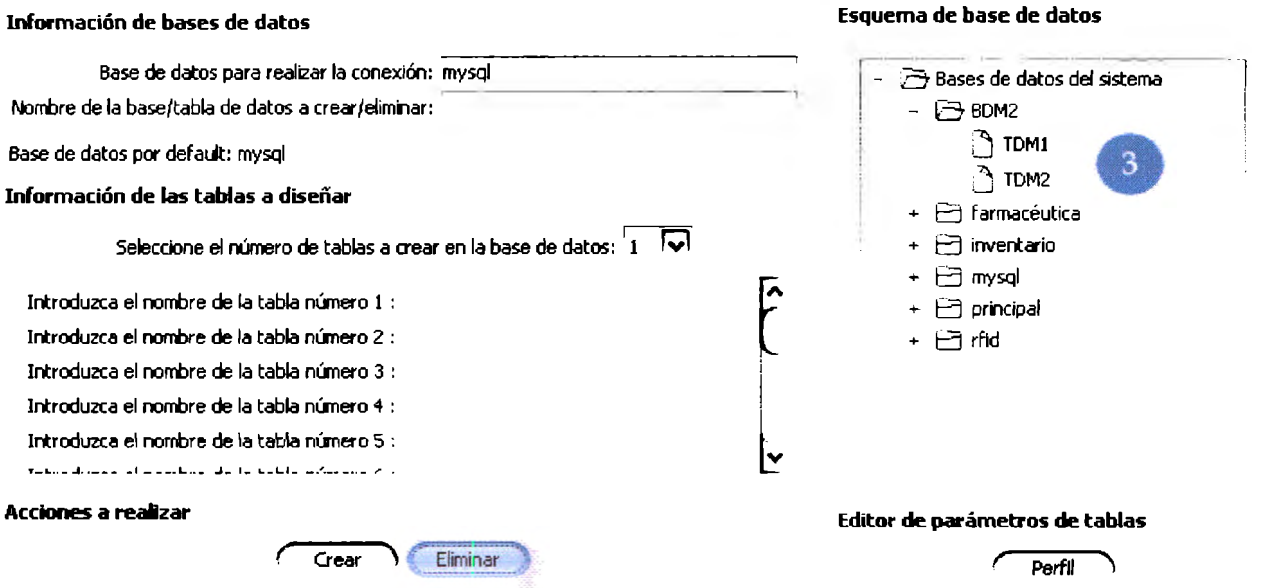


FIGURA 7.4.2.6 Pasos 3 para eliminar una base/tabla de datos

Consulta y actualización de bases de datos

El módulo de creación de bases de datos propietarias le permite al usuario una administración absoluta de las bases de datos del sistema. La consulta de las tablas contenidas en una base de datos particular se realiza con un simple clic en la tabla a consulta, la aplicación despliega una ventana desplegando la información contenida en ella. En la figura 4.2.7 se muestra la consulta de la tabla 'farmacéutica' de la base de datos 'principal'.

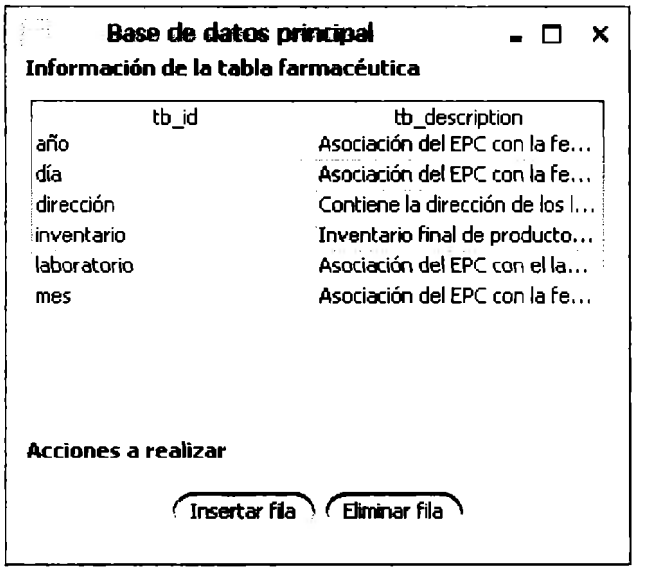


FIGURA 7.4.2.7 Consulta de tablas el sistema

Las funciones contenidas en la ventana permiten al usuario insertar y eliminar filas, el llenado y modificación de los valores de la tabla se realiza directamente con un doble clic en el campo a cambiar.

