UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES

DISEÑO DE UN SISTEMA DE IDENTIFICACIÓN POR RADIOFRECUENCIA *(RFID)* PARA EL CONTROL INALÁMBRICO DE EQUIPAJE EN TERMINALES AÉREOS.

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Presentado ante la

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

Como parte de los requisitos para optar al título de

INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES

REALIZADO POR: María Carolina Varela Pineda.
Javier E. Mendoza Gragirena.

TUTOR: Iñaki Mendizabal Arcas.

FECHA: Caracas, Septiembre 2008.

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES

DISEÑO DE UN SISTEMA DE IDENTIFICACIÓN POR RADIOFRECUENCIA *(RFID)* PARA EL CONTROL INALÁMBRICO DE EQUIPAJE EN TERMINALES AÉREOS.

Este Jurado; una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado su contenido con el resultado: VEINTE MENCIÓN PUBLICACIÓN

JURADO EXAMINADOR

Firma: Firma: Firma:

Nombre: IÑAKI MENDIZABAL Nombre: José Pirrone Nombre: Luis Uribe

REALIZADO POR: María Carolina Varela Pineda, Javier Enrique Mendoza Gragirena.

TUTOR: Iñaki Mendizabal Arcas.

FECHA: Caracas, Septiembre 2008.

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

DISEÑO DE UN SISTEMA DE IDENTIFICACIÓN POR RADIOFRECUENCIA *(RFID)* PARA EL CONTROL INALÁMBRICO DE EQUIPAJE EN TERMINALES AÉREOS.

Resumen

En la actualidad es bien conocido que la cantidad de pasajeros en los terminales aéreos está en aumento y con ello el número de equipajes que se debe administrar, la cantidad de interconexiones entre los vuelos, y el poco tiempo para el embarque y desembarque de los aviones, puede traer como consecuencia la pérdida o retraso en la entrega de las maletas. En este proyecto se plantea una solución para este problema, basada fundamentalmente en la mejora de los sistemas de identificación del equipaje, para evitar los inconvenientes que surgen cuando estos no se logran localizar. El diseño propuesto utiliza tecnología *RFID* o Identificación por Radio frecuencia, la cual consiste en identificar las valijas con etiquetas especiales reconocidas a través de radio frecuencia por lectores estratégicamente colocados en puntos específicos del aeropuerto, lo que permite a cada aerolínea llevar un seguimiento del equipaje más eficiente, a lo largo de su recorrido. Este Trabajo Especial de Grado (TEG) muestra una investigación de los dispositivos que integran el sistema, las características de interfaz de aire necesarias, el basamento físico de la tecnología y una comparación con otros métodos de auto identificación, además se plantean los detalles de la elaboración de una propuesta de implantación de un sistema de *RFID,* para el control de equipaje en terminales aéreos, mostrando los pasos y pruebas (de laboratorio y campo) realizadas para mostrar las prestaciones de esta tecnología. En líneas generales se presenta una visión detallada de su funcionamiento, como una herramienta simple pero poderosa que facilita la presentación de soluciones novedosas; como lo es en el manejo de las maletas en los terminales aéreos.

Palabras claves: *RFID,* etiqueta, lector, equipaje.

DEDICATORIA

"A Dios y a la Virgen del Valle por todas las bendiciones y por permitirnos estar juntos.

A nuestros padres y familiares por todas las palabras de ALIENto y su apoyo incondicional."

AGRADECIMIENTOS

UCAB

Ing. Iñaki Mendizabal Arcas,

Ing. Luís Guillermo Uribe,

Ing. Elizabeth Forero de Uribe,

Ing. Lourdes Ortiz,

Lic. Sharon Mendoza,

José Gabriel Teriús,

Alessandro Fumai,

Diana Dittmar.

American Airlines (AA) Venezuela

Lissette Molina,

Gustavo Iezzi,

Maurice Formal.

Y a todos los que de alguna forma estuvieron involucrados con este proyecto.

Gracias.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA ..... **ii**
AGRADECIMIENTOS ..... **iii**
ÍNDICE GENERAL ..... **iv**
ÍNDICE DE FIGURAS ..... **vi**
ÍNDICE DE TABLAS ..... **vii**
INTRODUCCIÓN **1**
Capítulo I. Planteamiento del Problema **4**
I.1.- Planteamiento del Problema 4
I.2.- Objetivo General 9
I.3.- Objetivos Específicos 9
I.4.- Limitaciones y Alcances 10
Capítulo II. Marco Referencial **11**
II.1.- Antecedentes de *RFID* 11
II.2.- Tecnologías de Auto-identificación 14
II.2.1.- Códigos de Barras 16
II.2.2.- Botones de memoria de contacto *(Ibutton)* 17
II.2.3.- *RFID* 18
II.3.- Arquitectura de un sistema *RFID* 20
II.3.1.- *Tags* o Etiquetas *RFID* 22
II.3.2.- Lectores *(Readers)* 27
II.3.3.- Componentes de *Software* 34
II.4.- Estándares Relacionados a *RFID* 36
II.4.1.- Protocolo *EPC Global* 37
II.4.2.- *ISO (Internacional Organization for Standarization)* 43
II.5.- Seguridad en un Sistema *RFID* 44
II.6.- Uso de *RFID* en los Aeropuertos 46
II.7.- Efectos de la Exposición a Campos Electromagnéticos 50
Capítulo III. Metodología y Desarrollo **53**
III.1.- Investigación y Documentación 53
III.2.- Visitas y observaciones del Aeropuerto 53

III.3.- Estudio, elección y compra del *Hardware* 57
III.4.- Pruebas de Laboratorio 61
III.5.- Pruebas de Campo 71
III.6.- Diseño de Red 77
Capítulo IV. Resultados **82**
Capítulo V. Recomendaciones **94**
Capítulo VI. Conclusiones **97**
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS **100**
Apéndice A: Glosario de Términos **102**
Apéndice B: Especificaciones de lectores comparados. **110**
Apéndice C: Instalación del software *ALIEN GATEWAY* **117**
Apéndice D: Modos de Demostración del *ALIEN GATEWAY* **121**

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cronología de 1880 a 1950 sobre el desarrollo de la tecnología *RFID*.....12
Figura 2. Cronología de 1990 al 2003 sobre el desarrollo de la tecnología *RFID*.....13
Figura 3. Arquitectura General de la tecnología *RFID*.....14
Figura 4. Internet de Objetos.....15
Figura 5. Tecnologías de Auto-Identificación.....15
Figura 6. Sistema *RFID*.....21
Figura 7. Composición de Etiquetas *RFID*.....22
Figura 8. Relación Precio-volumen de los *tags* en el mercado.....23
Figura 9. Etiqueta Pasiva *RFID*.....24
Figura 10. Etiqueta Activa *RFID* tipo llavero.....25
Figura 11. Comparación de tipos de *tags*.....26
Figura 12. Señalización por *retrodispersión (Backscatter Signaling)*.....28
Figura 13. Ambientes donde se crean varias ondas reflejadas.....29
Figura 14. Codificación de los datos de una etiqueta en *FMO*.....31
Figura 15. Esquema de componentes de un lector *RFID*.....31
Figura 16. Esquema para nivel alto y bajo.....39
Figura 17. Esquema de Código y Señal de la comunicación.....41
Figura 18. Estructura de los bancos de memoria de una etiqueta *EPC clase 1*.....43
Figura 19. ¿Cuál es el problema que se resuelve?.....47
Figura 20. Porcentaje de inversión en los sistemas *RFID*, incluyendo etiquetas exclusivamente para la industria aérea civil.....49
Figura 21. Etiqueta de equipaje o *bag tag* adherido a la maleta.....55
Figura 22. Banda transportadora de *AA*.....55
Figura 23. La zona de carrusel y Bandas trasportadoras.....55
Figura 24. Supervisor de *AA* vaciando información de equipaje en el formulario....56
Figura 25. *Kit* de Desarrollo *ALIEN ALR-9900*.....62
Figura 26. Conexiones de entrada/salida y para las antenas.....63
Figura 27. Onda con Polarización Circular. Diagrama de Radiación.....63

Figura 28. Esquema de Transmisión. 65
Figura 29. Lectura de una etiqueta con el modo *Tag Grid*.....67
Figura 30. Lectura de múltiples etiquetas con el modo *Tag Grid*. 68
Figura 31. Información de las lecturas en *Microsoft Office Excel 2007*. 69
Figura 32. Pruebas de lectura alrededor de la antena.....70
Figura 33. *Convert XLS*. 71
Figura 34. Estudio de la banda *UHF* en el Aeropuerto con un analizador de espectro.....72
Figura 35. Pruebas en el aeropuerto con el *Kit* de *ALIEN Technology* I.....73
Figura 36. Pruebas en el aeropuerto con el *Kit* de *ALIEN Technology* II.....74
Figura 37. Pruebas en el aeropuerto con el *Kit* de *ALIEN Technology* III.....75
Figura 38. Pruebas en el aeropuerto con el *Kit* de *ALIEN Technology* IV.....76
Figura 39. Portal *ALIEN* y accesorios.....78
Figura 40. Ejemplo de ubicación de Lectores en el *counter*.....89
Figura 41. Ejemplo de ubicación de Lectores en el carrusel al nivel de la pista.....90
Figura 42. Ejemplo de ubicación de Lectores en el carrusel de despacho.....90

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Niveles de referencia de la exposición a campos eléctricos y magnéticos en el tiempo de uso ocupacional.....52
Tabla 2. Cuadro Comparativo de fabricantes de equipos *RFID*.....57
Tabla 3. Especificaciones del Lector *ALIEN*.....62

Tabla 4. Especificaciones de la Antena *ALIEN*.
.....63
Tabla 5. Especificaciones de *Tags ALIEN*.
.....64
Tabla 6. Pruebas de lectura variando distancia y atenuación de la potencia.....69
Tabla 7. Pruebas de lectura alrededor de la antena.....69
Tabla 8. Pruebas de lectura variando distancia y atenuación de la potencia en el aeropuerto.....76

INTRODUCCIÓN

Cuando se hace un viaje en avión, en ocasiones surge el extravío del equipaje. Las compañías aéreas han venido implementando la tecnología *RFID* o Identificación por Radio Frecuencia, como medida para solventar esta situación, teniendo en cuenta que el retraso en la entrega o la desaparición del equipaje les genera inconvenientes tanto al pasajero como a las aerolíneas. En vista de ello, surge este proyecto, con el cual se pretende dar una respuesta innovadora para un problema común, pero de repercusiones negativas para empresas y usuarios.

"Según los datos de la Asociación Europea de Aerolíneas (AEA) recogidos en un estudio del Consejo de Usuarios del Transporte Aéreo Británico (AUC), el 85% del equipaje perdido suele entregarse a sus dueños 48 horas después del vuelo. Esto supone, que cerca de un millón de maletas tardan más de dos días en ser devueltas e incluso, algunas nunca llegan a su destino." (Diario El Universal, 15 JUL. 2007).

La solución que se plantea en este proyecto es mejorar el sistema de identificación de maletas en los terminales, de manera de sustituir los procedimientos que se realizan actualmente y que se han quedado fuera del nivel de los requerimientos de la administración del equipaje en terminales modernos. Lo que se quiere es utilizar un sistema de identificación más eficiente, que se base en la tecnología *RFID*.

La Identificación por Radio Frecuencia hace referencia a un intercambio inalámbrico de datos mediante ondas de radiofrecuencia. La lectura y grabación de información se realiza a partir de un *tag* o etiqueta, que posee una antena que recibe señales de radiofrecuencia desde un dispositivo de captura, denominado normalmente lector. El intercambio de datos se produce automáticamente, en cualquier dirección y sin que ningún operador tenga que intervenir para activar el sistema.

La tecnología *RFID* ofrece una serie de ventajas importantes en comparación con otras formas de captura de datos:

- La *RFID* permite controlar y capturar información en entornos inadecuados para los operarios, ya que la lectura de las etiquetas es automática.
- Esta tecnología permite realizar varias lecturas al mismo tiempo, a una alta velocidad y con gran precisión.
- No necesita una línea de visión directa entre la etiqueta y el lector, lo que la hace adecuada para esta aplicación.
- Se puede utilizar conjuntamente con sistemas de códigos de barras y redes inalámbricas.

Este estudio ofrece una perspectiva general de la tecnología *RFID* y de sus características, describe las frecuencias y dispositivos que se utilizan habitualmente en las aplicaciones, identifica los principales estándares y presenta una serie de métodos para aprovechar las ventajas de *RFID,* con el fin de mejorar la comodidad, precisión, calidad y seguridad en la administración de equipaje en terminales aéreos, incluso generando una ahorro económico para las aerolíneas.

"El resto del plan incluye el uso de etiquetas con *chip* de radiofrecuencia y guías de carga aérea electrónicas, que son proyectos que se traducen en ahorros de 6,5 millardos de dólares anuales para la industria internacional." (Diario El Universal, 01 de Junio 2008).

Los Capítulos del trabajo que se presentan a continuación, describen todo el proceso de creación del sistema: investigación, evaluación y selección de componentes a utilizar, aspectos técnicos, protocolos, diseño, pruebas, entre otros.

Capítulo I, información introductoria del trabajo, incluyendo el planteamiento del problema, objetivos, limitaciones y alcance, para brindarle al lector la oportunidad de conocer la iniciativa del desarrollo de esta investigación.

Capítulo II, investigaciones teóricas referentes a la tecnología *RFID*. Estas constituyeron una parte fundamental, ya que fueron la base de todo el proceso. A partir de los conocimientos adquiridos se encontró la orientación y el basamento teórico requerido para el adecuado diseño del sistema.

Capítulo III, desarrollo del marco metodológico, en el cual se explica cada uno de los pasos llevados a cabo durante esta investigación. En él se explica detalladamente cómo se realizó el diseño. Comenzando por la escogencia de los equipos a utilizar, en función de los requerimientos y protocolos, finalizando con el esquema de todos los elementos involucrados. Este capítulo abarca todas las consideraciones tomadas en cuenta al diseñar el sistema.

Finalmente, en los Capítulos IV, V y IV se encuentran los resultados obtenidos, las recomendaciones y conclusiones, que pueden ser consideradas en la elaboración de sistemas de *RFID* para diversas aplicaciones.

Capítulo I. Planteamiento del Problema

I.1.- Planteamiento del Problema

Cuando se viaja en avión, descubrir que las maletas no aparecen en la cinta transportadora es una verdadera pesadilla, que usualmente se traduce en pérdidas directas e indirectas para las aerolíneas y empresas del sector, debido a que éstas se ven obligadas a indemnizar a los pasajeros por los daños sufridos en sus maletas o a reenviar los equipajes recuperados.

La situación de la pérdida empeora en todo el mundo sustancialmente, debido a la progresiva congestión de los aeropuertos, el aumento de las interconexiones entre vuelos, los pocos márgenes de tiempo durante las operaciones de embarque y desembarque y el aumento del volumen de maletas transportadas.

"Recientemente, representantes de la Sociedad Nacional de Comunicaciones Aeronáuticas (SITA), especializada en la provisión de información y servicios de telecomunicaciones sobre el transporte aéreo, declaró que 204.000 maletas se pierden cada año en los aeropuertos de todo el mundo, mientras que cerca de 30 millones de ellas sufren algún tipo de daño, generándole al sector una pérdida de 2.500 millones de dólares al año" (Diario El Universal, 15 JUL. 2007).

Demostrando así, que el método estandarizado para el seguimiento de las maletas en los aeropuertos (adhesivos con códigos de barras) no es suficiente para prestar un mejor servicio a los pasajeros y evitar las pérdidas millonarias para las aerolíneas. Debido a que el monitoreo depende, entre otras cosas, del buen estado de la etiqueta al llegar a su destino o al pasar por los puntos de verificación, del mantenimiento de los sensores de lectura de los códigos de barras. Además requiere de línea de vista, generando así cuellos de botella en el flujo de pasajeros.

Claramente, son necesarias nuevas ideas y herramientas para ayudar a los aeropuertos a cumplir con los conflictivos objetivos de control de costos y al mismo

tiempo mejorar la eficiencia y la seguridad, cumpliendo con los mandatos y aumentando la satisfacción de los clientes. Existen numerosas empresas y tecnologías que no están a la altura del desafío. Sin embargo, la tecnología *RFID* ha ido evolucionando hasta llegar a convertirse en una poderosa y efectiva fuente de recursos para la gestión de instalaciones y seguridad aeroportuaria.

La industria de la aeronáutica enfrenta presiones continuas que la obligan a mediar con retos operacionales, mientras absorben los costos asociados con los mandatos que exigen el aumento de la seguridad en los terminales. El incremento en los precios del combustible y la alta competencia en cuanto a los precios, además de los gastos para el cumplimiento de la Ley de Seguridad en la Aviación y el Transporte, promulgada en noviembre de 2001 por el Congreso de los Estados Unidos, han obligado a los aeropuertos y compañías aéreas, a reconsiderar sus estrategias para el seguimiento de pasajeros, equipaje y carga.

El incremento de los pasajeros en tránsito a nivel internacional, de regiones con un aumento amplio de población, está forzando a los aeropuertos a investigar nuevos sistemas que sean capaces de manejar mayores volúmenes, sin afectar los tiempos de atención o permanencia de pasajeros en sus instalaciones.

La satisfacción del cliente es un requisito global en este negocio. Las ventajas competitivas de las compañías aéreas no descansan exclusivamente en el precio; los pasajeros también eligen una línea aérea sobre otra, basándose en su experiencia en la zona de *Counter* (mostrador de la aerolínea donde el personal autorizado confirma el vuelo del pasajero y registra el equipaje), la puntualidad, gestión del *check-in* de manera rápida y llegar a su destino con seguridad junto a sus maletas, son factores que ALIENtan a los viajeros a elegir su aerolínea de preferencia.

La única opción para la seguridad y el manejo de equipaje actualmente en Venezuela, ha sido el etiquetado de código de barras, asociando a los pasajeros con su

equipaje, pero la identificación con el avión al cual debe dirigirse puede ser difícil, dando origen a problemas en los casos de conexiones de un avión a otro.

Hoy en día con los sistemas de seguimiento en uso, sólo hay dos momentos en que la mayoría de los aeropuertos o las compañías aéreas, pueden determinar la ubicación de una maleta: cuando se hace el *chech-in* y la maleta es etiquetada para su salida; y cuando el pasajero recupera su valija en el carrusel de llegada. El resto del tiempo, es difícil encontrar o acceder convenientemente al equipaje del pasajero.

Las probabilidades indican que los viajeros frecuentes eventualmente tendrán que lidiar con un representante de servicio al cliente, debido a que su valija se extravía, o como la industria lo llama una "maleta mal manejada"." Las 10 primeras compañías aéreas en los Estados Unidos manejan aproximadamente 500.000 pasajeros cada día. Los datos actuales para toda la industria muestran que el promedio de ocurrencia de "maletas mal manejadas" es de cuatro por cada 1000 pasajeros. Para las 10 principales compañías aéreas, la cifra se incrementa a casi ocho maletas por cada 1000 pasajeros. Cada equipaje desaparecido o "mal manejado" le cuesta a la línea aérea responsable aproximadamente entre 80 y 120 US $, o un promedio de 100 dólares por unidad, esta cifra incluye mano de obra y gastos de transporte (como taxis y trenes) para la reorientación de la maleta al propietario, o costos de sustitución para reembolsar a los afectados por la pérdida de la maleta y su contenido. Entonces calculando el impacto tenemos:

500.000 maletas * 0.008 maletas perdidas = 4000

4000* 100 dólares por maleta = 400.000 dólares por día

400.000 dólares por día * 365 días = 146 millones de dólares en pérdidas por año.

La compañía aérea responsable de la pérdida de la maleta se ve quebrantada, ya que muy probablemente, el frustrado pasajero cuya maleta se extravió abandona el carrusel considerando elegir otra línea aérea para su próximo vuelo, además, él o ella

seguramente le contarán a sus conocidos acerca de la negativa experiencia, socavando así las preferencias de esta línea.

La entrega satisfactoria del equipaje no sólo es importante para la reducción de las operaciones generales, sino también por razones de seguridad. La tragedia escocesa del Lockerbie 103 de PANAM en diciembre de 1988 fue una lección bien aprendida. Los autores del atentado subieron al avión en Frankfurt y bajaron en Londres, sus maletas permanecieron en el avión y más tarde explotaron. En respuesta a esto, la sección 109 de la Ley de Seguridad de la Aviación y Transporte exige a las compañías aéreas la implementación de un programa de "concordancia de equipaje", que asegura que las valijas facturadas no se encuentren a bordo de una aeronave, a menos que se compruebe que el pasajero también lo está.

Debido a que *RFID* permite una mayor visibilidad de las maletas, si por alguna razón, un pasajero decide no llegar al avión, el personal del aeropuerto puede ser capaz de leer rápidamente las etiquetas, contrastar los datos con la lista de pasajeros y de ser necesario localizar y retirar el equipaje de este pasajero. *RFID* facilita la localización de una maleta dado que no requiere de línea de vista, y las etiquetas se pueden leer a través de diferentes materiales.

La rápida localización y retiro de las maletas ayuda a mantener los aviones en horario, lo cual puede ahorrarle a las compañías aéreas miles de dólares. Los costos por el retraso de un avión en un aeropuerto son de aproximadamente 10.000 US $ o más por cada cinco minutos que el avión este en una puerta de embarque.

El uso de *RFID* para el rastreo de valijas no es una idea nueva. Estos sistemas se emplean para el seguimiento del equipaje y han sido probados durante más de una década. Sin embargo, debido a los cortos rangos de lectura, la falta de infraestructura y los altos costos de esta tecnología, los sistemas no fueron suficientemente competentes en cuanto a la exactitud requerida, y no se logró la integración de *RFID* con otros sistemas de rastreo de equipaje. Para agravar el

problema, los altos costos de ejecución, unido a lentos retornos de inversión (ROI) hicieron prácticamente imposible la justificación del despliegue.

La *RFID* está entrando ahora en la era de la red mundial de estandarización y vastas economías de escala. Las etiquetas *RFID* impresas lucen idénticas a las etiquetas de código de barras, que identifican el equipaje actualmente, pero tienen un *chip* adherido y una antena que les permite ser leídas sin línea de vista, con lectores fijos o portátiles a distancias mayores de siete metros. El valor y los usos potenciales de la *RFID* aumentan a medida que el tamaño de los *chips* se reduce. Mientras surgen más aplicaciones, los volúmenes de producción se elevan, dando lugar a economías de escala que pueden reducir los precios de las etiquetas y estimular la demanda.

Los aeropuertos internacionales de Hong Kong y McCarran de Las Vegas eligieron la tecnología *RFID* para el seguimiento del equipaje por diferentes razones, pero vistos juntos, se pueden ver resultados, como reducción de los costos, mejora de la seguridad y un aumento de la experiencia positiva del pasajero. El aeropuerto internacional de Hong Kong (*HKIA*) es uno de los más activos en el mundo, como la gran entrada a China. Anualmente, se reciben por allí aproximadamente 38 millones de pasajeros y se encarga de 3 millones de toneladas de carga. El aeropuerto gestiona 50 despegues y aterrizajes por hora, en sus horas pico. El 40% de los pasajeros que van por el aeropuerto están en conexión de un vuelo a otro, dándole a la aplicación de *RFID* un papel muy importante en la operación óptima del terminal.

En base a lo antes expuesto, se considera que el procedimiento de seguimiento y control debe ser actualizado, es por ello que se plantea la siguiente interrogante ¿Se puede actualizar el monitoreo y despacho de equipaje mediante un sistema de Identificación por Radiofrecuencia?

I.2.- Objetivo General

Diseñar un sistema de Identificación por Radiofrecuencia (*RFID*) para el monitoreo y despacho de equipaje en los terminales aéreos.

I.3.- Objetivos Específicos

- Recopilar información técnica sobre los sistemas de identificación por radiofrecuencia (*RFID*), así como de sus antecedentes y aplicaciones.
- Analizar el espectro radioeléctrico para la detección de redes o bandas comerciales y determinar las bandas disponibles para el uso del sistema propuesto.
- Definir los componentes del sistema que mejor se ajusten a los requerimientos.
- Evaluar la ubicación y los recursos necesarios para la implementación de las antenas en el aeropuerto, proponiendo lugares estratégicos para la cobertura de la red.
- Simular el funcionamiento del sistema *RFID* para el control inalámbrico de equipaje.

I.4.- Limitaciones y Alcances

En el diseño se plantea la colocación de tres puntos de control, los cuales estarán ubicados en el *counter (*mostrador de la aerolínea donde el personal autorizado confirma el vuelo del pasajero y registra el equipaje*)*, en la correa transportadora y antes de ingresar al avión. De no ser posible realizar la implementación en el aeropuerto, se elaborará un prototipo que simulará el seguimiento y control mediante un sistema *RFID* en una ruta ficticia.

Este proyecto se centra en el diseño de un sistema de control de equipaje en tres puntos específicos, de manera de probar la aplicación de esta tecnología, no es parte de esta investigación el seguimiento de todo su recorrido dentro del aeropuerto, ni examinar el contenido.

Con esta investigación, no se pretende modificar los estándares de identificación de las aerolíneas, sino tratar de demostrar que la transición de código de barras a *RFID* puede ser amigable, mediante el diseño de un sistema dual (barras y *tags RFID*), ya que es de esta manera como se ha desarrollando a nivel internacional, algunos ejemplos de ello son referidos durante el desarrollo de este Trabajo Especial de Grado.

Capítulo II. Marco Referencial

El número de dispositivos conectados en red ha crecido exponencialmente, por lo que el beneficio de estar unido a ella, ha aumentado sustancialmente. Inicialmente, cientos de computadores compartían datos de negocios. Luego, millones de computadoras personales se conectaron en red compartiendo información, seguido por millones de teléfonos celulares que ofrecen servicios de gran valor como correo electrónico, mensajes instantáneos y archivos, entre otros. Hoy en día, los servicios y aplicaciones compartidos son la norma, pronto, un sinnúmero de dispositivos se conectarán a la red utilizando una tecnología sencilla pero poderosa: Identificación por Radio Frecuencia o *RFID,* por sus siglas en inglés.

Una revisión de la evolución de *RFID* y sus componentes, ayudará a visualizar y comprender mejor el potencial de su aplicación en la actualidad, así como en un futuro cercano.

II.1.- Antecedentes de *RFID*

Según Bhuptani, M. & Moradpour, S. (Feb 18, 2005), la *RFID* aplica los mismos principios de la física que se utilizan para la radio *broadcasting*, así podemos asegurar que *RFID* encuentra sus raíces en 1897, cuando Guglielmo Marconi inventó la radio. La primera aplicación de *RFID* en el mundo fue en la aeronáutica cuando en 1930 la Armada y el Ejército estadounidense enfrentaron el reto de identificar efectivamente objetivos en tierra, mar y aire. En 1937, el Laboratorio de Investigación Naval estadounidense desarrolló el sistema de identificación *Friend-or-Foe (IFF)* que permitía a las unidades, ser distinguidos de aeronaves enemigas. Esta tecnología se convirtió en la base para el sistema de control de tráfico aéreo mundial de los años 50. Los primeros usuarios de la identificación por radio fueron exclusivamente militares, laboratorios de investigación y grandes empresas comerciales, debido al alto costo y al gran tamaño de los componentes utilizados.

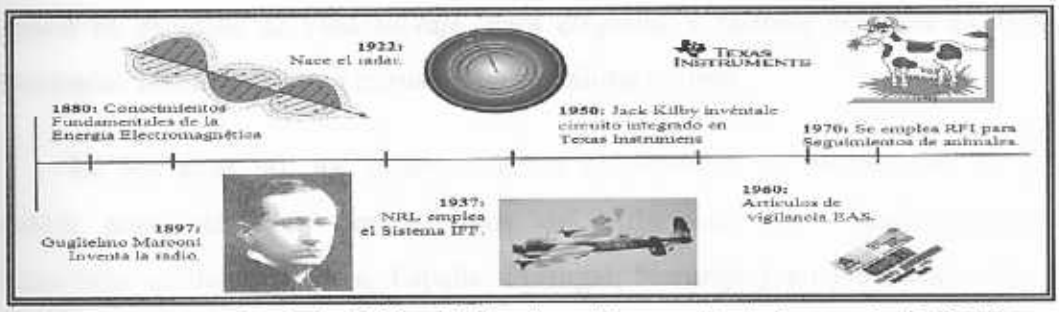


Figura 1. ***Cronología de 1880 a 1950 sobre el desarrollo de la tecnología RFID.***

Con la aparición de técnicas más compactas y con una mejor relación precio-efectividad tales como: los circuitos integrados, *chip*s de memoria programable, microprocesadores, *software* moderno y lenguajes de programación, han hecho de la tecnología lo que conocemos actualmente, con un amplio despliegue comercial.

Durante los años 60 y principio de los 70, las empresas *SENSORMATIC* Y *CHECKPOINT SYSTEMS* introdujeron nuevas aplicaciones para *RFID*, con usos más extensos y menos complejos. Estas compañías comenzaron a desarrollar artículos electrónicos de vigilancia *(EAS,* de sus iniciales en inglés), para proteger artículos de inventario, tales como: ropa en tiendas por departamento, libros en bibliotecas y librerías, entre otras. Comenzaron a emplearse etiquetas o *tags* de bajo costo de producción, despliegue y mantenimiento, que podían adherirse a diferentes artículos, que al pasar cerca de un lector (usualmente colocado en las puertas de las tiendas) podía detectarlas y sonar una alarma.

Durante los años 70, industrias como la ganadera, construcción y transporte comenzaron la investigación y desarrollo de proyectos, para implementar bases de datos con sistemas *RFID*. Empezaron a considerase en aplicaciones como la automatización industrial, la identificación de animales y vehículos.

En los años 80, la tecnología *RFID* se empleó en aplicaciones de identificación, que van desde los vagones de ferrocarril en los Estados Unidos, hasta el seguimiento de animales de granja en Europa. Los sistemas *RFID* se usaron

también en estudios de vida salvaje, para etiquetar y rastrear especies exóticas o amenazadas con una mínima intrusión en su hábitat natural.

En los años 90, los procedimientos electrónicos de recolección de peaje ganaron popularidad en ambos lados del Atlántico, con implementaciones comerciales en Italia, Francia, España, Portugal, Noruega y en los Estados Unidos específicamente en Dallas, New York y New Jersey, estos sistemas ofrecían una forma más sofisticada de control de acceso, ya que incluían un mecanismo de pago.

Figura 2. ***Cronología de 1990 al 2003 sobre el desarrollo de la tecnología RFID.***

A Finales de los años 1990 y principios de 2000, agencias del gobierno estadounidense como el Departamento de Defensa y algunas tiendas por departamentos tales como *WAL-MART* Y *TARGET*, empezaron a promover y requerir el uso de *RFID* a sus distribuidores. Al mismo tiempo se formó un consorcio, sin fines de lucro, patrocinado por las industrias, conocido como *EPCglobal* el cual soporta el código electrónico de productos o *EPC,* por sus siglas en inglés, que se ha convertido en un estándar por defecto para la identificación automática de objetos en las cadenas de suministros a nivel mundial.

II.2.- Tecnologías de Auto-identificación

El mundo de la tecnología de identificación automática o *auto-ID* creció durante la última mitad del siglo, convirtiéndose en lo que es hoy en día. El código de barras ha sido el monarca durante muchos años en cuanto a la tecnología de auto identificación se refiere. Sin embargo *RFID* es el aparente nuevo heredero, pero no remplazará al código de barras, u otras tecnologías, en todas las aplicaciones, ya que cada tecnología tiene sus fortalezas y debilidades.

RFID es un término que describe cualquier sistema de identificación donde un dispositivo electrónico utiliza radio frecuencias para comunicar la información del objeto al cual está adherido, mediante una antena que recibe estos datos y tiene la capacidad de enviar esa información, a través de una red, a un servidor que puede almacenar y procesar los datos requeridos. Los dos componentes más importantes de un sistema de identificación por radio frecuencia son: la etiqueta o *tag*, que es un dispositivo adherido al elemento que queremos rastrear, y el lector que reconoce la presencia de objetos etiquetados, e informa a un sistema que usualmente utiliza un *software* de interfaz con las aplicaciones, llamado *RFID middleware*. Más adelante estudiaremos cada uno de los componentes de una solución de *RFID* en detalle.

Figura 3. ***Arquitectura General de la tecnología RFID.***

Como mencionamos anteriormente, la capacidad de otorgar una identificación electrónica a los artículos, extiende efectivamente la *Internet* hacia el mundo real, convirtiendo objetos físicos en una "INTERNET DE OBJETOS".

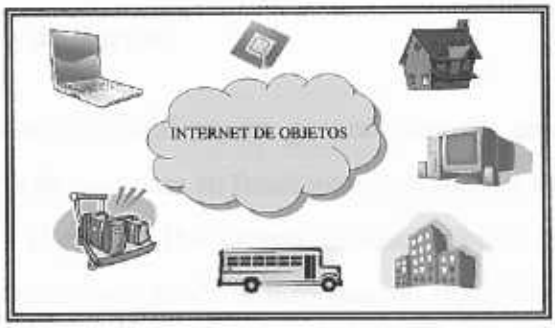


Figura 4. ***Internet de Objetos***

Además de reemplazar la interacción humana para rastrear activos, productos, e incluso bienes en nuestra propia casa, las aplicaciones serán capaces de divisar objetos en la red mediante sus identificaciones electrónicas y conexiones de radiofrecuencia. En los negocios, esto significará una automatización de órdenes más rápida, controles de procesos más eficientes, además de continuos y precisos inventarios. Aliados de negocios podrán compartir información acerca de sus bienes y productos, de principio a fin en la cadena de suministros y más importante aún, identificar instantáneamente la ubicación de un determinado producto. (J. Sweeney, P. Julio 5, 2006).

El código de barras es el sistema de auto identificación más difundido y utilizado a nivel mundial, sin embargo tiene algunas limitaciones para las infraestructuras técnicas disponibles hoy en día. La siguiente sección explica cuales son las diferentes tecnologías de auto identificación, y describe las ventajas de *RFID* frente el código de barras y botones de memoria de contacto.

Figura 5. ***Tecnologías de Auto-Identificación.***

II.2.1.- Códigos de Barras

El principal problema aquí es, en general, simple: solo es posible leer un objeto a la vez. Además de eso, para su funcionamiento debe existir una línea de vista directa entre el lector y el código. Por último, es susceptible a daños en la impresión, lo que obstruiría la lectura correcta de la información. Estableciendo los criterios de comparación tenemos:

- **Modificación de los datos**: Luego que se imprime un código de barras, es imposible cambiar la información, dado que no se puede modificar la orientación de las marcas luego que el símbolo es impreso y adherido.
- **Seguridad de los datos**: Es muy utilizado y el estándar es bien conocido, aun así ofrece una encriptación poco robusta.
- **Cantidad de datos:** los lineales solo permiten 30 caracteres, aunque en los últimos años se han generado de hasta 1800 caracteres, llamados bidimensionales tales como *PDF (Portable Data File), DATAMatrix,* entre otros.
- **Costo:** Puede ser de una fracción de centavo de dólar o algunos centavos en el caso de que ya esté adherido a un objeto.
- **Estándares:** Una de sus deficiencias es la carencia de un verdadero protocolo universal. Esto se ve reflejado en que hoy en día existen más de 200 tipos de esquemas de códigos de barras, sin embargo existen algunos que son comúnmente utilizados como el *UPC (Universal Product Code),* el *EAN (European Article Number), CADABAR, y COD9.*
- **Tiempo de vida:** Depende del cuidado de la etiqueta y de los elementos externos (humedad, cortes y alteraciones del patrón de barras) que afectan la integridad de la etiqueta debido a que la mayoría son impresas, sin embargo bajo condiciones ideales se mantienen por meses, incluso años.

- **Distancia de Lectura:** Los lineales requieren de línea de vista y tienen un rango de lectura de un par de metros máximo.
- **Número de objetos que se leen al mismo tiempo:** Solo un objeto puede ser escaneado a la vez por un lector.
- **Interferencias Potenciales:** Se vuelven ilegibles si ocurre cualquier daño vertical a los símbolos, cuando una barra negra es eliminada o alterada, normalmente es imposible recuperar los datos. El código de barras contiene capacidad de detección y corrección de errores, con protocolo *"93i"*. Los símbolos también se vuelven ilegibles a consecuencia de suciedad o algún otro contaminante, cuando es altamente abrasivo. Sumado a esto los lectores son también susceptibles a la suciedad o algún otro objeto que obstruya al lente. (Glover, B. & Bhatt, H. Enero, 2006).

II.2.2.- Botones de memoria de contacto *(Ibutton)*

Estos sistemas también han estado en el mercado por casi cuarenta años. Son un tipo específico de tecnología de auto identificación, que requiere un contacto físico entre el lector y el botón. Debido a la poca utilización de ésta tecnología son pocas las innovaciones que se han realizado en los últimos años; Pero debido a la durabilidad de los botones, y a su tamaño (aproximadamente como una moneda) son un sistema comúnmente utilizado en Venezuela para aplicaciones como el control de acceso en edificios, ascensores, etc. A continuación se explican los criterios de evaluación para esta tecnología:

- **Modificación de los datos:** Los botones de memoria de contacto pueden escribirse y leerse muchas veces, son robustos y resistentes, capaces de soportar vibraciones y condiciones ambientales adversas en la lectura.
- **Seguridad de los datos:** Los botones de memoria de contacto pueden tener su información *encriptada.*

- **Cantidad de datos:** Puede ser de hasta 8 *Mega bytes.*
- **Costo:** Inician desde un poco más de dos dólares por botón.
- **Estándares:** No existe uno universal aceptado para esta tecnología, los botones de memoria de contacto son todavía de tecnologías propietarias.
- **Tiempo de vida:** Debido a que el *chip* se encuentra resguardado por una coraza de metal, los botones son bastante duraderos, los fabricantes garantizan una durabilidad de 10 años, sin embargo a consecuencia del contacto físico del lector con cada botón, se reduce su tiempo de vida útil. Los fabricantes recomiendan reemplazar la pieza externa del lector al pasar 2 años.
- **Distancia de lectura:** Es cero.
- **Número de Botones que se leen al mismo tiempo:** Sólo es posible leer uno a la vez, por lector.
- **Interferencias Potenciales:** El contacto físico requerido para su operación descarta interferencias a menos que las mismas obstaculicen el contacto. (J. Sweeney, P. Julio 5, 2006).

II.2.3.- *RFID*

Una solución *RFID* utiliza una señal de radio frecuencia para enviar, capturar y mantener la información de un *chip.* La mayoría de los criterios de evaluación para estos sistemas depende del tipo de etiqueta *o tag* que se utilice, los cuales se expondrán más adelante en ésta sección. A continuación se explican los criterios de evaluación para la tecnología *RFID:*

- **Modificación de los datos:** La capacidad para modificarlos depende del estándar que se utilice. Existen *tags* de formato *read-only*, lo que significa que se tiene que usar el código del fabricante únicamente, son llamados *tags* clase 0. Por el contrario los de clase 1 son de tipo *read-and-write*, que permiten escribir la información que se quiere guardar,

referente al objeto al que va a ser adherido, por ejemplo, el precio del producto.

- **Seguridad de los datos:** Dependiendo del tipo y la generación de los *tags*, se tiene la posibilidad de *encriptar* los datos.
- **Cantidad de Datos:** Según cada fabricante los *tags* pueden contener 64, 96, 128, 256, o 512 *Mega bytes* de información.
- **Costo:** Hoy en día se encuentra entre 50 y 60 centavos de dólar, por *tag*, y este precio puede disminuir a medida que se extienda en el mercado.
- **Estandarización y regulación:** *RFID* utiliza diferentes frecuencias, Organismos gubernamentales se encargan de regular estas frecuencias. Los sistemas *RFID UHF* han estado en uso comercial desde mediados de los 90, pero los países no han llegado a un acuerdo en la selección del área del espectro *UHF* para su uso. Europa lo centra alrededor de los 868 *MHz* y los Estados Unidos aproximadamente a 915 *MHz*. Las ondas de radio se comportan diferente al variar la frecuencia, entonces es necesario escoger la que mejor se adapte a la aplicación deseada. Mientras los estándares continúan desarrollándose, los protocolos que los *tags* y lectores utilizan para comunicarse pueden describirse como la interfaz de aire. Los dos estándares que más se tienen en cuenta hoy en día son el estándar *EPC (electronic product code)* y el estándar de la *ISO*; ambos operan en el rango de 860-930 *Mhz*.
- **Tiempo de Vida:** Para los *tags* pasivos es ilimitado ya que no poseen batería que se agote, en cuanto a los *tag* activos y semi-pasivos, su duración depende de la aplicación, de cada modelo de *tag* y también de su actividad, normalmente es de varios años, entre uno y diez años.
- **Tamaño:** Varía de dos a diez centímetros, es decir, desde el tamaño de un caramelo hasta el de una cajetilla de cigarros.

- **Distancia de Lectura:** Los *tags* pasivos logran ser percibidos en rangos desde unos cuantos milímetros hasta casi 10 m, y para los *tags* activos el rango puede superar los 100 m, según las características del lector.
- **Número de objetos que se leen al mismo tiempo:** Un lector puede detectar cientos de elementos etiquetados dentro del rango de lectura.
- **Interferencias potenciales:** Varios materiales, como algunos metales y líquidos, consiguen interferir con la comunicación de los *tags* pasivos, en cambio los activos son menos susceptibles a la interferencia, aunque pueden presentar problemas en contenedores metálicos. (Glover, B. & Bhatt, H. Enero 19, 2006).

II.3.- Arquitectura de un sistema *RFID*

En el contexto de nuestro proyecto, una arquitectura debe definirse como una clasificación de un sistema particular en sus componentes individuales, mostrando las características principales de cada elemento y su interacción, con el fin de cumplir sus requerimientos. Con esta definición en mente, podemos decir con confianza que no existe una arquitectura *RFID* universal que se ajuste a todas las aplicaciones. Igualmente, debido a la gran confluencia de tecnologías, estos sistemas ofrecen funcionalidades claves, que tendrán un impacto notorio en la arquitectura de las aplicaciones que las usen, actualizando la infraestructura, mejorando los procesos.