Editor de parámetros de tablas

Perfil El editor de parámetros permite al usuario definir los campos a incorporar en las tablas a crear, la información se guarda en la base de datos activa en el sistema. En la figura 4.2.7 se muestra la configuración de los parámetros de las tablas en la base de datos de productos farmacéuticos, la aplicación permite insertar, modificar y eliminar de una forma idéntica a la descrita en la consulta y actualización de bases de datos.

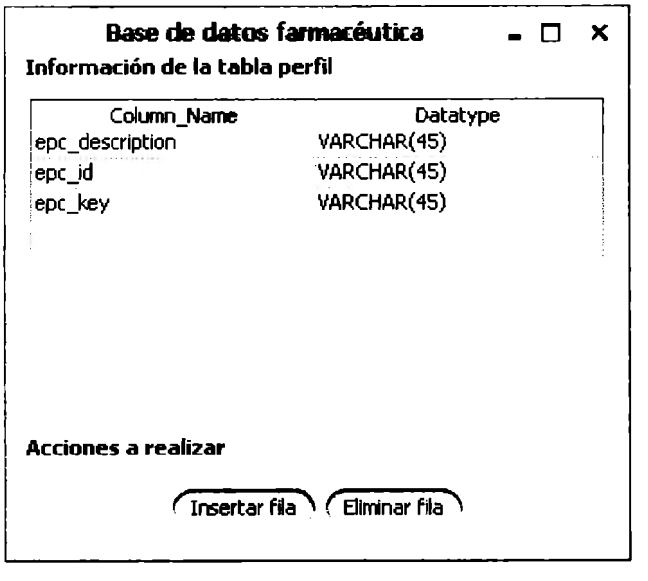


FIGURA 7.4.2.8 Editor de parámetros de tablas

7.4.3 Módulo 3: Información detallada del producto

El módulo de información detallada del producto consiste en una aplicación conformada por una interfase gráfica de usuario en la cual se despliega la descripción completa del producto. El módulo de información se inicializa desde el panel de Inventario en tiempo real del **Módulo 1. Control de inventarios** seleccionando el producto en el área de visualización de inventario.

FIGURA 7.4.3.1 Módulo 3: Información detallada del medicamento

IV. CONCLUSIONES

La página web resulto de una importante herramienta en el contacto con los fabricantes, otorgando un carácter más formal a la realización del proyecto. Es importante continuar con la actualización de la información contenida en el sitio y utilizarlo como medio de divulgación científica.

Debido a la naturaleza de las ondas de radiofrecuencia el patrón de radiación de las antenas varía sensiblemente de un ambiente a otro, por lo que si se desea tener una disposición de antenas adecuado en un espacio determinado, se debe de obtener el patrón de radiación para ese ambiente en particular.

Por otro lado, el patrón de radiación que determinamos en el proyecto no describe de manera confiable el comportamiento de la antena en un sistema RFID real, ya que se determinó con un dipolo doblado como antena receptora, que es un dispositivo cuya ganancia es menor a la que poseen las etiquetas RFID. Por lo anterior pensamos que como trabajo futuro se debe determinar un nuevo patrón de radiación utilizando etiquetas RFID pasivas como antenas receptoras, que es lo que sucede en un sistema RFID real. A lo anterior es necesario agregar que el patrón de radiación también variará de un tipo de etiqueta a otro, por lo que se debe determinar un patrón de radiación diferente para cada par lector-etiqueta.

Es necesario tener presente al tratar de instalar un sistema RFID que el tipo de etiquetas (tamaño, fabricante, diseño, etc.) influyen mucho en el desempeño del sistema. Inclusive dentro de un mismo modelo de etiqueta su desempeño individual puede variar de una etiqueta a otra.

Mientras las etiquetas se encuentren dentro del rango de lectura, es decir, mientras estén recibiendo el mínimo de potencia necesario para funcionar correctamente (-10dBm aproximadamente); no importa la distancia de lectura de éstas, ya que el lector estará haciendo el mismo número de lecturas de cada etiqueta.