Los lectores obtienen información de las etiquetas, que puede incluir: identificación de la pieza, localización, tareas completadas recientemente como verificación de estatus o cambio de modo y en algunos casos el historial de lugares donde han estado los artículos. Y posteriormente son los responsables de hacer llegar esa información a otro dispositivo, como un servidor o red.

El sistema requiere principalmente de un *tag* y un lector, que se comunican por radio frecuencia, por lo que ambos dispositivos requieren de una o más antenas, los *tags* contienen además un circuito integrado, en tanto que el lector puede estar

asociado a una o varias antenas externas, algunos la tienen incorporada o tienen puertos para conectarlas y usualmente también se encuentra conectado a un *host* o computador, para procesar los datos y tomar una acción. El *host* es típicamente parte de una red más amplia de computadoras, en algunos casos se comunica vía *Internet*.

La transferencia de datos es un elemento clave, que ocurre mediante la conexión entre el *tag* y el lector, también conocida como acoplamiento, a través de las antenas ubicadas a ambos extremos del sistema. Una forma común de comunicación se basa en un principio físico, conocido como modulación *backscatter*. En este proceso, el lector envía una señal al *tag*, el cual responde reflejando parte de esta energía recibida de vuelta a su fuente; los detalles de esta modulación serán descritos más adelante.

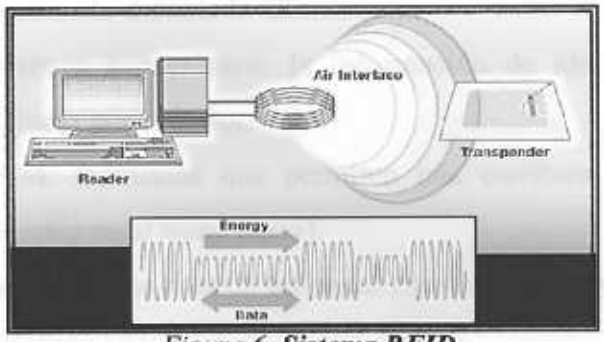


Figura 6. ***Sistema RFID.***
Fuente: Siemens Technology.

Otro elemento importante es la frecuencia de operación. La elección específica de una frecuencia se maneja por los requerimientos de aplicación como velocidad, exactitud y condiciones ambientales. Los estándares y regulaciones como *EPC Global* e *ISO 1800*, especifican los rangos de frecuencia, según la aplicación.

Aunque los componentes de *hardware* son los encargados de identificar y capturar los datos, son los de *software* los responsables de la manipulación y gestión de la información transmitida por el lector, para su comunicación con los *tags* y el *host* respectivamente. Lo que debemos recordar es que la etiqueta contiene información que identifica el objeto, ésta genera una señal de radiofrecuencia con dichos datos, que serán recibidos por un lector, el cual se encarga de leer la

información y enviarla, en formato digital, a la aplicación específica que utiliza el sistema.

II.3.1.- *Tags* o Etiquetas *RFID*

Los *tags* están compuestos por una antena, un radio transmisor y un material encapsulado o circuito integrado (CI). El propósito de la antena es permitirle al CI, que contiene los datos, transmitir la información de identificación de la etiqueta. La memoria interna posee una capacidad que depende del modelo y varía entre 64 bytes y 4 *Mega bytes* de información, aunque se espera llegar a mayores valores en los próximos años. Existen varios tipos de memoria:

- **Sólo lectura**: el código de identificación que contiene es único y es personalizado durante la fabricación.
- **De lectura y escritura**: la información de identificación puede ser modificada por el lector.
- **WORM**: memorias que permiten una escritura y múltiples lecturas (*write once read many times*).
- **Anticolisión**. Se trata de etiquetas especiales que permiten que un lector identifique varias al mismo tiempo.

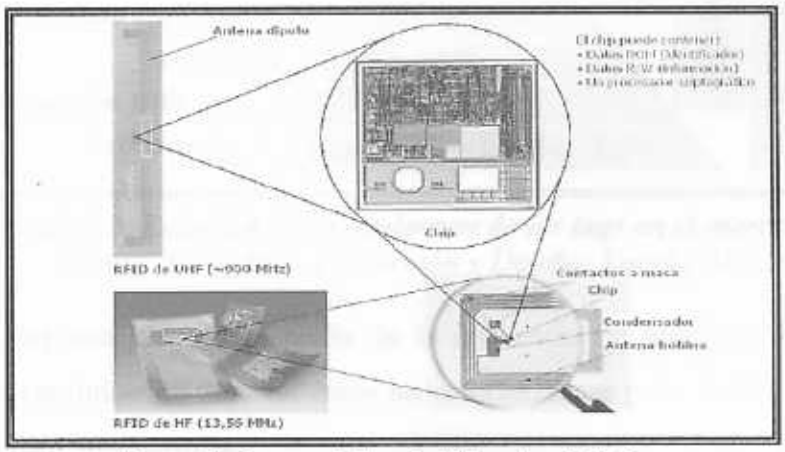


Figura 7. ***Composición de Etiquetas RFID.***
Fuente: Revista del Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicaciones

Existen varios tipos de *tags,* según su alimentación pueden ser activas, semi-pasivas o pasivas. Los *tags* pasivos no requieren ninguna fuente de energía interna y son en efecto dispositivos puramente pasivos (sólo se activan cuando un lector se encuentra cerca para suministrarles la energía necesaria). Los otros dos tipos necesitan alimentación, típicamente una pila pequeña. (*Tedjasaputra, RFID Tag Attachments.* Dic. 2006).

El precio de los *tags* ha disminuido, según el modelo, desde un dólar hace unos años y actualmente alrededor de veinte centavos de dólar, así como el precio de los lectores ha disminuido desde 10 mil a mil dólares o menos, dependiendo del volumen.

En la figura 8 se presenta una relación del precio de los *tags* según el tipo y volumen, donde apreciamos que a medida que aumenta la cantidad de unidades disminuye su precio, y que los *tags* activos son generalmente más costosos que los pasivos.

Figura 8. ***Relación Precio-volumen de los tags en el mercado.***
Fuente: IDTechEx. Traducción y Diseño: Varela, María.

Para tener una idea de la razón de la diferencia de precio y sus distintas prestaciones, a continuación describiremos las características principales de cada tipo de *tag* mencionado anteriormente.

II.3.1.1.- *Tags* Pasivos

Los *tags* pasivos no poseen ningún tipo de alimentación. La señal que les llega de los lectores induce una corriente eléctrica mínima que basta para operar el circuito integrado *CMOS* del *tag* para generar y transmitir una respuesta. La mayoría de *tags* pasivos realizan *backscatter* sobre la portadora recibida, que será descrito más adelante. Un *tag* puede incluir una memoria no volátil, posiblemente una en la que se pueda escribir, por ejemplo una *EEPROM* o *flash,* que varíe entre 64 *bytes* y 3 *KB*.

Los *tags* pasivos suelen tener distancias de uso práctico comprendidas desde los 10 cm. *(ISO 14443),* hasta algunos metros *(EPC e ISO 18000-6)* según la frecuencia de funcionamiento, el diseño y tamaño de la antena. Como carecen de autonomía energética el dispositivo resulta muy pequeño, pueden incluirse en un adhesivo o insertarse bajo la piel (*tags* de baja frecuencia). Por su bajo consumo de energía, la respuesta de una etiqueta pasiva es rápida, normalmente apenas un número de identificación (*GUID).* Los *tags* que soportan el protocolo *EPC UHF Gen 2* desarrollan esta respuesta rápida mediante un proceso en el cual se utiliza un espacio de memoria opcional y un identificador de *tag* (*TIG,* por sus siglas en inglés) que permite al lector identificarlos rápidamente.

Las etiquetas pasivas tienen distancias de lectura que varían entre unos 10 mm. hasta cerca de 6 m. dependiendo del tamaño de la antena del *tag*, así como de la potencia y frecuencia en la que opera el lector. En el 2007, el *tag* disponible comercialmente más pequeño de este tipo media 0.05 mm. × 0.05 mm., y más fino que una hoja de papel. (*Tedjasaputra, RFID Tag Attachments.* Dic. 2006).

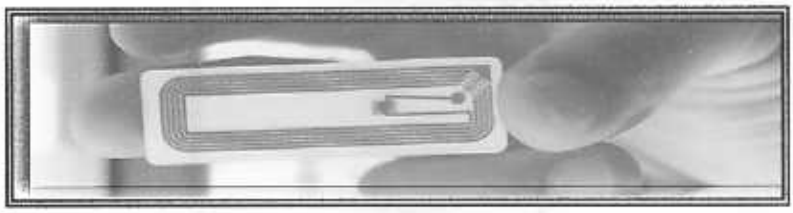


Figura 9. ***Etiqueta Pasiva RFID.***
Fuente: www.notiis.com.m. "RFID, una herramienta emergente"

II.3.1.2.- *Tags* Activos

A diferencia de los *tags* pasivos, poseen su propia fuente autónoma de energía, que utilizan para dar corriente a sus circuitos integrados y propagar su señal. Estos *tags* son más costosos que los pasivos, debido a la capacidad de establecer sesiones con el lector.

Gracias a su fuente de energía son capaces de transmitir señales más potentes que las de los *tags* pasivos, por lo que son más eficientes en entornos difíciles para la transmisión de radiofrecuencias, como en contenedores y vehículos. Además son efectivos a mayores distancias, pudiendo generar respuestas claras a partir de recepciones débiles. También, suelen ser de mayor tamaño y costo. Muchos *tags* activos tienen rangos reales de cientos de metros y una vida útil de sus baterías de hasta 10 años. Algunos de ellos integran sensores de registro de temperatura y otras variables que pueden usarse para monitorear entornos de productos de alimentación o farmacéuticos. Otros sensores asociados con *RFID* pueden medir humedad, vibración, luz, radiación, temperatura y componentes atmosféricos como el etileno. Los *tags* activos, además de mucho más rango (500 m) de distancia de cobertura, poseen capacidades de almacenamiento de hasta 4 *MB* y la habilidad de guardar información adicional enviada por el lector.

Actualmente, las etiquetas activas más pequeñas tienen un tamaño aproximado de una moneda, muchas obtienen rangos prácticos de 10 m., y una duración de batería de hasta 10 años. (*Tedjasaputra, RFID Tag Attachments*. 2006).

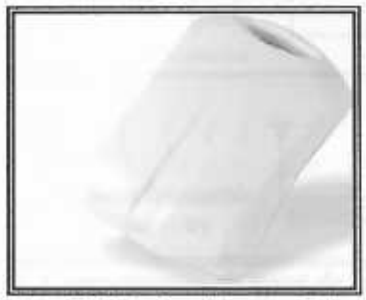


Figura 10. ***Etiqueta Activa RFID tipo llavero.*** *Dimensiones: 42 x 30 x 10 mm. Fuente: www.lancellotti.com.ar*

II.3.1.3.- *Tags* Semi-pasivos

Son similares a los activos en que poseen una fuente de alimentación propia, aunque en este caso se utiliza principalmente para alimentar el *chip* y no para transmitir una señal. Un uso alternativo para la batería es almacenar información propagada desde el lector para emitir una respuesta en el futuro, típicamente usando *backscatter*.

La batería permite al circuito integrado de la etiqueta estar constantemente alimentado y eliminar la necesidad de diseñar una antena para recoger potencia de una señal entrante. Las etiquetas semi-pasivas responden más rápidamente en comparación con las *tags* pasivas, debido a la ausencia de procedimientos para reflejar la energía que llega del lector, por lo que son más fuertes en el radio de lectura.

Estos *tags* tienen fiabilidad semejante a la de los activos a la vez que pueden mantener el rango operativo de uno pasivo. También suelen conservarse entre tres y cuatro años más que los *tags* activos. *(Tedjasaputra, RFID Tag Attachments. Dic. 2006).*

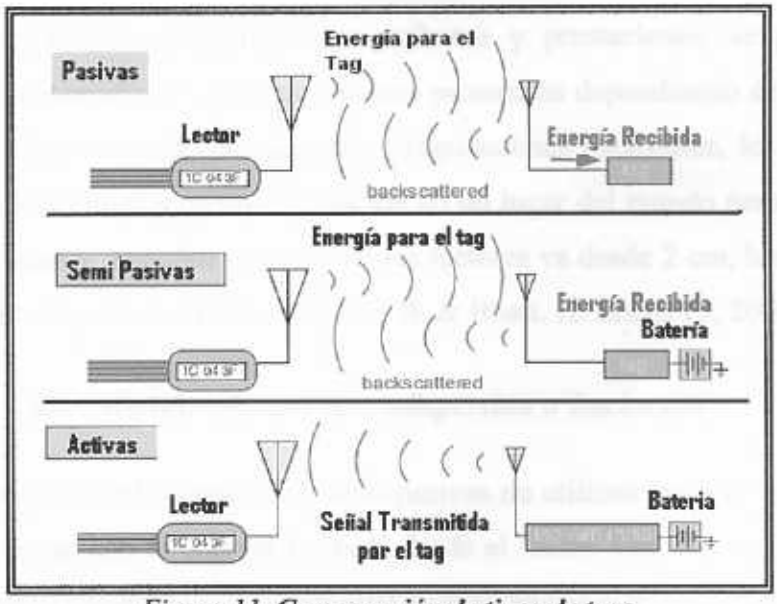


Figura 11. ***Comparación de tipos de tags.***
Fuente:(Dobkin, Daniel M. 2005).Traducción: Varela, María.

II.3.2.- Lectores (*Readers*)

Los lectores *RFID* identifican y se comunican con las etiquetas, poseen una o más antenas, que generan y emiten energía de radiofrecuencia, procesan los datos recibidos en su rango de lectura, y los reenvía a un computador o sistema, para su aplicación. Si el sistema utiliza etiquetas moduladas por *retrodispersión* o *backscatter* (pasivas), el lector debe energizar los circuitos de las etiquetas, de modo que puedan reflejar sus datos de vuelta. Dependiendo del modelo y de la distancia a la que están las etiquetas, también podrá escribir en aquellas que permitan reescritura.

Los lectores se presentan en muchas formas y tamaños, dependiendo de su aplicación, existen fijos, portátiles, y algunos incluso se pueden montar en vehículos (montacargas). Un lector fijo para lee las etiquetas que viajan a través de puertas, cintas transportadoras, o en otras áreas específicas. Se pueden utilizar dispositivos portátiles para añadir capacidades de *RFID* a las aplicaciones existentes, sin invertir en un nuevo sistema de computación móvil. También se han creado lectores portátiles para escribir y leer etiquetas que se encuentren en lugares remotos.

Existen lectores con diferentes atributos y prestaciones, se presentan en muchas formas, tamaños y soportan distintos protocolos dependiendo de las etiquetas que leen, muchas veces deben ajustarse a regulaciones nacionales, lo que significa que pueden ser aceptados en una aplicación en un lugar del mundo pero en otros no. Según sus formas y tamaños el rango de los lectores va desde 2 cm, hasta el tamaño de una computadora de escritorio. (Glover, B. & Bhatt, H. Enero 19, 2006).

II.3.2.1.- Modulación por *Retrodispersión* o *Backscatter*

Las etiquetas *RFID* pasivas y semi-pasivas no utilizan un radio transmisor, en cambio, funcionan con la energía recibida desde el lector. Una forma de entender la modulación por *retrodispersión* se muestra esquemáticamente en la figura 12. Si la antena está conectada a una carga, que presenta poca resistencia al flujo de energía, se

induce una corriente en la antena receptora. En la figura se muestra como se abre o cierra el circuito de la antena, para realizar la comunicación. Esta corriente inducida es la actual en la antena, y según los principios de la teoría electromagnética, específicamente el de reciprocidad, cualquier estructura que recibe una onda también puede transmitirla, es decir, hacer su camino de vuelta a la antena transmisora, inducir una tensión, y por lo tanto, producir una señal de *retrodispersión (backscatter).* Para poner en marcha éste esquema el lector debe comenzar transmitiendo.

Si la antena está conectada a una carga que presenta poca resistencia al flujo de energía, se induce una corriente en la antena receptora, y según los principios de la teoría electromagnética, cualquier estructura que recibe una onda también puede transmitirla, inducir una tensión, y por lo tanto, producir una señal de *retrodispersión (backscattered).* Para poner en funcionamiento éste esquema es necesaria la transmisión por parte del lector que inicie la interacción.

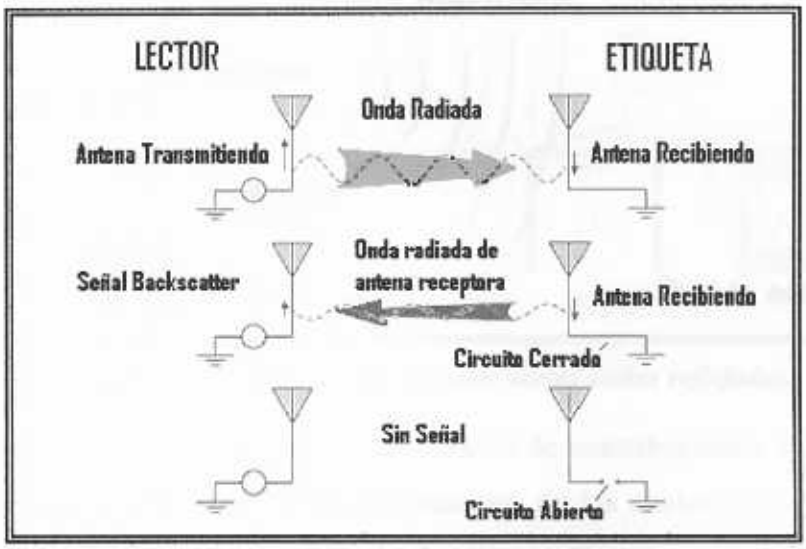


Figura 12. ***Señalización por retrodispersión (Backscatter Signaling)***

En muchos sistemas de radio, el transmisor se apaga cuando el receptor está tratando de adquirir una señal; este se conoce como *half-duplex* para distinguirla de los casos en que el transmisor y el receptor pueden operar simultáneamente, conocidos como *full-duplex.*

En los sistemas *RFID* pasivos, el transmisor no se apaga automáticamente, en lugar de ello, transmite una onda continua, durante el tiempo que el receptor está escuchando la señal de la etiqueta.

Los equipos *RFID* utilizan un dispositivo llamado *circulador*, que es un conmutador rotativo que conecta una o varias entradas a una o varias salidas, para permitir que sólo las señales reflejadas lleguen al receptor, que en caso contrario podrían ser saturados por la señal de transmisión. Sin embargo, en un sistema de una sola antena, la señal transmitida desde el lector se refleja en su propia antena, provocando una disminución de la potencia de la señal transmitida y originando una señal que compite con la señal reflejada por la antena de la etiqueta. Si se utilizan dos antenas una para transmitir y una para recibir, existen fugas de energía de una antena a la otra directamente, así como las ya mencionadas reflexiones de los objetos circundantes.

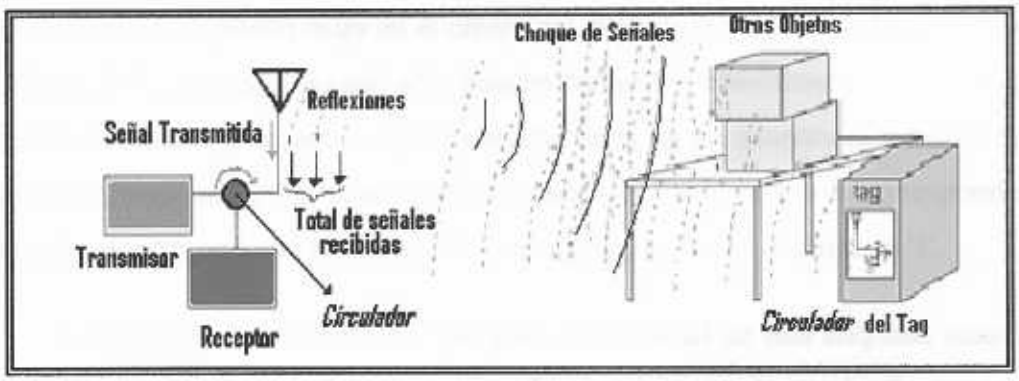


Figura 13. ***Ambientes donde se crean varias ondas reflejadas.***

La señal total recibida es un vector suma de contribuciones, tales como las reflexiones del lector y los objetos circundantes, de las cuales la mayoría son de mayor valor que la señal retransmitida por la etiqueta. De este modo, un cambio en la carga de la antena (de la etiqueta), causa un efecto completamente imprevisible e incontrolable en la señal del receptor. Lo único que podemos decir con toda confianza es que cuando hacemos un cambio en el estado de la antena, la fase o la amplitud de la señal del lector va a cambiar. Por lo tanto, debe elegirse una forma de codificar los

datos que pueda interpretarse solamente en base a estos cambios, con el fin de hacer que un enlace por *retrodispersión* funcione.

Como consecuencia de ello, todos los enfoques para la codificación de la señal, se basan en contar el número de cambios de estado en un determinado intervalo de tiempo, o en alterar la frecuencia de los cambios. Por lo tanto, todos los códigos de etiqueta son variaciones del *Frequency-Shift Keying (FSK)*. Es importante señalar que la frecuencia en este punto, no se refiere a la portadora, sino a la banda base de la etiqueta, (usualmente de 100 kHz o 200 kHz). Un binario '1' podría codificarse mediante 100 cambios de estado de la etiqueta cada milisegundo, y un binario '0' podría tener 50 cambios por milisegundos.

En un ejemplo concreto de codificación de etiqueta, conocido como *FM0,* utilizado en el estándar *EPC* Gen 2, que se puede observar en la figura 14, el estado de la etiqueta cambia al principio y al final de cada símbolo. Además, un binario '0', tiene un cambio de estado extra en el centro del símbolo. El lector no puede distinguir con fiabilidad que estado es cual, sólo pueden contar las transiciones entre los estados (cambios de estado, flancos). La parte derecha de la figura muestra la señal de banda base que corresponde a una serie de bits idénticos, hay que aclarar la correspondencia de los binarios '0', con una frecuencia dos veces mayor que la del binario '1'.

Los lectores tienen más tiempo para ver la señal de una etiqueta, cuando la señal está separada de su propia frecuencia de portadora, por lo que las frecuencias de sub-portadoras más altas ayudan a mejorar las capacidades de lectura. Sin embargo, si la separación es grande en comparación con el tamaño del canal, la señal de la etiqueta podría ser confundida con la de otro lector en una frecuencia diferente.

Para tener una selección flexible de datos de etiqueta, mientras se minimiza el ruido, el lector debe ser capaz de adaptarse a la banda de frecuencias que se trata de recibir, sumando de esta forma costo y complejidad al dispositivo.

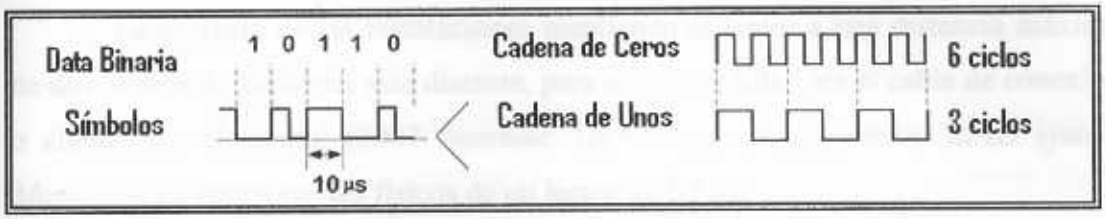


Figura 14. ***Codificación de los datos de una etiqueta en FMO.***

En los receptores, además de la señal deseada pueden estar presentes interferencias y ruido. Para cada tipo de modulación es necesario que exista un mínimo de relación señal-ruido *(S/N)*, para que sea fiable la *demodulación* en el receptor. El umbral exacto de relación *S/N* depende de cuan preciso se quiera ser y, en menor medida, de los algoritmos utilizados para la *demodulación*. El valor de la relacion señal-ruido necesaria para los sistemas *RFID* que utilicen codificación *FM0* es de 10 *dB* o más. Los protocolos modernos ofrecen modulaciones alternativas que pueden actuar con menores relaciones *S/N*, sacrificando la velocidad de transmisión de datos.

II.3.2.2.- Componentes físicos de un lector *RFID*

El lector se comunica con las etiquetas mediante *RF* por lo que deben tener una o más antenas, también se comunica con algún servidor por lo que el lector debe tener una interfaz de red. Finalmente para poder implementar protocolos de comunicación y controlar las transmisiones, cada uno debe poseer un *microcontrolador*.

Figura 15. ***Esquema de componentes de un lector RFID.***

La mayoría de las instalaciones mantienen al lector a una distancia máxima de dos metros de la antena más distante, para evitar pérdidas por el cable de conexión o algún otro elemento. (2007 *Intermec Technologies Corporation. RFID system Manual).* Los componentes físicos de un lector *RFID* son:

- Antenas: son los canales para la comunicación entre las etiquetas y el lector. Su diseño y ubicación es un factor determinante en cuanto a la zona de cobertura, rango y exactitud de la comunicación. Varían dependiendo de los requerimientos de la aplicación, en ciertos casos esta directamente incorporada en el lector, pero en otros varias antenas pueden montarse lejos de él, en una posición estratégica para mejorar la calidad y el rango de las señales de radio. (*Bhuptani, M. & Moradpour,* S. Feb 18, 2005).
- Controlador: El dispositivo que gobierna el lector puede variar en complejidad desde una simple máquina de estados, en un *chip*, a un complejo microcomputador capaz de correr una variedad de sistemas operativos como aplicaciones de usuario y acumular una gran cantidad de datos en un disco duro interno. El controlador es responsable de vigilar las comunicaciones del lector, así como determinar cuándo la información leída constituye algún evento, que deba ser enviado a la red, por ejemplo, ciertas etiquetas tiene la capacidad de medir la temperatura del objeto al que están adheridas, y si ésta sale del rango programado, el controlador envía una señal al servidor indicándolo.
- Interfaz de Red: es fundamental que la lectura de los *tags* se pueda comunicar con una red y otros dispositivos a través de una variedad de puertos. La mayoría de los lectores *RFID* tiene interfaces seriales, utilizando *RS-232* o *RS-422*, en años recientes soportan interfaces *ETHERNET* e inalámbrico. (Glover, B. & Bhatt, H. Enero 19, 2006).

II.3.2.3.- Sensibilidad del lector

Está determinada principalmente por el nivel de ruido eléctrico de sus circuitos internos, que interfiere con la señal de la etiqueta, cuando es lo suficientemente fuerte puede sobreponerse a la de la comunicación.

Debido a que la radio frecuencia es análoga y no digital, es susceptible a degradaciones causadas por fuentes de ruido o condiciones ambientales. La interferencia puede ser causada por alguno de los siguientes elementos: líquidos, metales, altos niveles de humedad, temperaturas extremas, motores, dispositivos inalámbricos (como celulares o *PDA),* computadores, redes de comunicaciones y teléfonos. Al mismo tiempo, muchas de las inexactitudes e inconsistencias también pueden ser solventadas con un *software* que permita implementar corrección de errores, tolerancia y redundancia. (Bhuptani, M. & Moradpour, S. Feb 18, 2005).

Los problemas de interferencias y ruido eléctrico, aunque son inevitables, pueden ser mitigados en cierta medida, a través de una adecuada instalación. El rango de lectura está marcado por la distancia de la antena del lector, con una etiqueta que se deja de leer, esto ocurre cuando se aleja tanto que la potencia de la señal de radio está por debajo del nivel de sensibilidad de la etiqueta. En la frontera de lectura no podrá ser leída con ningún grado de certeza.

Si existen fuentes de ruido eléctrico la mejor manera de compensarlo, de ser posible, es eliminar la fuente del campo o alejarla de la antena para que su nivel de potencia disminuya al aumentar la distancia entre la fuente de ruido y la antena y así sea menor que el nivel de potencia de la señal de la etiqueta, con respecto al lector. Cuando no se pueda mover la fuente de ruido o el componente de *RFID*, otra solución sería proteger la fuente con un blindaje mediante una jaula de *Faraday* para eliminar la interferencia.

El tipo y la longitud de los cables utilizados para conectar los componentes del sistema, pueden afectar los valores de ruido en el medio y la potencia de salida a través de la antena. Por lo que deben utilizarse cables con protección *EMI* (Interferencia Electromagnética, por sus siglas en inglés). (2007 *Intermec Technologies Corporation).*

II.3.3.- Componentes de *Software*

Las características específicas y funciones de los componentes de *software* en un sistema de *RFID* varían dependiendo de la aplicación y de los requerimientos. Estos corresponden a dos categorías: *Software* de *RFID y RFID Middleware.* Los programas son ejecutados en las etiquetas, los lectores y en los *host.* Aunque a continuación se describe cada componente por separado, es razonable la cooperación o superposición de funciones entre estos tres componentes de *software.*

II.3.3.1.- *Software* del sistema *RFID*

Consiste en una colección de funciones necesarias para permitir la interacción entre una etiqueta y el lector. En su forma más básica, la comunicación ocurre en un grado de procesamiento de señal que requiere de *hardware* y *software* de bajo nivel, pero para gestionar los datos que fluyen entre la etiqueta y el lector requieren de un sistema de alto nivel. A continuación se describen:

- Leer/Escribir: Estas son las funciones más básicas. Un lector le pregunta a una etiqueta para leer o escribir datos, accediendo a su memoria y a la información, para luego transmitirlos de regreso. En algunas también es posible escribir información enviada por el lector.
- Anti-colisión: es utilizado cuando en algún momento dado, múltiples etiquetas están presentes en el campo de visión de un lector y deben ser identificadas simultáneamente. La función de anti-colisión requiere de la cooperación entre las etiquetas y los lectores, para minimizar el riesgo de que todas respondan a

la vez. En algunos casos, el *algoritmo* puede ser tan simple como colocar un tiempo aleatorio para que cada etiqueta responda a una petición.

- Detección y corrección de errores: Un lector puede emplear *software* sofisticados para detectar y corregir errores de transmisión de una etiqueta. Además puede incluir programas que detecten y descarten datos duplicados o incompletos.
- Autorización, *encriptación* y autentificación: Estos elementos son útiles cuando los datos intercambiados entre las etiquetas y los lectores deben transmitirse de forma segura, por lo que ejecutan el protocolo necesario para lograr el nivel de seguridad deseado, pero que requieren de sofisticados circuitos integrados, lo que impacta sobre el costo de las etiquetas pasivas típicas.

II.3.3.2.- *RFID Middleware*

Consiste en un grupo de dispositivos que actúan como un puente entre los componentes del sistema *RFID* y el *software* de aplicación. Realiza dos funciones principales: supervisar el estatus de los dispositivos y gestionar la infraestructura de *RFID*.

Estas funciones están relacionadas y comúnmente comparten datos. No obstante deben cumplir requerimientos de aplicación diferentes. Hay que hacer notar que muchos de los distribuidores de *RFID middleware* ofrecen estas dos funciones en un solo paquete.

La gestión consiste en la codificación, recolección, procesamiento, filtrado y agregación de los datos transmitidos entre el lector y las etiquetas para integrarlos a la aplicación de *host*. Esta función es importante en casos donde los lectores están en la capacidad de recibir grandes ráfagas o constantes flujos de datos de las etiquetas o cuando requieren ser actualizadas para evitar información duplicada.

Otra función importante del *middleware* es la normalización de los datos, dado que en ausencia de un estándar, los formatos de los lectores y los protocolos de comunicación son propietarios. Para que un sistema *RFID* funcione en un régimen de multi-vendedores el *RFID midleware* debe ser capaz o es el encargado de traducir varios formatos de datos de los lectores en uno solo; un formato normalizado permite la mejor integración de los sistemas en el nivel de aplicaciones de *host*. (Bhuptani, M. & Moradpour, S. Feb 18, 2005).

II.4.- Estándares Relacionados a *RFID*

Un protocolo de comunicaciones es una forma de organizar la comunicación entre los dispositivos, para asegurar que la información realmente se transfiera entre las etiquetas y los lectores.

La creación de estándares oficiales, puede acelerar la adopción de una nueva tecnología. Ellos prometen interoperabilidad, atrayendo a más vendedores a proveer soluciones que mejoren los servicios a un menor costo. Al ajustarse a los estándares, los desarrolladores, distribuidores y vendedores evaden el riesgo de costosas modificaciones que podrían resultar en implementaciones propietarias o no adaptadas a las regulaciones. Los estándares le dan al consumidor la confianza de que los productos podrán trabajar juntos, permitiendo que surjan más opciones para resolver los problemas que se presenten y facilitando la actualización de los sistemas.

Antes de que se desarrollaran los estándares actuales para los lectores y *tags*, las compañías desplegaron protocolos propietarios, lo que trajo como consecuencia que un lector sólo puede leer etiquetas de esa misma compañía. Un protocolo define:

- La interfaz de aire: el tipo de modulación que el lector usa para definir la codificación binaria, el tipo de señal que envía la etiqueta, la velocidad, si la información es enviada en paquetes discretos y como se constituye la trama.

- Medio de control de acceso: cuándo envía información cada dispositivo, y cómo resolver las colisiones entre los usuarios contendientes.
- Definición de los datos: el tipo de información que se asocia con una etiqueta y su significado. *(EPC Radio-Frecuency Identity Procols. Protocols for comunications, version 1.1.0).*

II.4.1.- Protocolo *EPC Global*

Existen numerosos protocolos y utilizan diferentes enfoques en cada uno de esos aspectos antes mencionados acerca de sus definiciones, pero es necesario que el lector y la etiqueta utilicen las mismas especificaciones. A continuación se examina brevemente el protocolo para *UHF* que ha sido promulgado por *EPCglobal* para etiquetas *RFID* pasiva, que asignan un identificador único, así como el código electrónico de producto *(EPC)* que puede ser 64 o 96 *bits* de longitud y está dividida en una cabecera que describe la estructura del *EPC*, sobre descripción el fabricante, el tipo de objeto y el número de serie, así como un espacio adicional para agregar la información extra que se desee guardar en la etiqueta.

Debido a la necesidad de interoperabilidad esta situación fue cambiando a finales de los 90 con la creación del Centro de Auto Identificación, con sede en el *MIT (Massachussets Institute of Technology)*. Ellos iniciaron la creación de estándares para facilitar la interoperabilidad a gran escala entre fabricantes de sistemas *RFID* y apoyar a la tecnología *RFID*. En el 2003 el trabajo auspiciado por el centro de auto identificación se transfirió a una organización sin fines de lucro llamada *EPCglobal*, que estableció el estándar *EPC (electronic product code)* y le da soporte como el estándar mundial para la inmediata, automática y exacta identificación de cualquier objeto en una cadena de suministros. *EPCglobal* es patrocinado por las corporaciones líderes del mercado, y define el protocolo del lector según tres capas:

- Capa de lector: Define el contenido que se permite y el formato de los mensajes enviados al *host,* esta capa está relacionada con las capas de Presentación y Aplicación del modelo *OSI.* El protocolo permite específicamente que el lector mantenga solo una conversación con un *host* a la vez.
- Capa de mensajes: Se desarrolla encima de la capa de transporte y es responsable de manejar las conexiones y la seguridad además de encapsular los comandos de *host,* las respuestas del lector y las notificaciones para que éstas puedan pasar a la capa de transporte. Toda encriptación, autenticación, o manejo de sesión ocurre en esta capa. Esta capa describe, cómo empieza y termina una conversación entre un lector y un *host,* y determina la forma del paquete con el cual se transmiten los mensajes. Esta capa es idéntica en cuanto a lógica a la capa de sesión del modelo *OSI.*
- Capa de transporte: Esta es la inferior y describe los requerimientos de hardware que puede soportar la red. Corresponde con la capa física, enlace de datos y red del modelo *OSI.* La capa de transporte es la conexión física y de red entre el lector y el *host.*

La primera y segunda generación de normas comparten algunos inconvenientes importantes. El uso de un *CRC* de 16 *bits* como única validación de una etiqueta de identificación significa que, en promedio, de cada 64000 lecturas se produzca un accidente de ruido aleatorio para validar la lectura, creándose la imagen de una *tag* que no exista realmente. Las etiquetas Clase 0 tienen problemas si existe un gran número de lectores vecinos, debido a la frecuencia de compensación entre dos señales generadas por el lector y la etiqueta respectivamente, y que no poseen ninguna norma para el campo de escritura. Las Clase 1 son relativamente lentas cuando están presentes un gran número de marcas o *ID.* Ambos protocolos tienen problemas con las llegadas tarde: las etiquetas que entran en la zona cuando se ha

iniciado la lectura de inventario. Por último, son incompatibles entre sí y aproximadamente el equivalente a las aplicaciones y rendimiento: si el objetivo es lograr un estándar global, dos es demasiado. (Dobkin, Daniel M. 2005).

Consciente de estos problemas, a principios de 2004 el Grupo de Acción de *Hardware EPCglobal* empezó a trabajar en una segunda generación del estándar para solventar los problemas de las normas de la primera generación y proporcionar suficiente rendimiento a bajo costo, elemento necesario para convertirse en el protocolo universal para la tecnología *RFID*. La norma Clase 1 Generación 2 fue ratificada a principios de 2005, y ahora está también ratificado por la Organización Internacional de Normalización *(ISO)*, en su apartado *ISO 18000-6C*. Con el fin de obtener las mencionadas mejoras en el rendimiento, el comité de *Gen 2* se inició de nuevo en muchos aspectos, la norma *Gen 2* es totalmente incompatible con la primera generación para lectores y etiquetas. (Dobkin, Daniel M. 2005).

Los símbolos reconocidos por el lector son distintos a los de la generación anterior, pero son bastante sencillas. Un '0' binario es un breve pulso de alto nivel seguido por uno bajo de igual longitud; un '1' binario es un largo pulso alto seguido por la secuencia del binario '0'. Estos símbolos proporcionan un alto promedio de potencia de *RF* entregado a la etiqueta. La longitud de un binario "0" se define como Tari, y se utiliza como referencia para otros procesos dentro de la norma. La velocidad de transmisión de datos puede variar de 27 a 128 Kbps (un *Tari*, de 25 a 6.5 microsegundos), el bit más significativo de la palabra más importante siempre se envía en primer lugar. (Dobkin, Daniel M. 2005).

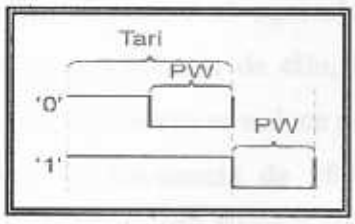


Figura 16. ***Esquema para nivel alto y bajo.***
Fuente: (Dobkin, Daniel M. 2005).

La comunicación se realiza mediante paquetes. Los lectores envían información a una o más etiquetas modulando una portadora de *RF* utilizando *DSB-ASK (doble side band – amplitude shift keying), SSB-ASK (single side band) o PR-ASK (phase reversal)* con un formato de codificación de intervalo de pulso *(PIE)*. Las etiquetas reciben su energía de operación de esta misma portadora de *RF* modulada.

Los lectores reciben información de las etiquetas transmitiendo una portadora de RF sin modular y escuchando una respuesta por *retrodispersión*, comunican la información modulando la amplitud y/o la fase de la portadora que viene del lector. El formato de codificación escogido mediante un comando impartido por el lector puede ser *FM0* o una sub-portadora modulada por Miller. Las comunicaciones entre los lectores y las etiquetas son *Half duplex,* lo que significa que no requiere *demodular* un comando del lector mientras está en el proceso de *retrodispersión*, por lo que no responden a mandatos o comandos opcionales utilizando comunicaciones full *duplex*. (*EPC Radio-Frecuency Identity Procols. Protocols for comunications, version 1.1.0).*

Se utilizan dos enfoques: El básico es *FM0*: un binario "0" tiene una transición en medio de un símbolo, mientras que un binario «1» no. Sin embargo, una segunda opción es la subportadora *Modulada de Miller (MMS)*. En *FM0* la señal se multiplica por una onda cuadrada con periodos de 2, 4, u 8 para cada símbolo *FM0*. Es importante indicar que, si bien en la figura 17 se muestra el *FM0* con tiempo constante, es para que se pueda ver cómo la transmisión está relacionada con *FM0*, de hecho es durante las transiciones, o el equivalente en frecuencia, los que se mantienen constantes. Como consecuencia de ello, la velocidad de transmisión de datos para una conexión fija en frecuencia se reduce por el efecto multiplicador *MMS*. Si establecemos un vínculo de frecuencia de 100 KHz, *FM0* proporciona una velocidad de transmisión de datos de 100 Kbps, pero *MMS* con un multiplicador de H = 4 sólo ofrece 25 Kbps. (Dobkin, Daniel M. 2005).

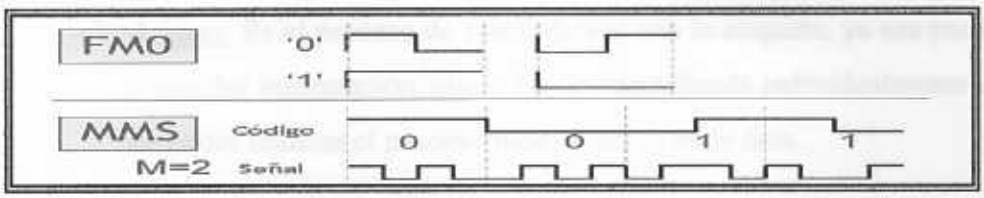


Figura 17. ***Esquema de Código y Señal de la comunicación.***
Fuente: (Dobkin, Daniel M. 2005).