Para el presente proyecto adquirimos un lector (Mercury4) muy potente que viéndolo en retrospectiva estuvo por encima de las necesidades reales de nuestro sistema. Para trabajos futuros recomendamos que se adquiera un lector que únicamente cumpla las necesidades específicas del problema que se deseé solucionar, ya que el precio de los lectores RFID disminuye considerablemente a medida que disminuye su complejidad.

Debido al alto costo de las antenas y a la relativa simplicidad de estas, recomendamos que el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey Campus Ciudad de México construya sus propias antenas, lo que disminuiría considerablemente el costo de un sistema RFID real.

La aplicación desarrollada en el transcurso del proyecto incorpora completamente la operación de los comandos RQL y la de administración de bases de datos en MySQL. La función principal del software es establecer un nexo entre la infomación del código electrónico de producto (EPC) y la identidad asociada al producto, mediante la gestión de bases de datos propietarias en un servidor local o remoto. En el desarrollo de cada uno de los módulos, descubrimos un patrón importante; el sistema propuesto en el control de medicamentos se puede utilizar fácilmente en una aplicación de control de inventario de entrada y salida. La programación de cada uno de los módulos, se realizó pensando en la expansión del sistema al procesamiento de productos de diversa naturaleza. El esquema de las bases de datos es sumamente flexible y permite la integración de diversos productos.

En la continuación del presente avance se debe pensar en la versatilidad y robustez de la aplicación. Es una necesidad garantizar el funcionamiento del sistema independientemente del lector RFID y de la base de datos a utilizar.

Finalmente podemos determinar indispensable, la programación de una aplicación con la capacidad de comunicarse con sistemas de administración de recursos más complejos utilizados actualmente en la industria, denominados ERP (Enterprise Resource Planning). La adecuada interacción con los recursos anteriormente descritos es la clave para una inserción de la tecnología RFID en el sector industrial mexicano.

V. GLOSARIO

AC	Alternating Current	Corriente Alterna	Corriente de naturaleza senoidal que varía su amplitud entre un valor máximo positivo y negativo.
ALE	Application Level Events	Nivel de Eventos de Aplicación	Software que puede simplificar de manera significativa las aplicaciones de negocios para los sistemas RFID.
AM	Amplitude Modulation	Amplitud Modulada	Proceso que cambia la amplitud de una señal portadora de frecuencia relativamente alta, en proporción con el valor instantáneo de la señal modulante o moduladora. El método de modulación digital que es utilizado en la interfase aérea se denomina ASK.
ASK	Amplitude Shift Keying		Modulación digital utilizada en la comunicación de la información entre el lector y la etiqueta
BSM	Backscatter Modulation	Modulación de Backscatter	Método de comunicación entre las etiquetas pasivas y lectores. Las etiquetas RFID utilizan la tecnología de backscatter para reflejar la señal al lector, la cual es modulada empleando la portadora de la señal recibida.
CMOS	Complementary Metal Oxide Semiconductor	Semiconductor Complementario Óxido Metálico	
COFETEL		Comisión Federal de Telecomunicaciones	Organismo de la SCT encargado de la regularización de las telecomunicaciones en México.
CRC	Cyclic Redundancy Check	Chequeo de Redundancia Cíclico	Método de chequeo de información almacenada en la etiqueta para asegurar que no existan datos corruptos o pérdida de información.
CSMA/CD	Carrier Sense Multiple Access Collision Detect		Mecanismo de acceso al medio (red) en el que los dispositivos listos para transmitir revisar el canal en busca de una señal portadora. Si la portadora no detecta una señal portadora, el dispositivo puede transmitir. En caso contrario ocurre una colisión que es detectada y retrasa la retransmisión de ese dispositivo.
DC	Direct Current	Corriente Directa	Corriente que mantiene una amplitud o magnitud constante.