Parece contradictorio reducir intencionalmente la velocidad de transmisión de datos en *MMS*, pero esto ofrece algunas ventajas con respecto a *FM0*. En el dominio del tiempo, la interpretación de cada símbolo *FM0* depende de un solo flanco, mientras que uno *MMS* proporciona una serie de bordes para su localización, lo que reduce la probabilidad de error.

Los inventarios de operaciones se basan en una resolución de colisión por *Aloha ranurado*. A diferencia de los anteriores, no se intenta utilizar la identificación por el método de árboles binarios. Los lectores manejan poblaciones de etiquetas utilizando tres actividades principales:

a) Selección: Es el proceso donde se escoge una población de etiquetas para su inventario y acceso. Un comando de selección puede aplicarse sucesivamente para elegir un grupo particular de etiquetas basado en algún criterio solicitado por el usuario. Esta operación es similar a la escogencia de archivos de una base de datos.
b) Inventario: es la operación de identificar una etiqueta. Un lector comienza una ronda transmitiendo un comando Consulta (*Query)* en una de las cuatro sesiones, una o más etiquetas pueden responder. El lector detecta solo una respuesta y solicita a la etiqueta tres códigos: de protocolo *(PC),* electrónico de producto *(EPC)* y el de redundancia cíclica *CRC-16.* El inventario incluye múltiples comandos, una ronda opera en una sesión a la vez.

c) Acceso: Es el proceso de comunicarse con la etiqueta, ya sea para leer o escribir información, que debe ser identificada individualmente antes de poder realizar el proceso modificación de la data..

Los bits de *PC* proporcionan el tamaño del *EPC* almacenado en la etiqueta, así como algunos datos relacionados con el sistema de numeración y, opcionalmente, el tipo de objeto al que la etiqueta se adjunta. Entonces el lector puede enviar comandos específicos o seguir el inventario.

El uso de un número aleatorio como manejador es una característica importante del protocolo de *Gen 2.* Esto permite que el lector pueda definir un único período de sesiones con una etiqueta en especial, aun cuando no haya sido identificada, o no tiene un único *EPC (*por ejemplo, si acaba de ser recibida con factor *EPC* inicializado a puros 0's). Un Lector Gen 2 puede contar etiquetas en el campo de visión incluso si todas tienen la misma *EPC.* Puede escribir sobre una sola etiqueta, incluso si aún no se le ha dado un identificador único. Por otra parte, la secuencia de intercambio válido *RN16* (número aleatorio de 16 bits) seguida por la transmisión del *EPC* hace menos probable que se detecte una etiqueta fantasma, es decir, una que no está presente.

A diferencia de la situación en la clase 0, en la norma Gen 2 se especifica la organización de la memoria de la etiqueta, que se organiza en 4 bancos, agrupados en palabras de 32-bits .El Banco 00 está reservado para las contraseñas de bloqueo y las funciones de eliminar etiquetas (*Kill code*). El Banco 01 contiene los bits de control de protocolo, código de redundancia cíclica de 16 bits (CRC-16), y un identificador único, por regla general el *EPC.* El Banco 01 contiene información sobre la etiqueta, posiblemente incluyendo un identificador único de distinto el *EPC* (un dígito que identifica la etiqueta y no el objeto al que se adjunta). Bloque 10 es para la memoria del usuario y pueden organizarse de cualquier modo. Un comando *SELECT*, que

funciona como un filtro, disponible para elegir las etiquetas que han de participar en un determinado período de sesiones de inventario. (Dobkin, Daniel M. 2005).

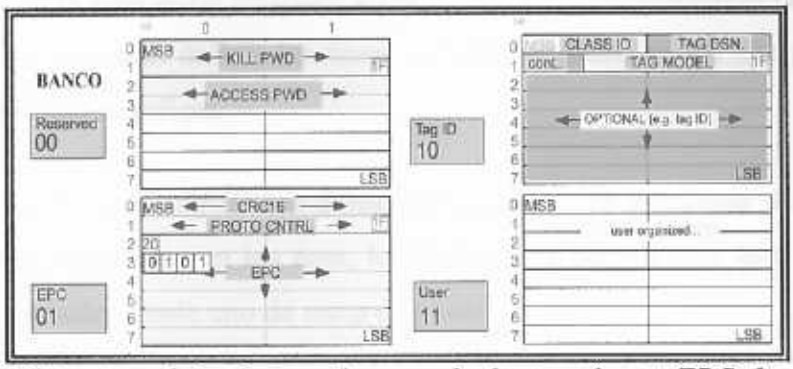


Figura 18. ***Estructura de los bancos de memoria de una etiqueta EPC clase 1, GEN 2.***
Fuente: (Dobkin, Daniel M. 2005).

II.4.2.- ISO (*Internacional Organization for Standarization)*

Los estándares clave que afectan la tecnología *RFID* específicamente en la aplicación de la identificación del equipaje son los siguientes: *ISO* 15961, 15962 y 15963 aplican la identificación automática y técnica de captura de datos para el manejo de objetos, incluyendo parámetros como protocolos, interfaz de aplicación, reglas de codificación de la data, funciones de memoria lógica y una identificación única para los *tag* de *RF*.

La serie 18000 de *ISO* contiene muchos estándares que se enfocan en *RFID* para el seguimiento de objetos. La *ISO* 18000 desde la parte uno hasta la seis incluye los parámetros para la interfaz de aire para comunicaciones en las frecuencias mundialmente aceptadas como lo son 135kHz, 13.56Mhz, y en la banda *UHF* las frecuencias 2.45GHz, 5.8GHz. La *ISO* 18046 se enfoca en los métodos de prueba de rendimiento para los lectores y *tags* mientras que el 18047 cubre los métodos de prueba de conformidad de los dispositivos *RFID*. Este estándar es similar al *EPCglobal* . (Bhuptani, M. & Moradpour, S. Feb 18, 2005).

II.5.- Seguridad en un Sistema *RFID*

Dado que la aplicación pretende identificar y dar seguimiento al equipaje en el aeropuerto, es necesario definir las áreas de vulnerabilidad en los componentes en cuanto a seguridad se refiere.

En un sistema de *RFID* los datos son susceptibles a accesos no autorizados mientras están contenidos en los *tags*, los lectores, el computador *host* o cuando se inicia la transmisión desde uno de estos dispositivos a otro.

A continuación, se clasifican las zonas de posible debilidad en cuatro categorías:

- Vulnerabilidad en el acceso a los datos en los *tags*: usualmente un *tag* posee un circuito integrado el cual es esencialmente un dispositivo con memoria, por lo tanto los datos contenidos en ella se pueden intervenir como los de una computadora cualquiera. En el caso de los *tag* que tiene la capacidad de escribir en su memoria, estos pueden ser modificados y hasta borrados por un usuario no autorizado.

- Vulnerabilidad en las comunicaciones: Cuando un *tag* transmite datos, o un lector lo interroga, la información viaja a través del aire mediante ondas de radio. Durante este intercambio, los datos son vulnerables. Algunas de las formas en las que se puede explotar esta debilidad son las siguientes:

  - ✓ Un lector no autorizado intercepta los datos, mientras es transmitida por alguno de los dispositivos.
  - ✓ Interrupción de la transmisión: Un usuario no autorizado puede utilizar algún método para obstruir o evitar la comunicación entre los dispositivos, una forma común hoy en día es creando una interferencia electromagnética

sobrecargando el lector con respuestas falsas de *tags* que no puede diferenciar si son o no autorizados. Este método es conocido como un ataque de denegación de servicio.

- ✓ Un *tag* impostor: Un *tag* no autorizado podría enviar datos errados al lector provocando que el sistema, procese y actué en función de esa información.

- Vulnerabilidad de los datos dentro del lector: Debido a que usualmente un lector guarda la información enviada por los *tag* para realizar algún proceso o simplemente para enviarla en otro momento, estos datos son vulnerables a ataque, es por ello que la mayoría de los lectores ofrecen las mínimas interfaces de comunicaciones que le permiten resguardarse de ataque en la red.

- Vulnerabilidad del computador *host*: Es probable que éste pertenezca a una red o esté conectada a la Internet, es por ello que como todas las computadoras en red, sea susceptible a ataques por lo cual es necesaria la existencia de algunos parámetros de seguridad para la red, que resguarden los datos y las aplicaciones del sistema.

Luego de describir las áreas vulnerables es necesario comentar cuáles son las soluciones que se esperan poder aplicar para solventar estas debilidades, ya que en la aplicación en terminales aéreos es necesario asegurar la integridad de los datos para presentar un sistema confiable y de buenas prestaciones.

Algunas estrategias para aumentar la seguridad son: Utilizar *tags* de sólo lectura, limitar el rango de lectura, un *apantallado* de las antenas, usar el comando *Kill,* emplear autenticación y encriptación, hacer bloqueo selectivo, entre otras medidas de seguridad según el diseño.

II.6.- Uso de *RFID* en los Aeropuertos

Los aeropuertos y aerolíneas han estado experimentando con el etiquetado de maletas *RFID* desde hace más de 15 años, la primera prueba fue realizada por la aerolínea LUFTHANSA en 1991. Pero siempre existió un retraso significativo debido a la aplicación de soluciones incompatibles que no estaban ni siquiera en la misma frecuencia. Sin embargo, esto cambio en 2005 cuando la Asociación Internacional de Transporte Aéreo (*IATA*), que representa a toda la industria aérea a nivel mundial.

En los últimos años la identificación por radiofrecuencia ha ido incrementando su aplicación en los aeropuertos del mundo, aumentando la seguridad y la prevención del extravío de maletas. Inicialmente el Internacional McCarran de las Vegas, Nevada en USA fue el pionero en la utilización de la tecnología de *RFID* para el control de equipaje, pero hoy en día existen más de 50 casos de aeropuertos y aerolíneas que están implementando o realizando pruebas para la actualización de sus sistemas de control y manejo de tripulación mediante *RFID*, podemos nombrar el de Seattle y San Francisco en Estados Unidos, Heathrow en el Reino Unido, Vantaa en Helsinki Finlandia, la corporación de Coreana de aeropuertos (Incheon, Gimpo y Haneda), Narita en Tokio Japón entre otros.

Una aplicación reciente se encuentra en el Internacional de Hong Kong en China. En el cual según Ma, Henry (2008) (*Airport Authority Hong Kong's General Manager of Terminal Business*) "Se estableció un sistema dual (etiquetas con códigos de barras y tags *RFID*) en todos los *counters* de los terminales 1 y 2, los cuales manejan alrededor de 110.000 piezas de equipaje entre salidas, llegadas y conexiones cada día, para mejorar la eficiencia del servicio y los procesos en cuanto al manejo de equipaje, siendo este uno de los más sofisticados de la industria". Y la de la Corporación de Aeropuertos de Corea que "Mediante el uso de tecnología *RFID*, pretende mejorar la eficiencia de su logística y reducir el número de equipajes

perdidos o dañados. El proyecto de implementación cuenta con un presupuesto de 3,3 millones de dólares, convirtiéndose en el mayor proyecto *RFID* del año 2007 que cuenta con el soporte del gobierno de Corea del Sur.

La primera razón para utilizar este tipo de identificación para las valijas ha sido disminuir el problema del mal manejo del equipaje, pero el principal motivo del extravío no puede ser resuelto completamente con la tecnología *RFID*. El 2% de las maletas tienen retaso o son perdidas completamente, *RFID* puede ayudar a solventar el 20% de ese problema, mejorando las lecturas que se obtenían con el código de barras. Un desglose de los porcentajes se muestra en la siguiente figura, presentado en la conferencia de *RFID IDTechEx Smart Labels USA* por Andrew Price representante de la *IATA* en el 2007.

Figura 19. ***¿Cuál es el problema que se resuelve?***
Fuente: IATA, 2007. Traducción y Diseño: Varela, María.

Por lo tanto, el etiquetado de maletas con esta tecnología podría verse como difícil de vender, no obstante se puede generar un potencial ahorro, mediante la reducción de los costos de manejo del equipaje que la hacen una tecnología a tomar en cuenta. Por ejemplo, en el Internacional de Hong Kong, el costo promedio del manejo de valijas se redujo de 7 a 4 dólares por maleta (*IATA*, 2007).

En el 2005 la *IATA* especificó una frecuencia por primera vez, abriendo la puerta para la estandarización del etiquetamiento de maletas con *RFID* a nivel

mundial. Por votación unánime se escogió la banda *UHF* (referida en el *RP17405* de la *IATA*) y se rechazó la *HF*. La *IATA* respalda la utilización de esta banda porque puede usarse a nivel mundial y permitiría la interoperabilidad de los sistemas, pero esto solo si Europa y Asia del Este suavizan sus regulaciones para esta banda específica. Y sugiere la utilización del estándar *EPC GEN 2* para aplicaciones de manejo de maletas. Los elementos de datos están definidos pero las aerolíneas pueden escoger entre 96 bits hasta 2 Kbits de información.

La *IATA* predice que la manipulación de equipaje basadas en tecnología *RFID* de todo el mundo podría resultar en un ahorro para la industria de 760 millones de dólares anuales en los EE.UU. También ha tomado un rol de liderazgo en cuanto a generar métodos para simplificar el manejo del valijas con el uso de esta tecnología:

- Mejorará considerablemente el servicio al cliente en términos de reducción de maletas mal manejadas y los nuevos requerimientos de seguridad.
- Incrementará la velocidad de los sistemas de manejo de equipaje.
- Reducirá los errores de lectura, ya que la tecnología *RFID* no requiere contacto o línea de vista.
- Bajará los costos de mantenimiento.
- Permitirá la identificación de maletas en un contenedor, lo que no es posible con los métodos ópticos actualmente utilizados.
- Para los pasajeros, representará una reducción en el número de maletas perdidas, lo que se traduce en una mejor experiencia de viaje.

En un esfuerzo por simplificar el negocio, la *IATA* está liderizando una iniciativa para introducir la identificación por radio frecuencia en la industria del manejo del equipaje conduciendo un proyecto piloto con algunas aerolíneas y aeropuertos del mundo. El objetivo del proyecto es medir y validar la

interoperabilidad de la tecnología, los procesos asociados a *RFID* y todos los costos y beneficios de la nueva tecnología incluyendo: Infraestructura, *hardware, software* y consultoría.

Actualmente, existe un incremento en la variedad de aplicaciones de *RFID* en los aeropuertos más allá del etiquetado del equipaje, entre las que podemos mencionar: reducir la pérdida de los carritos de comida, vehículos y carruchas, mejoramiento del manejo de la carga, etiquetado de las partes del avión para su inventariado y mantenimiento.

Figura 20. ***Porcentaje de inversión en los sistemas RFID, incluyendo etiquetas exclusivamente para la industria aérea civil.***
En el 2008 (gráfico a la izquierda) y proyección para 2018 (dibujo a la derecha).
Fuente: IDTechEx, 2008. Traducción y Diseño: Varela, María.

A principios de 2007, 24 aeropuertos están utilizando o probando *RFID* para el monitoreo y control inalámbrico del equipaje. Sin embargo, en Venezuela no se ha realizado ningún avance en este ámbito, aún cuando los beneficios de *RFID* para las aerolíneas y los aeropuertos incluyen la disminución de las pérdidas por concepto de extravío de equipajes, una mejor gestión de las infraestructuras, reducción de los costos operativos, mejor posición de marca y aumento de la seguridad y el control. Para los pasajeros, la *RFID* significa una disminución de las demandas de pérdidas, una mejor resolución de los problemas y el hecho más importante, es poder obtener información a tiempo y precisa.

II.7.- Efectos de la Exposición a Campos Electromagnéticos

Desde las redes inalámbricas, teléfonos celulares hasta las máquinas de afeitar eléctrica han sido objeto de críticas de los medios de comunicación acerca de los posibles peligros de la exposición. Estas historias por lo general, han exagerado la situación de riesgo, pero ciertamente cuando hay una exposición excesiva a los campos electromagnéticos *(CEM)* puede haber un riesgo para la salud. Los factores clave son la cantidad de energía, la proximidad a la fuente, la duración de la exposición, así como la frecuencia. Los dispositivos de *RFID*, al igual que los mencionados productos de consumo, se consideran seguros, en virtud de criterios de aplicación recomendados, pero los compradores deben tomar las precauciones adecuadas.

El Grupo *EPCglobal,* específicamente el Comité de Política Pública para la Ciencia y la Salud , se ha comprometido a realizar un conjunto de exhaustivos trabajos de investigación relacionados con la exposición a los *CEM* apoyados por la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Comisión Internacional de Protección contra la Radiación No Ionizante (ICNIRP), entre otros.

Con el actual conocimiento científico, la conclusión general que puede extraerse es que las exposiciones por debajo de los niveles recomendados no suponen riesgo para la salud. En cuanto a *RFID* específicamente, una auditoria profesional de *CEM* llevado a cabo en Australia realizada a diversos escenarios de aplicación de almacén demostró que, cuando estaba cerca del contacto (distancia menor a un centímetro), la exposición fue entre el 45 y el 75 por ciento del límite recomendado. A 20 centímetros de distancia, el porcentaje se reduce a un rango de 2 a 25 por ciento, entonces cae precipitadamente a valores entre el 1 y el 8 por ciento a 40 centímetros. Algunos fabricantes de lectores incluyen recomendaciones en los empaques, acerca de mantener las antenas a una distancia de al menos 22 centímetros de los empleados y público en general. Específicamente, la recomendación según el fabricante del

equipo utilizado en éste proyecto (*ALIEN Technology*), la distancia mínima para personal debe ser de 23 centímetros.

Existen cuerpos de trabajo en esta área que han sido revisados por la comunidad científica, los organismos reguladores, y otras partes interesadas. Sin embargo, es necesario que haya más estudios específicamente para la tecnología *RFID* en despliegues públicos y profesionales. Lo que nos concierne es la posibilidad de que algunas implementaciones tomen medidas para mejorar la eficacia, utilizando mayores niveles de potencia continua para lectores en estrecha proximidad, y el aumento de la densidad para mejorar el rendimiento, pero no hay suficientes datos sobre cómo estas técnicas pueden impactar en los niveles de exposición.

Muchos de los estudios existentes están relacionados a los efectos de los teléfonos móviles, que por lo general se encuentran más cercanos al usuario que los lectores *RFID,* pero tienen menos potencia. Parte de la investigación fue financiada por *MOTOROLA* y, a pesar de un evidente interés en demostrar que los teléfonos móviles son seguros, esta conclusión ha sido respetada por la comunidad científica en general. *MOTOROLA* continúa apoyando la investigación de la situación biológica y los efectos de la exposición a radiofrecuencias sobre la salud. Una vez más, lo que hace falta es más estudios específicos de escenarios con aplicación de *RFID.* (Parker, Bob. *Analyst Viewpoint: Take Appropriate RFID Precautions,* 2007)

No existen razones para estancar los proyectos de implementación de *RFID,* por cuanto los entes involucrados han tomando las medidas apropiadas. Los esfuerzos van dirigidos a investigar los riesgos preventivamente, tanto para los empleados como para los consumidores.

La Comisión Internacional para la Protección Contra la Radiación No-Ionizante *(ICNIRP* por sus siglas en inglés) ha desarrollado los límites de exposición recomendados para los trabajadores y el público en general. Estos límites también han

sido aprobados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y son la base para el desarrollo de muchos reglamentos nacionales y directrices.

Rango de frecuencia (f)	Campo Eléctrico (E) V/m	Campo Magnético (B) A/m	Densidad de Potencia (S_{eq}) W/m^2
<1Hz	—	1.63×10^5	—
1 - 8Hz	20,000	$1.63 \times 10^5 / f^2$	—
8 - 25Hz	20,000	$2 \times 10^4 / f$	—
25 - 820Hz	$500/f$	$20/f$	—
0.82 - 65KHz	610	24.4.	—
0.65 - 1MHz	610	$1.6/f$	—
1 - 10MHz	$610/f^{\frac{1}{2}}$	$1.6/f$	—
10 - 400MHz	61	0.16	10
400 - 2000Mhz	$3f^{\frac{1}{2}}$	$0.008f^{\frac{1}{2}}$	$f/40$
2 - 3006Hz	137	0.36	50

Tabla 1. ***Niveles de referencia de la exposición a campos eléctricos y magnéticos en el tiempo de uso ocupacional.***
Fuente: Recomendación EPCglobal de Límites de Exposición Humana a Campos Electromagnéticos (CEM). Enero 2007.

Se han planteado situaciones acerca de si los *CEM* generados por las líneas de energía, teléfonos móviles y otros dispositivos inalámbricos, tales como redes de área local *(WLAN's)* y lectores de *RFID* pudieran ser perjudiciales. La conclusión principal de la Organización Mundial de la Salud (OMS), a partir de los resultados de algunos estudios basados en la ciencia, llevados a cabo hasta la fecha, demuestran que la exposición a *CEM* por debajo de los límites recomendados en las directrices adoptadas internacionalmente, no se han demostrado conocidos efectos negativos para la salud. (Fuente*: EPCglobal Recommended Occupational Use Best Practices for Complying with Limits on Human Exposure to Electromagnetic Fields (EMF)).*

Capítulo III. Metodología y Desarrollo

Para llevar a cabo el diseño de un sistema de Identificación por Radiofrecuencia para el control inalámbrico de equipaje en terminales aéreos, fue necesario realizar distintas actividades, tales como: investigación y documentación sobre la tecnología *RFID,* visitas a las instalaciones del aeropuerto Internacional de Maiquetía, elección y compra del *hardware*, elaboración del esquema general de transmisión, prueba de los equipos en laboratorio así como en el campo, documentar los resultados obtenidos y plantear el diseño final.

En este Capítulo se explican los procedimientos realizados en cada actividad, y los aspectos técnicos que fueron considerados para su realización.

III.1.- Investigación y Documentación

En la fase inicial del presente Trabajo Especial de Grado se realizó un estudio de la tecnología de Identificación por Radiofrecuencia, desde sus antecedentes hasta algunas aplicaciones recientes en aeropuertos, pasando por los elementos que lo conforman y las características de los mismos. De igual forma se platea una comparación con otros sistemas de auto identificación, evaluando los parámetros que mejor se ajustaran a la aplicación específica del seguimiento de equipaje.

Igualmente, se realizó una investigación de los principales protocolos involucrados, la seguridad en aeropuertos y el desarrollo actual de ésta tecnología a nivel mundial para el seguimiento de equipaje. Parte de esta investigación se encuentra reflejada en el Capítulo II de este Trabajo Especial de Grado.

III.2.- Visitas y observaciones del Aeropuerto.

En las visitas realizadas se observaron las operaciones y procedimientos involucrados en el traslado del equipaje en el Terminal Simón Bolívar de Maiquetía, tomando como modelo la aerolínea *American Airlines (AA).* A continuación, se

describe de manera específica, todo el recorrido, desde que el equipaje es colocado en la balanza del mostrador, hasta que es ingresado en el avión. Así como, el proceso inverso, desembarque del avión hasta su entrega a los pasajeros en el espacio destinado para ello.

Al llegar al aeropuerto los pasajeros se dirigen a lo mostradores de *AA* donde en primera instancia el personal se encarga de verificar el itinerario o su programa de vuelo y se aseguran que tenga una reservación con *"SABRE"* (*Sabre Travel Network NYSE: TSG*, quien es el proveedor de sistemas globales de distribución y reservaciones en el sector de viajes).

En el área de *counter* el pasajero entrega el pasaporte y el *ticket* electrónico a los agentes de *AA* para verificar y registrar los datos en el *software "SABRE Travel Network"* instalado en las computadoras de cada uno de los cubículos. Luego se procede a pesar su equipaje en una balanza localizada al lado de cada cubículo.

Se pudo constatar que la etiqueta de identificación o *bag tag* que va adherida posee varios elementos, destacándose: destino y/o escalas, número de vuelo, nombre de la persona que atiende al viajero en recepción, número aleatorio asignado, fecha del viaje y nombre del pasajero. Dicha etiqueta consta de un código de barras. Es muy importante señalar, que el mismo no es leído por ningún tipo de dispositivo a lo largo del recorrido.

Luego de verificar y adherir las etiquetas a las maletas, el pasajero recibe un *ticket* de color verde con todos los datos correspondientes a su valija, para poder retirarlos en su lugar de destino.

Las maletas son trasladadas por personal de una compañía contratada por *AA* llamada *Airline Ground* Service, *C.A. (AGS)*. El personal traslada manualmente el equipaje desde la balanza hasta la parte posterior de la zona de recepción, donde son colocadas en una banda transportadora (Figura 22), que las llevará a través de un túnel de correas mecánicas al aérea de carruseles. (Dittmar, 2008).

Figura 21. ***Etiqueta de equipaje o bag tag adherido a la maleta.*** *Figura 22.* ***Banda transportadora de AA.*** *Figura 23.* ***La zona de carrusel y Bandas trasportadoras.***

La zona de carrusel está ubicada en el nivel de la pista. Ésta es la zona en donde llegan las maletas de las diferentes líneas aéreas a través de dos bandas transportadoras, las cuales lo depositan en un carrusel giratorio. El proceso se inicia en el piso del *counter* y termina en el nivel de la pista.

Por una banda particular se traslada el equipaje de los pasajeros de *AA* hasta el carrusel. En la figura 23 se puede observar una flecha de color blanco que indica el recorrido de las maletas de *AA,* y una flecha de color negro indicando el recorrido de las demás aerolíneas.

American Airlines tiene establecido un espacio de aproximadamente 50 metros cuadrados, al lado de su banda trasportadora, en este espacio las maletas son tomadas del carrusel mecánico y colocadas en contenedores de aluminio con ruedas, protegido con cortinas de plástico, llamados "*carruchas*" , un ejemplo de estas puede observarse en la figura 24 detrás de las supervisoras de *AA.* Su capacidad varía entre 30 y 40 maletas.

El personal de *AGS* es el encargado de sacar una a una las maletas del carrusel y colocarlas manualmente en las carruchas. El personal de *AA* se encarga de llenar un formulario, donde realizan anotaciones a objeto de llevar un control del orden de las maletas que se encuentran en cada una de las *carruchas,* según la información que provee la etiqueta del equipaje. Esta verificación se realiza manualmente, retirando

una pestaña adhesiva del *bag tag* y colocándola en el formulario. Adicionalmente, se anota el destino o si tiene conexión, según esa información se agrupan en una carrucha determinada.

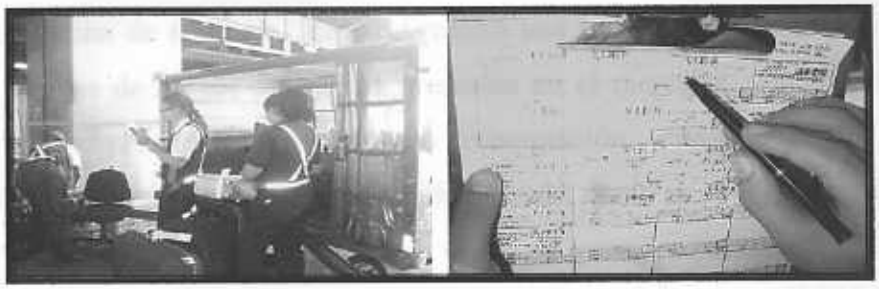


Figura 24. ***Supervisor de AA vaciando información de equipaje en el formulario.***

Cuando el personal coloca el equipaje para un vuelo y completa el llenado de un máximo de 4 carruchas, éstas son enganchadas entre sí y desplazadas hasta la zona de carga, es tomado de cada una de las carruchas y trasladado hasta la plataforma de elevación de carga, para su ubicación dentro del avión.

Cabe destacar, que el método que utilizan las aerolíneas para identificar las maletas en las bandas transportadoras es a través de radios. El personal que se encuentra en el área del *counter* describe las características básicas (color y tamaño) de la primera y última maleta que conforma el lote de un vuelo determinado, al personal que se encuentra en el área del carrusel. En algunas ocasiones la identificación del equipaje se realiza colocando en las maletas las palabras "inicio" o "fin" en una hoja de papel blanco.

El procedimiento de desembarque al arribar un vuelo es muy similar, las maletas son descargadas manualmente del avión por el personal de *AGS,* con la ayuda de la plataforma de elevación de carga, para luego ser colocadas en las *carruchas* y ser trasladadas por el remolque hasta las bandas transportadoras de distribución de las maletas. Desde este punto, el equipaje es llevado hasta los carruseles donde los pasajeros podrán retirarlo.

III.3.- Estudio, elección y compra del Hardware

En esta etapa se estudiaron cada uno de los dispositivos que componen el sistema, buscando los que mejor se ajusten a los requerimientos de la aplicación para la identificación de equipaje, luego se realizó una investigación detallada de cuáles son las marcas de mayor aplicación presentes en el mercado, y en función de sus características principales realizar una comparación, tomando como referencia algunos casos de estudio de aeropuertos del mundo, como es el caso del Internacional de Las Vegas, Nevada o el de Beijing, China. Y preseleccionando a los siguientes fabricantes: *INTERMEC, ALIEN TECHNOLOGY, CAEN RFID* e *IMPINJ.*

Esta investigación fue resumida en un cuadro comparativo con las diferentes características y prestaciones de las marcas seleccionadas para el estudio. Para observar las especificaciones de los lectores, se encuentran en el Apéndice B.

Fabricante	ALIEN	Impinj	Intermec	CAENRFID
Nombre	***9900***	***Speedway UHF reader***	***IF5***	***A928 UHF long range reader***
Procesador y Memorias	*XScale processor, 64 Mbytes RAM, 64 MBytes Flash*	*Intel IXP420 (266 mHz) 64 mb sDRam / 64 mb Flash Serial: Rs-232*	*32 Mbytes of SDRAM, 16 Mbytes Flash*	No disponible
Protocolos de *Tags*	*EPC Gen 2; ISO 18000-6c*	*EPCglobal UHF Class 1 Gen 2 / ISO 18000-6C*	*Intellitag G1 ISO 18000-6b (Philips i-code HSL) Philips Version 1.19 EPCglobal UHF Gen 2*	*ISO 18000-6B Philips UCODE EPC 1.19 EPC C1G2*

Protocolos de los Lectores	*ALIEN Reader Protocol, SNMP, firmware upgradeable*	*EPCglobal low level Reader Protocol (llRP)*	*ANSI INCITS 256:2001 Intermec Basic Reader Interface*	No disponible
Protocolos de las *LAN*	*DHCP, TCP/IP, NTP*	*DHCP, LLA, NTP, HTTP, telnet, SSH, SNMP, mDNS, DNS-SD*	*HTTP/HTTPS Web Server, TFTP , DHCP, DNS, SNTP Client, 802.1x*	*Multi Protocol, ETSI EN 300*
Sistema Operativo	*Linux*	*Linux*	*Linux version 2.4.23*	*Linux*
Frecuencia	902.75 MHz – 927.25 MHz	865 MHz - 956 MHz	869MHz, 915MHz.	869.525MHz
Power	*Tri-voltage AC/DC power converter; 45 Watts*	No disponible	*Power supply is internal and included. Duty Cycle: 100%*	*110V/220V 50Hz/60Hz*
Temp. de operación	-20°C a 50°C	-20°C a 55°C	-25°C a 55°C	-20 °C a 70°C
Dimen-siones	20.3cm x 17.8cm x 4.1cm	22.7 cm x 32.4 cm x 5.7 cm	35.6 cm x 23.1cm.x 9.53 cm	29,5cm x 9,2cm x 16,5 cm
Peso	1.5kg	2.7kg	2.5kg	2,22kg
Puertos de comunica-ciones	*RS-232 (DB-9 F), LAN TCPI/IP (RJ-45)*	*10/100 Base T ETHERNET RS-232*	*ETHERNET 10/100BaseT o 802.11g*	*RS232 RS485 Half duplex USB 2.0 ETHERNET 10/100BASE-T*
Antenas	4 puertos; *monostatic* polarización lineal o circular, *TNC*	4 puertos de antenas *monostatic* con conectores *TNC*	*4- Reverse SMA, -20dB software controlled*	*4 puertos TNC*
WWW	www.ALIENtechnology.com	www.impinj.com/rfid	www.intermec.com	www.caen.it/rfid
Precio Lector	**$1.715.22**	**$2,500.00**	**$3414.00**	No disponible
Precio Kit	**$2,262.00**	**$3,250.00**	**$5,359.20**	**$3,200.00**

Tabla 2. ***Cuadro Comparativo de fabricantes de equipos RFID.***

Los lectores son un factor determinante en cuanto al costo de implementación y de los protocolos a utilizar, ya que son los dispositivos más costosos, pero lo importante es que esta es una inversión que se realizaría sólo una vez. En el caso del diseño presentado sería una inversión importante pero que se justifica con los beneficios en cuanto a manejo del equipaje y a los aportes tecnológicos que otorgaría al Terminal Simón Bolívar de Maiquetía.

Sin embargo, el lector no es el único componente importante del sistema, los *tags* son también un elemento fundamental, de los cuales existen una gran variedad de ejemplares, que cubren necesidades para las distintas aplicaciones. Entre sus características, solo dos son universales, todos se comunican utilizando radiofrecuencia y se pueden adherir al objeto al cual identifican (en este caso al equipaje). También logran ofrecer otras capacidades, de las cuales solo algunas se ajustan a los requerimientos de nuestra aplicación en un aeropuerto, a continuación desarrollaremos cada una:

Existen *tag* pasivos y activos, diferenciándose por tener una fuente de poder propia en el caso de los activos, lo que aumenta considerablemente su rango de lectura y vida útil, pero esta propiedad los hace más costosos. Sin embargo, los pasivos obtienen la energía para comunicarse, al momento de estar en presencia de un lector. En vista que no necesitamos grandes rangos de lectura, ni una vida útil mayor de lo que podría durar un viaje internacional, no necesitamos considerar el valor agregado de los *tags* activos para esta aplicación, ya que el pasivo cumple con los requerimientos necesarios y a un menor costo.

Los *tags* pueden ser sólo de lectura, clase 0 para *EPCglobal,* lo que significa que se debe usar el número de identificación que se les asigna de fábrica, lo que serviría para identificar al equipaje pero sin personalizarlo. Los Clase 1, admiten ser escritos, considerándolos la mejor opción para realizar pruebas y recomendación para implementación, ya que permite adjuntar información sobre el vuelo y destino en la

etiqueta, pero no podrá ser modificado con una reescritura. Los clase dos, tienen las mismas prestaciones de la anterior, pero posee propiedades de encriptación.

Los clase 3, permiten ser escritos varias veces, lo que podría aplicarse en caso de querer utilizar el mismo *tag* para distintos vuelos, pero en este diseño se plantea que las etiquetas sean desechables. Por otro lado, ésta característica puede hacer más vulnerable la seguridad de la aplicación, ya que la información del *tag* podría ser alterada en el recorrido, por un ente ajeno al sistema, situación que no podría ocurrir en caso de que la etiqueta se pueda escribir sólo una vez.

Para el diseño planteado se requieren procedimientos de anticolisión, para facilitar la lectura de los *tags,* cuando existan una gran cantidad de ellos en un rango de lectura, lo que puede ocurrir con frecuencia.

Otra característica interesante, son los que tienen la propiedad de utilizar el comando *kill code*, que es un código que puede ser transmitido a la etiqueta para desactivarla permanentemente, permitiendo que cuando sea leído por última vez, al entregar el equipaje al pasajero, se desactive el *tag* adherido a la maleta, lo que sería de mucha ayuda porque evitaría confusiones en caso que no se eliminen los *tags* de viajes anteriores.

Los *tags* deben soportar protocolos *EPC (Electronic Product Code)* Gen 2 Clase 1, en la frecuencia de *UHF*, debido principalmente a su costo, alrededor de 22 centavos de dólar, además que el código *EPC* se ha convertido en un estándar en este tipo de aplicaciones a nivel mundial y permitirá la rápida adaptación de otras rutas, independientemente de la marca de los lectores seleccionados, siempre y cuando soporten el estándar. Se precisa contar con *tags EPC* Gen 2 debido a tres aspectos, la seguridad, poseen un código de 32 bits y permiten elegir los modos de operación, de ser leídos por un lector o por varios al mismo tiempo en un espacio limitado, además de ser uno de los estándares recomendados para las aplicaciones de seguimiento de

equipaje. Los *tags* clase 1 son de tipo pasivo los cuales permiten escritura y múltiples lecturas, además de tener características extras como capacidad para la encriptación de los datos. Se propone una aplicación dual (códigos de barras y *tags RFID*) para permitir la interacción entre sistemas y asegurando una evolución gradual hacia *RFID*. Este método dual también ofrece un respaldo de una tecnología a otra, asegurando la robustez de la solución.

Las antenas que se planean utilizar son de polarización circular, las cuales presentan mejores prestaciones para aplicaciones en instalaciones cubiertas *(indoor)* y por su bajo costo permiten su implementación en áreas de gran tamaño. Ofrece una cobertura constante dentro de un rango no superior a los 4 metros lo que se ajusta perfectamente a nuestro desarrollo para el control y seguimiento de equipaje en el terminal aéreo.

En cuanto a la frecuencia, en el proceso de investigación se pudo conocer que el ente que regula los estándares para comunicaciones en los terminales aéreos, la *IATA (International Air Transport Association)*, recomienda utilizar *UHF* para aplicaciones de *RFID,* por lo que se realizó un análisis del espectro radio eléctrico específicamente en esa banda en el aeropuerto.

III.4.- Pruebas de Laboratorio

Para esta actividad se utilizó un *kit* de desarrollo conformado principalmente por un lector *ALIEN ALR-9900* de *RFID* diseñado para leer cualquier etiqueta clase 1 Generación 2 de *EPC*.

El *Kit RFID* incluye los siguientes componentes y accesorios: dos antenas de polarización circular con 6 metros de cable coaxial, etiquetas *UHF* clase 1 EPC, fuente de alimentación, cable *RS-232* (lector a *PC*), cable cruzado *ETHERNET, CD-ROM* que contiene el *software* de demostración *ALIEN GATEWAY* y documentación.

Figura 25. ***Kit de Desarrollo ALIEN ALR-9900***
Fuente: ALIEN Technoloy, 2008

El lector *ALIEN* utilizado en las pruebas tiene una certificación de *TUV Rheinland of North America, Inc*, conocida por proporcionar servicios integrales de certificación para los mercados mundiales, es reconocida por la Administración de Salud y Seguridad ocupacional de los EEUU. Las especificaciones de los principales componentes del sistema *RFID* son los siguientes:

Nombre	Lector *RFID ALIEN* Multi-Puerto
Número de Modelo	*ALR 9900*
Arquitectura	Lector: Punto a Multipunto
Frecuencia de Operación	902.75 MHz – 927.25 MHz
Transmisor RF	< 30 dBm a 6 m
Modulación	*Phase Reversal – Amplitude Shift Keying (PR-ASK)*
Interfaces de comunicación	RS-232 (DB-9 F), TCPI/IP (RJ-45)
Entradas y Salidas	4 conectores coaxiales *TNC* para las antenas, 4 *inputs/ 8 outputs*, puerto *RS-232*, puerto *LAN TCP/IP* y conector de alimentación
Software Soportado	*ALIEN GATEWAY*
Protocolo Soportado	*EPC Class 1 Gen* 2 y 18000 – 6C
Leds Indicadores	*Power, Link, Active, Ant0-3, CPU, Read, Sniff, Fault*
Método de Codificación	*Phase Reversal Amplitude Shift Keying(PR-ASK)*

Tabla 3. ***Especificaciones del Lector ALIEN.***
Fuente: ALIEN Technology, 2008

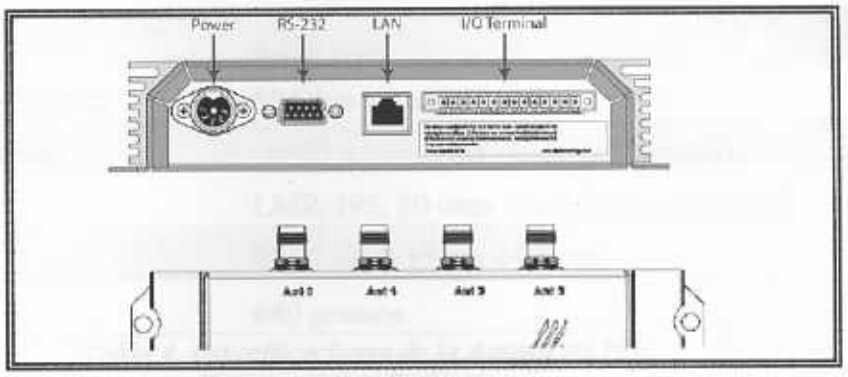


Figura 26. ***Conexiones de entrada/salida y para las antenas.***
Fuente: ALIEN Technology.com

Las antenas utilizadas con el lector descrito anteriormente, fueron del modelo *ALR-9611-CR* que utiliza polarización circular para distribuir la energía uniformemente en un patrón de radiación simétrico, permitiendo la lectura de etiquetas *RFID* independientemente de la orientación dispuesta en el equipaje. La polarización viene definida por la trayectoria que describe el vector de campo electromagnético, según el sentido de propagación de la onda, con esta polarización el vector de campo eléctrico describe una trayectoria circular.

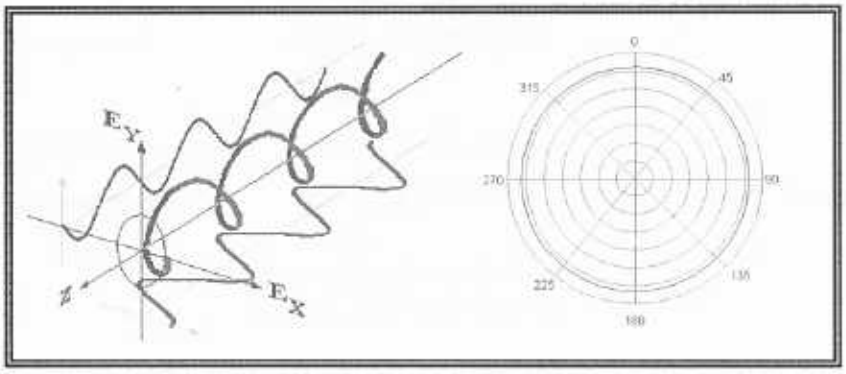


Figura 27. ***Onda con Polarización Circular*** *(Izquierda).* ***Diagrama de Radiación*** *(Derecha).*

Un resumen de las características de las antenas son reflejadas en el cuadro a continuación:

Modelo	Antena ALR-9611-CR
Rango de Frecuencias	890 – 930 MHz

Ganancia	6 dBi máx.
Impedancia de Entrada	50 Ohm nominal
Perdida de Retorno	-15dB a través del rango de frecuencia
Cable	LMR-195, 50 ohm coaxial, conector TNC.
Tamaño	29.97 cm x 19 cm x4,3 cm.
Peso	680 gramos.