EMI		interferencia electromagnética	Interferencia causada por la distorsión de las ondas de radio frecuencia de un dispositivo debido a las ondas de otro. Los aparatos que presentan EMI en la etiquetas RFID son teléfonos celulares, conexiones inalámbricas e inclusive elementos industriales (motores).
EPC	Electronic Product Code	Código Electrónico de Producto	Esquema de identificación universal para objetos físicos utilizando etiquetas RFID. Creado por el Centro Auto-ID está conformado por dígitos que pemriten identificar el fabricante, la categoría y el artículo individual.
FDA	Food and Drug Administration		Organismo que regula la calidad de los alimentos y medicinas en EUA.
FSK	Frequency Shift Keying		Método de modulación digital basado en transmitir dos símbolos representados por una onda senoidal de diferente frecuencia.
Gen 2	EPC Generation 2		Estándar ratificado por EPCglobal enfocado en los protocolos de interfase aérea para la segunda generación de tecnología EPC.
HDMA	Health Care Distribution Managment Association		
HF	High Frequency	Alta Frecuencia	Frecuencias ubicadas dentro de un rango de 3 MHz a 30 Mhz.
ISM	Industrial Scientific Medical	Industrial Científico Médico	Grupo de frecuencias del espectro que carecen de licencia.
ISO	International Standards Organization	Organización Internacional de Estandarización	Organización mundial conformana por los estándares nacionales de institutos en 146 paises.
IT	Information Technology	Tecnología de Información	
LAN	Local Area Network	Red de Área Local	Red de comunicación de datos de alta velocidad de transmisión, baja tasa de errores y una cobertura de una pequeña área geográfica. Protocolos utilizados en LAN son Ethernet, FDDI y Token Ring.
LF	Low Frequency	Baja Frecuencia	Frecuencias ubicadas dentro de un rango de 30 kHz a 300 khz.

LPCH	Lucile Packard Children's Hospital		
MIT	Massachusetts Institute of Technology	Instituto Tecnológico de Massachusetts	
NRZ	Non Return to Zero	Sin Regreso a Cero	Código de línea, en el cual el valor de la señal varía alrededor de dos valores, polarización bipolar.
PSK	Phase Shift Keying		
RF	Radio Frequency	Radio Frecuencia	Cualquier frecuencia dentro del espectro electromagnético asociado con la propagación de ondas de radio.
RFID	Radio Frequency Identification	Identificación por Radio Frecuencia	Tecnología que permite la transmisión de información utilizando señales de radio frecuencia. Un sistema de Identificación por Radio Frecuencia está conformado de etiquetas, lectores, antenas y middleware.
SCT		Secretaria de Comunicaciones y Transportes	
SUID			
UHF	Ultra High Frequency	Ultra Alta Frecuencia	Frecuencias ubicadas en el rango de 300 MHz a 3 GHz.
UID	Unique Identification	Identificación Única	Esquema de numeración usado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos para rastear elementos de alto valor.
WAN	Wide Area Network	Red de Área Amplia	Red de comunicación de datos que provee servicio a través de una amplia área geográfica.
	active tags	etiquetas activas	Etiqueta RFID que contiene una fuente de poder, una batería, que alimenta el circuito. Pueden ser leídas a una distancia de 35 m o inclusive más.
	air interface	interfase aérea	Enlace de radio frecuencia entre un lector y una etiqueta RFID.
	amplifier	amplificador	Dispositivo electrónico que realiza el procesamiento de señal más simple incrementa la magnitud de una señal eléctrica.
	antenna	antenas	Elemento conductivo que permite a una etiqueta RFID enviar y recibir información