Tabla 4. ***Especificaciones de la Antena ALIEN.***
Fuente: ALIEN Technology.

El lector *ALIEN ALR-9900* de *RFID* diseñado para leer cualquier etiqueta clase 1 Generación 2 de *EPC*. Estas son pasivas, lo que significa que no cuentan con una batería, como se mencionó en el Capítulo II, son alimentadas exclusivamente por la energía transmitida por el lector *RFID* y se comunican por medio de un proceso de *retrodispersión*. Las especificaciones de los *tags* empleadas para las pruebas son las siguientes:

Dimensiones de *Tag*	94.8 x 8.15mm
Tipo de *Tag*	EPC clase 1, Gen2.
Capacidad de memoria	96 bit, programable
Kill Code	32 bit
Ciclos de Programación	10,000 de escritura.
Frecuencia de operación	860–960 MHz (US, Europe, Asia, & Japan)
Vida útil	2 años.

Tabla 5. ***Especificaciones de Tags ALIEN.***
Fuente: ALIEN Technology

Al contar con el equipo y el *software ALIEN GATEWAY* instalado en un computador (Apéndice C), se puede conectar el lector a través de *RS-232*, o mediante el puerto *ETHERNET*.

El esquema general de transmisión del sistema se muestra en la siguiente figura:

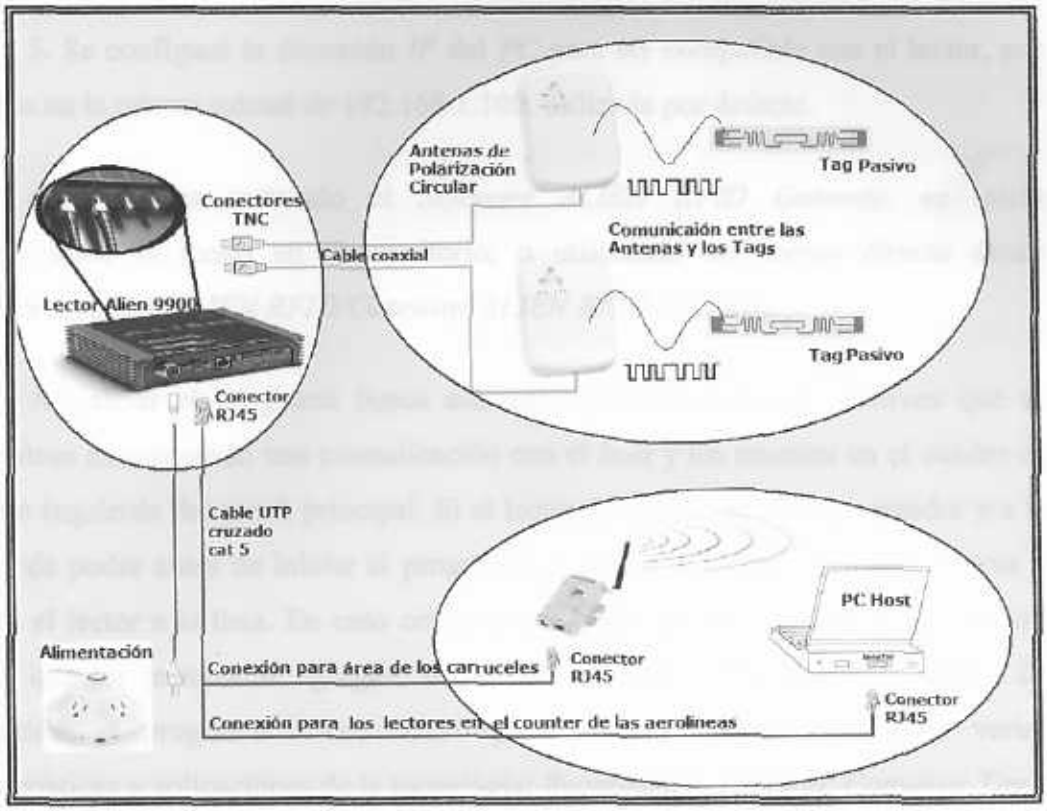


Figura 28. ***Esquema de Transmisión***

El inicio de las pruebas se realizó a través de los siguientes pasos:

1. Se conectó el cable cruzado*t* entre el lector y la *PC*. El lector viene pre-configurado para buscar un servidor *DHCP* para los parámetros de la red. A falta de un servidor *DHCP* o en caso de desactivarlo, el lector utiliza los siguientes valores por defecto: Dirección *IP*: 192.168.1.100; Máscara de sub-red: 255.255.255.0; *Gateway:* 192.168.1.1

2. Se hizo la conexión de los dos cables coaxiales de las antenas a los puertos del lector. La unidad puede ser operada con una hasta cuatro antenas. Posteriormente

vinculamos la fuente de alimentación del lector en la toma de corriente. Una vez que el lector arranca y se ve el "*Boot> Listo!*".

3. Se configuró la dirección *IP* del *PC* para ser compatible con el lector, por ejemplo en la misma subred de 192.168.1.100, utilizada por defecto.

4. Una vez instalado el *Software ALIEN RFID Gateway*, se inicia seleccionando el icono en el escritorio, o utilizando un acceso directo desde *inicio/programas/ALIEN RFID/Gateway/ ALIEN RFID Gateway.*

Al iniciar el programa busca automáticamente los lectores activos que se encuentran manteniendo una comunicación con el *host* y los muestra en el cuadro de la parte izquierda del menú principal. Si el lector fue conectado al computador y a la fuente de poder antes de iniciar el programa, el *software* automáticamente rastrea y agrega el lector a la lista. En caso contrario, se tiene que esperar algunos segundos. Luego que los lectores se agregan, se pueden seleccionar los diferentes modos de aplicación, el programa ofrece cuatro principales que permiten ilustrar varias características y aplicaciones de la tecnología: *Readometer, TagGrid, Conveyor Tag y SmartShelf.* (Apéndice D).

Mediante el modo *Readometer* se realizaron las mediciones y pruebas de las dos antenas conectadas al lector, mostrando las capacidades de interrogaciones por segundo y rangos, así como su activación y desactivación. También se variaron los valores de atenuación de *RF* para apreciar la respuesta del equipo y la eficacia de las lecturas. Al aumentar la atenuación de *RF* se disminuye el rango de cobertura, de modo que se ajustan los radios de lectura deseados. Además se probó la conexión vía puerto serial con el lector mediante el *Hyperterminal*, para lo cual se requirió de la configuración que a continuación se presentan: *Rata de Baudios: 115200; Bits de Datos: 8;Paridad: None; Bits de Parada: 1; Control de Flujo: None.*

Luego de establecer la conexión con el lector, se utilizaron líneas de comando para la configuración de las características del lector, como la dirección *IP* para futuras conexiones vía *TCP/IP, MAC*, puerta de enlace y máscara de red.

Seguidamente, se ejecutó el programa *ALIEN GATEWAY* en el modo *Tag Grid* para realizar pruebas de lectura de las etiquetas mediante las dos antenas, colocadas a diferentes distancias formando un portal que simula la ubicación en el carrusel del aeropuerto.

Cuando una etiqueta o un objeto etiquetado entra al rango del portal, la identificación es presentada en el centro de la pantalla del computador, y a la derecha de la ID del *tag* aparece con una barra vertical de color, que determina la potencia de la lectura. Si es verde (figura 29) indica que la etiqueta se lee correctamente; amarillo significa que se encuentra en el límite del rango y al moverla un poco alejándola del lector ocasionaría un color rojo, cuando la etiqueta ya no esté en el rango. Las imágenes que son mostradas en pantalla pueden ser modificadas con grupos diferentes, el modo que permite estas aplicaciones se denomina *Image Wizard.*

Figura 29. ***Lectura de una etiqueta con el modo Tag Grid***

Mientras las etiquetas son leídas, sus datos van apareciendo en la pantalla. Estos datos incluyen: nombre del *tag*, identificación, imagen asociada y tiempo de persistencia restante desde la última lectura. También puede leer múltiples etiquetas y presentar la *ID* e imagen asociada de cada una, como se aprecia en la figura 30 donde se leyeron cuatro y cien etiquetas respectivamente.

Figura 30. ***Lectura de múltiples etiquetas con el modo Tag Grid.***

Las pruebas que se realizaron con las antenas, se orientaron principalmente en verificar sus parámetros principales. El procedimiento para las pruebas fue el siguiente:

1. Se preparó el lector con los valores por defecto, al igual que las antenas.
2. Se varió la atenuación utilizando el comando: *Set RF Atenuation*. Los valores posibles de la potencia máxima va desde 166 a 316, donde cada 10 unidades equivalen a un dB.
3. Se empezó la lectura de una etiqueta de frente a las antenas, a una distancia de 30 cm de las antena y alejándola hasta que el lector dejaba de percibir el *tag*.
4. Se inició nuevamente a una distancia de 30cm, pero ahora variando la posición del *tag* en un círculo, empezando en 0 grados, paralelo a la antena y terminando en 360 grados. Se repitió el procedimiento para distancias de 1, 2 y 3 metros. Esta prueba se realizó para determinar el área de cobertura de las antenas en sus alrededores.

5. Para definir los límites exteriores de lectura, los valores de los últimos intercambios satisfactorios obtenidos se muestran a continuación:

Distancia desde el lector / Atenuación	Dos metros	Tres metros	Seis metros	Nueve metros	Once metros
0 dB	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura
3 dB	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Sin lectura
6 dB	Lectura	Lectura	Lectura	Sin lectura	Sin lectura
9 dB	Lectura	Lectura	Sin lectura	Sin lectura	Sin lectura
12 dB	Lectura	Sin lectura	Sin lectura	Sin lectura	Sin lectura

Tabla 6. ***Pruebas de lectura variando distancia y atenuación de la potencia.***

Distancia desde el lector / Grados	30 cm	1 metro	2 metros	3 metros
0	Lectura	Lectura	Lectura	Sin lectura
60	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura
90	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura
120	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura
180	Lectura	Lectura	Lectura	Sin lectura
270	Lectura	Lectura	Sin lectura	Sin lectura

Tabla 7. ***Pruebas de lectura alrededor de la antena.***

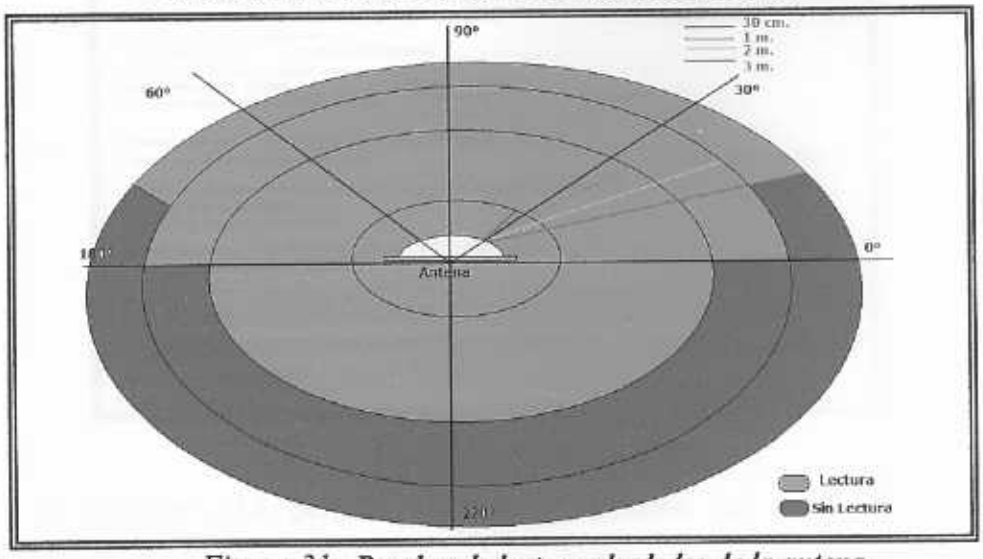


Figura 31. ***Pruebas de lectura alrededor de la antena***

En cuanto al historial de las lecturas realizadas, se puede salvar como una lista dentro de un archivo de texto, un ejemplo de la información almacenada en el *archivo.txt* se muestra a continuación:

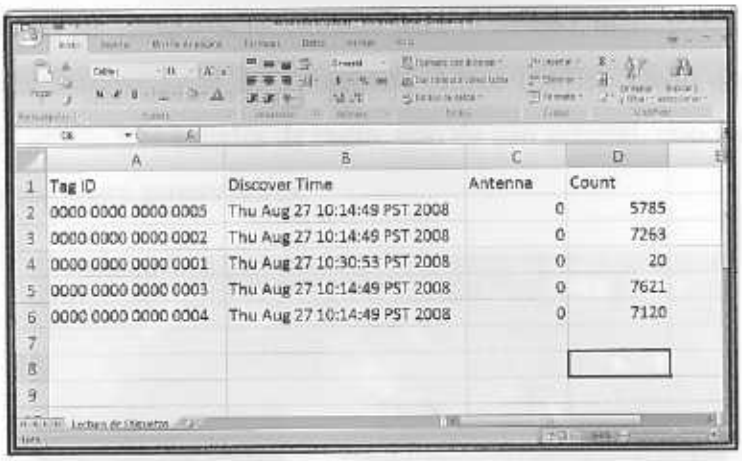
```
Tag ID,Discover Time,Antenna,Count
0000 0000 0000 0005,Thu Aug 27 10:14:49 PST 2008,0,5785
0000 0000 0000 0002,Thu Aug 27 10:14:49 PST 2008,0,7263
0000 0000 0000 0001,Thu Aug 27 10:30:53 PST 2008,0,20
0000 0000 0000 0003,Thu Aug 27 10:14:49 PST 2008,0,7621
0000 0000 0000 0004,Thu Aug 27 10:14:49 PST 2008,0,7120
```

Cada línea del archivo almacena información de la lectura de una etiqueta, con su número de identificación, tiempo de descubrimiento, antena, y cuenta de lectura, todo separado por comas, conocido como archivos *CSV,* por sus iniciales en inglés de *Comma Separated Values*. Este archivo puede ser leído por un convertidor de formato como *Convert XLS* que puede ser descargado en la página web: http://ostermiller.org/utils/CSV.html y cuya ventana de operación se muestra en la figura 32.

Figura 32. ***Convert XLS***

El *Convert XLS* permite cambiar el formato del *archivo.txt,* con la información de las lecturas separadas por comas, en uno de Microsoft Office Excel

2007, como se muestra a continuación en la figura 33, donde se separa en filas y columnas respectivamente.



	A	B	C	D
1	Tag ID	Discover Time	Antenna	Count
2	0000 0000 0000 0005	Thu Aug 27 10:14:49 PST 2008	0	5785
3	0000 0000 0000 0002	Thu Aug 27 10:14:49 PST 2008	0	7263
4	0000 0000 0000 0001	Thu Aug 27 10:30:53 PST 2008	0	20
5	0000 0000 0000 0003	Thu Aug 27 10:14:49 PST 2008	0	7621
6	0000 0000 0000 0004	Thu Aug 27 10:14:49 PST 2008	0	7120
7				
8				
9				

Figura 33. ***Información de las lecturas en Microsoft Office Excel 2007.***

Lo que permite obtener una base de datos con los elementos detectados por las antenas con un límite de 6000 lecturas, y tener esta lista en *EXCEL* para guardarla en un computador cada cierto tiempo en un formato bien conocido en general.

III.5.- Pruebas de Campo

Considerando las distintas comunicaciones por radio frecuencia que se llevan a cabo en el aeropuerto, y el uso de radios por las empresas que trabajan en el área de despacho del equipaje, integrar una nueva señal implica un riesgo de interferencia que puede afectar la propuesta de uso de equipos *RFID* en esa zona.

En vista de ello, el buen funcionamiento de los equipos experimentado en el laboratorio, podría no ser igual de satisfactorio en el aeropuerto, para comprobarlo se solicitó la autorización de *American Airlines* para realizar las visitas al área de equipaje en el Terminal Simón Bolívar de Maiquetía. Ellos a su vez solicitaron los permisos necesarios, que nos identificaban como "Estudiantes", y lo que permitió el acceso al área de los carruseles con el *Kit* de *RFID* y un analizador de espectro.

Dentro de las instalaciones, se realizaron varias pruebas. La primera fue emplear el analizador de espectro para estudiar específicamente la banda *UHF* donde trabaja el lector *RFID ALIEN* seleccionado para el diseño, atendiendo a la propuesta de la Asociación Internacional de Transporte Aéreo (*IATA*). Dado que *UHF* es una banda libre, *AA* utiliza tres canales de radio, uno de uso general, uno para los aspectos de seguridad y otro para supervisores.

Figura 34. ***Estudio de la banda UHF en el Aeropuerto con el analizador de espectro.***

El analizador permitió apreciar que no existe una interferencia importante entre los dispositivos, debido a que los radios no están transmitiendo constantemente y que los equipos *RFID* trabajan en un rango amplio de frecuencias. Gracias a la colaboración de *AA* se logró estudiar los tres canales utilizados para la comunicación por radio: el canal uno de uso general, se encuentra en 920Mhz, el dos para el personal de seguridad de *AA* a 922 MHz y en 1600 MHz el tercero para supervisores. Sin embargo, el lector *RFID ALIEN* hace un *frequency hooping* de cincuenta canales de 902.75 MHz – 927.25 MHz por lo que aun con los radios operando en las frecuencias mencionadas anteriormente, se pueden hacer las lecturas de las etiquetas simultáneamente.

Figura 35. ***Pruebas en el aeropuerto con el Kit de ALIEN Technology I.***

La segunda prueba, requirió la instalación de los equipos en el área donde las maletas descienden del *counter* hacia el nivel de la pista, para esta prueba las antenas se colocaron justo en el respaldo del carrusel, que evita que las valijas se salgan cuando caen de la cinta transportadora, en la figura 35 se puede apreciar la ubicación de las antenas, separadas por un metro de distancia y frente al carrusel. Cabe destacar que las pruebas se realizaron en horario normal de trabajo, es decir, la cinta transportadora estaba operando al igual que todos los procesos de la aerolínea.

Se inició el programa *ALIEN GATEWAY* para gestionar el lector, y en una maleta se le colocó una etiqueta con una imagen asociada, para una identificación visual del dueño del equipaje, luego se colocó la maleta en el carrusel y se hicieron las mediciones con el *software TagGrid.*

En la figura 36 se puede apreciar como la maleta etiquetada se acerca a las antenas, dado al movimiento del carrusel, y es identificada por el lector, lo que es reflejado por el modo *TagGrid* en la pantalla del *laptop.* Los detalles de la lectura se presentan anteriormente en la figura 29.

Figura 36. ***Pruebas en el aeropuerto con el Kit de ALIEN Technology II.***

Un punto importante, es el hecho que no se obtuvieron registros de interferencia por parte del sistema de la cinta transportadora ni por parte del carrusel que son de metal, en otros aeropuertos se ha tenido que reemplazar todo el sistema por un material de plástico para eliminar las interferencias, sin embargo para el Terminal Simón Bolívar de Maiquetía no sería necesario, ya que se lograron realizar las lecturas correctamente con el sistema actual, incluso aumentando la atenuación de la potencia en el lector, lo que disminuye el radio de cobertura.

En otra parte de la prueba se etiquetaron diez maletas al azar que estaban siendo registradas en el *counter*, y que harían el recorrido por las correas transportadoras hasta llegar a los carruseles, y así verificar la eficacia de lectura aun cuando existieran varias al mismo tiempo. Las valijas eran de distintos materiales además de que las pruebas se hicieron en tiempo real y en condiciones de trabajo normales de la aerolínea, las maletas nunca tuvieron un trato especial al ser colocas con el resto en la correa transportadora. Sin embargo, cuando las maletas identificadas con *RFID* bajaron hacia el carrusel, (figura 37, foto de la izquierda), todas fueron detectadas por el lector.

Figura 37. ***Pruebas en el aeropuerto con el Kit de ALIEN Technology III.***

Continuando con las pruebas, se colocaron las antenas dentro de una carrucha donde estaban contenidas alrededor de 40 maletas, entre las cuales estaban ocho de prueba identificadas con *RFID*. Con esta prueba se intentó mostrar la capacidad del sistema para identificar una maleta cuando se encuentra en la carrucha, incluso se puede realzar el inventario de todas las maletas contenidas en ella. Se probaron distintas ubicaciones de las antenas para poder estudiar la mejor localización posible en función del mayor rango de lectura dentro del vehículo.