anti-collision	anticolisión	Término que se otorga a los métodos utilizados para prevenir la interferencia de las ondas de radio entre los equipos. Los algoritmos de anticolisión se emplean para leer más de una etiqueta en el mismo campo de lectura.
Auto-ID Lab		Laboratorio académico de investigación sin fines de lucro, ubicado en el MIT creado para la investigación y desarrollo de la tecnología y aplicaciones de EPCglobal Network. Conformado por cinco universidades más: La Universidad de Cambrigde en el Reino Unido; la Universidad de Adelade en Australia; Universidad de Keio en Tokio, Japón; la Universidad de Fudan en Shanghai, China; y la Universidad de St.Gallen en Suiza.
bar code	código de barras	Arreglo de líneas paralelas (barras) y espacios que varían su ancho para representar información.
decode	decodificar	Convertir una representación binaria en datos o caracteres.
demodulation	demodulación	
Doppler efect	efecto Doppler	
dumb readers	lectores tontos	Estandar de comunicación inalámbrica que permite la interconexión con teléfonos celulares, computadoras portátiles, agendas electrónicas portátiles, y conectividad a Internet
encode	codificar	Convertir caracteres o datos en una representación binaria, 1s y 0s.
Ethernet	Ethernet	Especificación LAN de banda base inventada por Xerox Corporation y desarollada en conjunto con Intel y Digital Equipment Corporation. Ethernet utiliza CSMA/CD y se ejecuta a través de cables de diversos tipos a una velocidad de 10 Mbps
filter	filtrar	
HF tags	etiquetas HF	Etiquetas RFID que operan a una frecuencia de 13.56 MHz. Pueden ser leídas desde una distancia a 1 m y transmiten la información más rápido que las etiquetas de baja frecuencia.
LF tags	etiquetas LF	Etiquetas RFID que operan en un rango de frecuencia de 125 kHz a 134 kHz. Pueden ser leídas a una distancia menor de 90 cm y su velocidad de

		transmisión es baja. Pero son menos sensibles a la interferencia que las etiquetas UHF
Código Manchester		Código de línea con forma similar de transmisión BPRZ que sólo utiliza un ciclo de onda cuadrada para representar a un uno lógico, y un ciclo de onda cuadrada con fase de 180° para representar a un cero lógico
memory	memoria	Cantidad de información que puede ser almacenada en el microchip en una etiqueta RFID.
microcontroller	microcontrolador	Circuito integrado que incluye una unidad central de procesimiento (CPU), memoria RAM o EPROM, relojes y circuitos de control, puertos de entrada/salida (I/O) seriales y paralelos.
microprocessor	microprocesador	Chip que realiza las funciones fundamentales de procesamiento de una computadora, incluye una unidad central de procesamiento (CPU), registros internos, unidad de control, bus de interfases que conectan memoria externas y puertos de entrada/salida.
middleware	middleware	Software encargado de interpretar la información obtenida del lector RFID.
modulation	modulación	
noise	ruido	Energía electromagnética o señales eléctricas indeseables presentes en el ambiente. Dispositivo RF, motores eléctricos y diversas máquinas pueden causar ruido.
passive tags	etiquetas pasivas	Etiqueta RFID que carece de una fuente de poder, la energía emitida por el lector es convertida por la antena para alimentar al microprocesador y realizar la transmisión de la información.
power amplifier	amplificador de potencia	Amplificador diseñado para obtener a la salida estados de alta potencia
protocols	protocolos	Conjunto de reglas que establecer la forma de realizar comunicaciones electrónicas
receiver	receptor	

RFID reader	lectores RFID	Dispositivo que se comunica mediante una transmisión de radio frecuencia con etiquetas RFID, obtiene la información almacenada en la etiqueta y la entrega en un formato digital a una computadora. Se denomina comunmente interrogador o lector.
RFID tags	etiquetas RFID	Etiqueta que cuenta con un microchip y una antena que envía información al lector. La etiqueta contiene un número serial único y puede contener más información. Se clasifican en etiquetas pasivas y activas.
carrier signal	señal portadora	Señal de una frecuencia determinada empleada en la modulación de la señal que se desea transmitir.
smart readers	lectores inteligentes	Lector que tiene la habilidad de filtrar información, ejecutar comandos y puede entender diversos protocolos.
smart tags	etiquetas inteligentes	Etiquetas RFID que sumamente delgadas y pueden ser integradas en una etiqueta de código de barras.
tag capacity	capacidad de la etiqueta	Ver microcontrolador.
tag read speed	velocidad de lectura de la etiqueta	
tags	etiquetas	Ver etiquetas RFID.
transmiter	transmisor	
tune	sintonizar	
UHF tags	etiquetas UHF	Etiquetas RFID que operan en un rango de frecuencia de 866 MHz y 930 MHz. Pueden ser leídas a una distancia y a una mayor velocidad que el resto de las etiquetas. Presentan gran sensibilidad a interferencias y son incapaces de atrevesar artículos con un gran contenido de agua.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

[1] Tuttle, John R. (1997): *Traditional and emerging technologies and applications in the radio frequency identification (RFID) industry*. IEEE: Radio Frequency Integrated Symposium.

[2] Johansson, M. (2005): *Identification of the Main Factors Influencing an RFID Implementation in the Automotive and Pharmaceutical Industries*. Linköpings Univesitet Norrköping, Sweden.

[3] Glidden R., Bockorick C., Cooper S. (2004): *Design of Ultra-Low-Cost UHF RFID Tags for Supply Chain Applications*, IEEE Communications Magazine.

[4] Penttilä K., Sydänheimo L., Kivikoski M. (2004): *Performance Development of a High-Speed Automatic Object Identification using Passive RFID Technology*. International Conference on Robotics & Automation. LA, New Orleans.

[5] O'Connor M. C. (2005): *The Right RFID Reader Strategy, RFID Journal Magazine, May – August.*

[6] Chen C. Q., Thomas V. (2001): *Optimization of Inductive RFID technology*. IEEE: Department of Electrical Engineering and Center for energy and Environmental Studies Princeton Univesity, Princeton, NJ.

[7] Anónimo (2005): *EPCglobal Ratifies First RFID Software Standard*. ComputerWire-Computergram.

[8] Finkenzeller K. (2003). *RFID Handbook Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification.* Chinchester, England: John Wiley & Sons. 2nd Edition.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Shepard, S. (2005). *RFID Radio Frequency Identification.* USA. McGraw-Hill Networking
- Dominguez A. G.(1995) *Cálculo de Antenas.* Marcombo, España. Ed. Alfa
- Constantine A. B. (1982) *Antenna Theory Analysis and Design.* New York. John Wiley & Sons.
- Finkenzeller K. (2003). *RFID Handbook Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification.* Chinchester, England: John Wiley & Sons. 2nd Edition.
- Sweeney II P. J. (2005). *RFID for Dummies.* Indianapolis, Indiana: John Wiley Publishing.
- ThingMagic Co. *Mercury 4 User Guide*
- ThingMagic Co. (2005). *Developer Training 2005 Mercury 4 RQL & The Physics of RFID.* Cambridge, MA.
- Sanchez A. J., & Fernandez H. G., & Manjón B. F., & Díaz M. P. (2001). *Java 2.* Madrid, España.

ANEXO A: COMPARACIÓN DE LECTORES EN EL MERCADO

EPC RFID fixed readers

FEATURES	Alien Technology		ThingMagic	Intermec	Symbol		SAMSys
Model	ALR-9774	ALR-9800	Mercury4	IF5	AR400	XR400	MP9320
Description	Multi-protocol RFID reader with the ability to manage large numbers of readers and enhanced management and security options	Enterprise RFID smart reader enables users to deploy manageable robust best-in-class RFID across the supply chain	RFID smart reader that features a INTEL 266MHz processor Linux operating system Fully fledged network citizen Future proof and reads any tag	Intellitag RFID smart reader with control audible and visual indicators The IF5 both reads ans writes to RFID tags	The AR400 from Symbol Technologies is a multi-protocol RFID reader designed to support all EPC RFID tags	Symbol's XR400 is a multi-protocol smart reader designed to function as part of a complete RFID system for accurately tracking the location and status of inventory	The MP9320 v2 8 reader is a multi-protocol multi-regical UHF RFID readers
Price	NA	NA	$ 2.495 00	$ 3.415 00	$ 2 764.00	NA	$ 2 799 00
No. of Antennas Supported	4	4	2 o 4 (UHF 4 o 8 Transmit/Receive Antennas)	4	4	4	4
Operational Frequency	UHF (FCC)	UHF (FCC)	UHF (FCC ETSI & ASIA) & HF	UHF (FCC ETSI & ASIA)	UHF (FCC)	UHF (FCC)	UHF (FCC ETSI & ASIA)
Protocols Supported	EPC Class 0 0+ 1	EPC Class 0, 0+ 1 Q106 ISO 18000-6c UHF Battery	EPC Class 0 0+ 1 ISO 18000-6B/Ucode 1 19 ISO 15693	Intellitag G1 ISO 1800-6b Philips Version 1 19 EPC Global UHF Gen 2 ANSI	EPC Class 0 1	EPC Global Class 0 0+ 1	EPC Class 0 Class 0+ Class 1 ISO 18000-6A 6B Phillips U-code 1 19 Intermec Intellitag EM Marin 4022 4222 4223
Firmware Upgrade to Gen 2	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes V2 8 (Version 2 7 requieres hardware upgrade)
Accepts Remote Upgrades	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Number of Input/Output Ports	1 Input 1 Output	4 Input 8 Output	4 Input 4 Output	4 Input 4 Output	6 Input, 6 Output	6 Input 6 Output	4 Input 4 Output
Runs Applications	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	No
Communications Ports	10/100 Base T Ethernet Wireless 802 11B/G (Optional) Serial (RS-232)	10/100 Base T Ethernet Serial (RS-232)	10/100 Base T Ethernet, Serial (RS-232), Serial (RS-485), USB (Version 2), Wireless 802 11x	10/100 Base T Ethernet, Wireless 802 11G, Serial (RS-232)	10/100 Base T Ethernet, Serial (RS-232), RS-422/485 RJ45	10/100 Base T Ethernet Serial (RS-232) USB	10/100 Base T Ethernet Serial (RS-232, RS-485)
Network Protocols	TCP/IP UDP DHCP HTTP NTP	TCP/IP DHCP SNTP SNMP Alien Protocol Reads (ARP), EPC reader protocols	TCP/IP UDP/IP HTTP DHCP NTP	TCP/IP DHCP	TCP/IP SNMP	TCP/IP SNMP	TCP/IP
Operating System	Linux	Linux	Linux radiOS	Linux IBM WEME (WebSphere Everyplace Micro Enviorment)	NA	WinCE (Version 4 2 0)	NA
DRAM Memory	64 MB	64 MB	64 MB	16 MB	NA	64 MB	NA
Flash Memory	16 MB	32 MB	16 MB	4 MB	NA	64 MB	NA
Aditional Features	NA	Tag list up to 2500 stored in non-volatile memory The DSP architecture ensures exceptional performance for existing RFID protocols Upload and download configuration for low cost implementation Dense reader mode LBT (Listen Before Talk)	DSP Architecture CGI & SQL Servers	Power supply autoranging (100 to 240 Volts AC) PoE BRI (Basic Reader Interface) Telnet server Data filtering and processing	NA	NA	DSP Architecture

ANEXO B: EVALUACIÓN DE LECTORES EN EL MERCADO

EPC RFID fixed readers

FEATURES	Alien Technology		ThingMagic	Intermec	Symbol		SAMSys
Model	ALR-9774	ALR-9800	Mercury4	IF5	AR400	XR400	MP9320
Description	Multi-protocol RFID reader with the ability to manage large numbers of readers, and enhanced management and security options	Enterprise RFID smart reader enables users to deploy manageable, robust, best-in-class RFID across the supply chain	RFID smart reader that features a INTEL 266MHz processor, Linux operating system. Fully fledged network citizen. Future proof and reads any tag	intelitag RFID smart reader with control audible and visual indicators. The IF5 both reads ans writes to RFID tags	The AR400 from Symbol Technologies is a multi-protocol RFID reader designed to support all EPC RFID tags	Symbol's XR400 is a multi-protocol smart reader designed to function as part of a complete RFID system for accurately tracking the location and status of inventory	The MP9320 v2.8 reader is a multi-protocol, multi-regional UHF RFID readers
Price	-	-	-	-	-	-	-
No. of Antennas Supported	2	2	1	2	2	2	2
Operational Frequency	2	2	1	1	2	2	1
Protocols Supported	2	1	1	2	2	2	1
Firmware Upgrade to Gen 2	1	1	1	1	1	1	1
Accepts Remote Upgrades	1	1	1	1	1	1	1
Number of Input/Output Ports	3	1	2	2	1	1	2
Runs Applications	1	1	1	1	2	1	2
Communications Ports	2	2	1	1	2	2	2
Network Protocols	1	1	1	1	2	2	2
Operating System	2	2	2	2	3	1	3
DRAM Memory	1	1	1	3	3	1	3
Flash Memory	2	2	2	3	3	1	3
Aditional Features		+	+	+		+	+
TOTAL	20	17+	15+	20+	24	17+	23+

ANEXO C: POSTER DEL PROYECTO