La figura 37 (foto de la derecha) muestra las pruebas realizadas con las valijas colocadas en la carrucha, donde efectivamente se ve la identificación *tags* presentes entre muchas maletas. También se realizó un equivalente a las pruebas de laboratorio para verificar los parámetros principales de las antenas. El procedimiento para las pruebas fue el siguiente:

1. Se preparó el lector por defecto, al igual que las antenas.
2. Se varió la atenuación utilizando el comando: *Set RF Atenuation.* Los valores posibles de la potencia máxima va desde 166 a 316, donde cada 10 unidades equivalen a un dB.
3. Se inició la lectura de una etiqueta de frente a las antenas, a una distancia de 50 cm de las antena y alejándola hasta que el lector ya no percibía el *tag.*
4. Para definir o comprobar los límites exteriores de lectura, los valores de las últimas lecturas satisfactorias obtenidos se muestran a continuación:

Distancia desde el lector / Atenuación	50 cm.	1 m.	2 m.	3 m.	4 m.
0 dB	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura
3 dB	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Sin lectura
6 dB	Lectura	Lectura	Lectura	Sin lectura	Sin lectura
9 dB	Lectura	Sin lectura	Sin lectura	Sin lectura	Sin lectura
12 dB	Lectura	Sin lectura	Sin lectura	Sin lectura	Sin lectura

Tabla 8. ***Pruebas de lectura variando distancia y atenuación de la potencia en aeropuerto.***

Finalmente, en el conjunto de imágenes presentadas en la figura 38 se presenta la secuencia de un video cuando se colocó un *tag* a una maleta, y luego se ubicó en la rampa con el resto del equipaje. Se puede apreciar como la imagen de identificación asociada a la maleta aparece en el *laptop*, solo en el momento en que la maleta se acerca al portal de las antenas ubicado en la parte izquierda de las imágenes.

Figura 38. ***Pruebas en el aeropuerto con el Kit de ALIEN Technology IV.***

III.6.- Diseño de Red

La tecnología de *RFID* facilita la clasificación y el *enrutamiento* del equipaje mientras recorre las instalaciones del aeropuerto, además la colocación estratégica de los lectores permite un seguimiento continuo, aun en lugares de difícil acceso y poca visibilidad, como los túneles de transporte, minimizando así el requerimiento de operaciones manuales. Mejorando también la velocidad y exactitud del proceso de embarque y desembarque.

Para el diseño se tomaron como base, tres puntos de interrogación en un aeropuerto: donde el pasajero deja su maleta y verifica su boleto, el lugar en el que se movilizan las maletas desde el carrusel hasta el avión y la correa destinada para el retiro de equipaje en el destino.

Se propone instalar una aplicación de *Software,* como el *ALIEN GATEWAY,* en las computadoras del *counter,* para gestionar la codificación de *RFID* evitando gastos en nuevas estaciones de trabajo. No se requieren impresoras adicionales para *RFID*, sólo se requiere una antena en cada módulo de recepción, que permite escribir la información del pasajero y el vuelo en el *tag,* con un formato Hexadecimal porque es de esta forma que se guarda, esto no trae inconvenientes para el personal, ya que el sistema *SABRE* trabaja con un formato de datos similar. De esta forma colocar una etiqueta *clase 1 Gen 2,* en el equipaje y los *boarding pass* asociados al mismo número *EPC* por pasajero que se registre.

Todas las computadoras del *counter* se encuentran interconectadas, se propone colocar el lector en la misma red para que sea posible gestionar la escritura de los *tags* desde estas computadoras. Un lector *ALIEN ALR 9900* gestiona un máximo de 4 antenas, por consiguiente para un *counter* formado por ocho módulos de recepción, bastaría con dos lectores para la codificación de los *tags.*

En el momento que se graba la información en el *tag* y se registra al pasajero en el vuelo, también se agrega su equipaje en el inventario, como la primera lectura del objeto etiquetado, posteriormente al colocar el equipaje en la banda transportadora a nivel del *counter,* el *tag* es detectado por un portal de dos antenas que permite identificar las maletas que atraviesan el recorrido hacia el carrusel en el área de carga, a nivel de la pista, donde el diseño varía según la escala de la aplicación, en caso de ser utilizada por una aerolínea o por todo el aeropuerto.

En caso de realizar una implementación para una aerolínea, se plantea colocar un portal de la serie *ALX-9010* de *ALIEN*, específicamente el *ALR-9812* que es un portal que contiene dos antenas y un lector. Sus características principales incluyen ser un dispositivo simple y fácil de desplegar e instalar, las conexiones de *LAN* y energía son de fácil acceso a través del panel superior, sin necesidad de abrir el chasis. Este portal tiene la facilidad de poder agregarle un semáforo llamado *ALX-9013,* gestionado mediante los puerto de *I/O* del lector, que permite indicar tres colores: rojo, amarillo y verde.

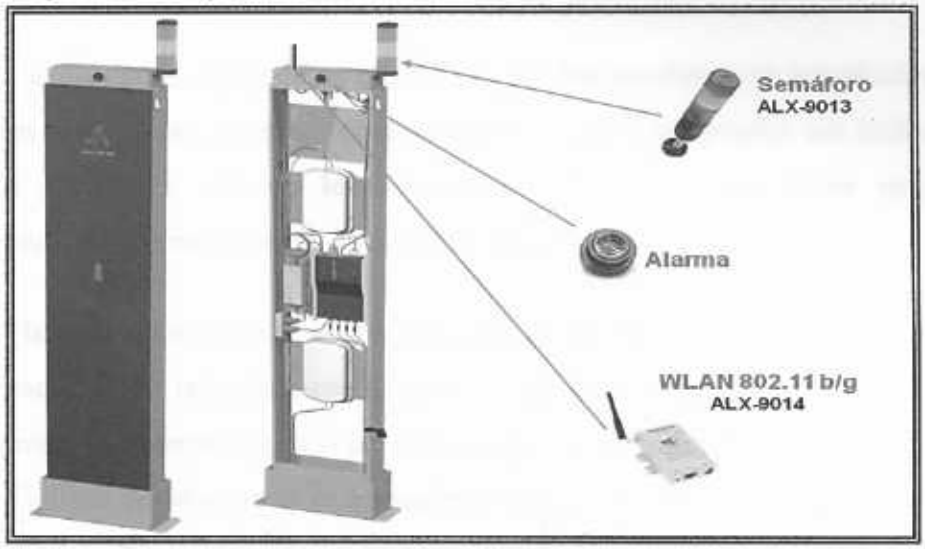


Figura 39. ***Portal ALIEN y accesorios.***

Sobre un carrusel se moviliza el equipaje de diferentes aerolíneas, exigiendo al personal encargado verificar manualmente que se tome sólo el deseado, pero si

una de las aerolíneas etiqueta con *RFID*, y coloca un portal *ALR-9812* con un semáforo *ALX-9013* que indique con el color verde cada vez que reconozca un equipaje de esta aerolínea, se facilitaría el proceso de selección. Por otro lado, actualmente para indicar la primera y última maleta del lote de un vuelo, se utiliza una hoja de papel, por lo que sería útil encender el color amarillo durante todo el tiempo que se estén enviando maletas desde el *counter*. Durante el tiempo en el cual no se esté enviando, el semáforo podría permanecer en rojo.

En caso que todas las aerolíneas implementen esta solución, no sería suficiente identificar el equipaje con tres colores. En este caso, se sugiere colocar una pantalla donde se indiquen las lecturas de la etiquetas, la imagen asociada a los *tags* será el logo de cada aerolínea, facilitando su identificación y destino. La colocación de este monitor requiere de una fuente de electricidad, por lo cual se propone colocarlo en las adyacencias de la máquina de rayos X, ya que de esta forma se asegura el suministro de energía. Este monitor esta directamente conectado con un computador que pertenece a la red donde se encuentran los lectores.

Luego que el equipaje es clasificado por las aerolíneas es introducido en las carruchas respectivas, en estos contenedores las etiquetas pueden ser leídas por el personal calificado, con un lector portátil inalámbrico, para hacer una última verificación de inventario antes de dirigirlo al avión.

Hasta este momento se ha descrito el embarque del equipaje utilizando identificación por radiofrecuencia, pero si en el aeropuerto destino existe una implementación compatible, o si las maletas que se desembarquen en el Internacional Simón Bolívar de Maiquetía se encuentran etiquetadas con las especificaciones de este diseño, el seguimiento continúa hasta el momento que el pasajero lo retire. Para ello, se requiere de otro portal en la puerta de salida de la zona del carrusel de despacho, para verificar la compatibilidad del *tag* del equipaje con el del el *boarding pass* del pasajero, cuya relación de coincidencia sería indicado por el color verde de

un semáforo *ALX-9013* conectado al portal, o de lo contrario por el color rojo e incluso el sonido de alarma integrado al portal, de manera de asegurar que cada pasajero salga únicamente con su valija, eliminando la necesidad de tener varios oficiales verificando en la salida.

Al momento de la salida del Terminal, los *tags* del *boarding pass* y maleta serán desactivados mediante el comando *KILL* en la última lectura del portal después de la verificación de compatibilidad, evitando así que se produzcan inconvenientes de identificación cuando el cliente regrese al aeropuerto para otro viaje y mantenga la etiqueta en el equipaje, dado que las mismas son desechables para nuestro diseño.

El tiempo de verificación de los pasajeros no se verá afectado al agregar el procedimiento de identificación de *RFID* a su equipaje, esto se refleja en las pruebas realizadas en el aeropuerto, donde el codificar la etiqueta le tomaría al personal 20 seg. Esto es un punto importante en el presente diseño ya que lo que se busca es optimizar los procesos de embarque y desembarque del equipaje, no retrasarlos. En las pruebas realizadas en para la codificación y colocación de los *tags* en las maletas no planteó ningún inconveniente para el personal de la aerolínea, lo que también es un punto a favor, ya que es una tecnología de fácil adaptación por parte del personal que labora en el Terminal.

La red que debe instalarse como complemento a la del aeropuerto tiene las siguientes especificaciones:

Para la conexión de los lectores en el aérea del *counter*, se cuenta con la tarjeta de red *NIC* del lector que presenta una interfaz *LAN* (*RJ-45* hembra) para su conexión con cable *UTP* categoría 5 de par trenzado *(100BASE-T), en* virtud a su precio económico y fácil instalación, dado que se considera que los datos que van transitar a través de la red no son tan pesados como para demandar un medio más costosos como fibra óptica u coaxial. Estos cables tienen un límite de 100 metros para conexiones sin atenuaciones perjudiciales para la red y alcanza anchos de banda de

hasta 10Mbps lo cual lo hace ideal para la de red que queremos usar, este estándar soporta hasta 1024 estaciones en un dominio de colisión, tomando en cuenta que estos lectores en el área del *counter* deben estar en red con las computadoras de las estaciones de recepción, que están conectadas en una red cableada y utiliza *ETHERNET* la cual es la capa física más popular, la tecnología *LAN* usada actualmente ya que permite un equilibrio entre velocidad, costo y facilidad de instalación, junto a la amplia aceptación en el mercado y la compatibilidad con las mayoría de lo protocolos de red. Nos regimos por la norma definida por el Instituto para los Ingenieros Eléctricos y Electrónicos *(IEEE)* como el *Standard 802.3* en la cual se indica equipos, protocolos e instalación para una buena operatividad.

Para la conexión de los lectores en el aérea de los carruseles, por lo poco accesible de la zona no recomendamos el uso de una red cableada, por el contrario proponemos utilizar un adaptador *Wi-Fi ALX-9014* que se conecta con la interfaz *RJ45 ETHERNET* del lector, lo que podría aumentar las prestaciones de un sistema *RFID* inalámbrico para establecer las comunicaciones con el lector.

En cuanto a la conexión de las antenas con los lectores debe establecerse con cable coaxial *LMR-195* y conectores *TNC,* utilizando un máximo de diez metros para las conexiones, para no tener pérdidas por atenuación en el recorrido.

Por último, el direccionamiento *IP* debe ser estático, asignado manualmente, a través de un encargado de la red, por facilidades administrativas, y de seguridad controlando la asignación de cada dirección a cada *host* y también para evitar que se conecten clientes no identificados.

Capítulo IV. Resultados

El sistema diseñado en el presente Trabajo Especial de Grado, consiste en el desarrollo de una solución para el control inalámbrico de equipaje en terminales aéreos mediante la tecnología *RFID*. Para el análisis de los resultados obtenidos, se prsenta el producto de cada uno de sus objetivos específicos:

- ***Recopilar información técnica sobre los sistemas de identificación por radiofrecuencia (RFID), así como de sus antecedentes y aplicaciones.***

El estudio de esta tecnología relativamente nueva pero con proyecciones de ser acogida ampliamente en el mercado, permitió conocer los factores que promueven su adopción en las distintas industrias, los cuales se resumen a continuación:

Factores Económicos:

- ✓ La reducción en los costos de las etiquetas y las mejoras en el rendimiento de los dispositivos *RFID*.
- ✓ Aumento de las prestaciones de los aparatos y diversificación de las aplicaciones

Potencial y madurez de la tecnología:

- ✓ La introducción de la *RFID* en la banda *UHF* ha generado una reducción en los costos
- ✓ La posibilidad de colocar las etiquetas *RFID* junto con el código de barras
- ✓ El desarrollo de estándares globales como el *EPC* o *ISO*, y las recomendaciones de la *IATA* han sido los principales impulsores del movimiento *RFID* en los aeropuertos.

En la industria aeronáutica:

- ✓ Aquí más de 30 millones de maletas al año son mal manejadas impactando negativamente en las aerolíneas.
- ✓ Las nuevas regulaciones de seguridad.
- ✓ Convenios donde se establece la compensación a los pasajeros por inconvenientes causados con su equipaje.
- ✓ Muchas otras industrias están adoptando esta tecnología.

Valores Agregados:

- ✓ Disminuye los costos, reduciendo la cantidad de equipaje mal manejado.
- ✓ Mejora el servicio al cliente.
- ✓ Incrementa la productividad y la eficiencia.
- ✓ Aumenta el rendimiento en el manejo del equipaje.
- ✓ Mejora la transparencia en el proceso del manejo del equipaje de las aerolíneas y los despachadores de equipaje.
- ✓ Incrementa la seguridad con una mayor supervisión del proceso.

Además de estos factores, se obtuvieron los conocimientos necesarios para llevar a cabo el TEG, así como una visión amplia de todos los elementos que deben ser tomados en cuenta en la elaboración de un diseño con tecnología *RFID*, entre los que se pueden nombrar: la frecuencia de operación, aspectos de seguridad, características de los lectores y *tags*, entre otros. Se generó una fuente de información teórica en español que puede ser tomada como base para futuras aplicaciones.

- ***Analizar el espectro radioeléctrico para la detección de redes o bandas comerciales y determinar las bandas disponibles para el uso del sistema propuesto.***

El espectro de radio en los aeropuertos no puede ser manejado al azar, dado que se realizan comunicaciones importantes por radiofrecuencia de equipos de control aéreo, por radio para el personal de seguridad, entre otros. Por lo que integrar una nueva señal envuelve una serie de interrogantes: ¿La banda de frecuencias que se desea está siendo utilizada actualmente?, el equipo *RFID* propuesto funcionó correctamente en el laboratorio pero en vista que los carruseles son de metal, ¿tendrá un desempeño satisfactorio en la zona de carga de equipaje en el aeropuerto?

Para dar respuesta a estas interrogantes, nos dirigimos al aeropuerto y se tuvo acceso a zonas restringidas. Donde se pudo realizar un estudio con un analizador de espectro de la banda *UHF,* y se pudo apreciar que no existe una interferencia significativa, ya que se hizo uso de los tres canales utilizados por las comunicaciones por radio simultáneamente con lecturas de etiquetas por el lector *ALIEN,* y ninguna de las dos se vio afectada. Los tres canales utilizados para la comunicación por radio están a 920Mhz, 922 MHz y 1600 MHz. Sin embargo, el lector *RFID ALIEN* hace un *frequency hooping* de cincuenta canales de 902.75 MHz – 927.25 MHz por lo que aun con los radios operando en las frecuencias mencionadas anteriormente, se pueden hacer las lecturas de las etiquetas efectivamente.

Sin embargo, los radios de lecturas del equipo se vieron afectados en el aeropuerto lo que fue reflejado en las tablas 6 y 8. En las pruebas de laboratorio se hicieron lecturas de etiquetas a once metros de las antenas, pero en maletas etiquetadas moviéndose sobre el carrusel y sin atenuación, el mayor radio de lectura fue de cuatro metros. Esto se atribuye a la interferencia de todo el sistema de carrusel que está constituido por láminas de metal.

- ***Definir los componentes del sistema que mejor se ajusten a los requerimientos.***

Los elementos que definen el diseño son:

- ✓ *Tags: clase 1, Gen2* de Escritura/Lectura
- ✓ Lectores: *RFID ALIEN ALR-9900*
- ✓ Antenas: *ALIEN ALR-9611-CR*
- ✓ Portales de 2 antenas y un lector *ALIEN ALR-9812*
- ✓ Frecuencia: *UHF* (902.75 MHz – 927.25 MHz)
- ✓ Protocolo: *EPC Global*
- ✓ Computadoras del *counter* con *Software RFID*
- ✓ Adaptadores ETHERNET/*Wi-Fi ALX-9014*
- ✓ Semáforos *ALX-9013*, controlados por los pines de *I/O* de los lectores

El estudio de la tecnología *RFID* señaló que el factor determinante en la compatibilidad de los sistemas implementados en los distintos aeropuertos a nivel mundial es la banda de frecuencia y el protocolo utilizado, por lo que el ente que regula los estándares para comunicaciones en los terminales aéreos, la *IATA (International Air Transport Association)*, estableció en el año 2005 a la banda *UHF* para aplicaciones de *RFID* en aeropuertos. El estándar *EPC Clase 1 Gen 2* fue escogido por las razones que se mencionan a continuación:

- ✓ El código *EPC* se ha convertido en un estándar para aplicaciones en aeropuertos a nivel mundial y permitirá la rápida adaptación con otras rutas o destinos, independientemente de la marca de los lectores seleccionados, siempre y cuando soporten el estándar.
- ✓ La seguridad, los *tags EPC Clase 1 Gen 2* poseen un código de 32 bits y permiten elegir los modos de operación, de ser leídos por un lector o por varios al mismo tiempo en un espacio limitado.

- ✓ Los *tags* clase 1 son de tipo pasivo los cuales permiten múltiples lecturas, además de tener características extras como capacidad para la encriptación de los datos.
- ✓ Los *tags* pasivos son de bajo costo, alrededor de 30 centavos de dólar en pedidos de millones de unidades.
- ✓ Permite una aplicación dual (códigos de barras y *tags RFID*), asegurando así una evolución gradual. Este método dual también ofrece un respaldo de una tecnología a otra, asegurando la robustez de la solución.
- ✓ La propiedad de utilizar el comando *kill code*, que es un código de 32 *bits* transmitido a la etiqueta para desactivarla permanentemente, lo que se debe realizar cuando el pasajero retire su equipaje, evitando confusiones en caso que un pasajero no elimine los *tags* en su valija de viajes anteriores.
- ✓ Los lectores poseen procedimientos de anticolisión, que facilitan la lectura de los *tags,* cuando existe una gran cantidad de ellos en el rango de lectura, lo que puede ocurrir con frecuencia en nuestra aplicación.

El estudio sirvió de base para escoger el hardware óptimo. Mediante dicho estudio se obtuvo conocimiento sobre gran cantidad de productos ofrecidos en el mercado, destinados al desarrollo de proyectos de usuario y aplicaciones *RFID* de distintas magnitudes. Este llevó a decidir que los componentes indicados para ser utilizados en el sistema eran los de *ALIEN TECNOLOGY,* especificamente la serie *ALX-9000.* Las factores que influyeron en esta escogencia fueron las características principales del lector, entre las que podemos mencionar: soporta el protocolo *EPC Gen 2,* está diseñado para trabajar en ambientes con mucho ruido, y tiene una sensibilidad (-80 dBm) que le permite interrogar grandes cantidades de etiquetas a altas velocidades (hasta 100 etiquetas por segundo), lo que es fundamental para nuestro desarrollo. Este lector puede filtrar para así evitar que se envíen datos

redundantes al host, posee 4 conectores para antenas lo que permite realizar una agrupación para aprovechar sus prestaciones y mejorar la aplicación.

Un elemento importante que influyó en la selección de elementos del fabricante *ALIEN Technology*, fue el hecho de que ningún otro proveedor ofrecía un *kit* de demostración, que permitiera probar las aplicaciones a un bajo costo.

Las antenas que se planea utilizar son las *ALIEN ALR-9611-CR* de polarización circular, las cuales presentan mejores prestaciones para aplicaciones en instalaciones cubiertas (*indoor*) pero por su alcance (casi 10 m bajo ciertas condiciones) permiten su implementación en áreas de gran tamaño. Ofrecen una cobertura constante dentro de un rango no superior a los 9 m lo que se ajusta perfectamente a nuestro desarrollo para el control y seguimiento de equipaje en el Terminal aéreo, dado que rangos de lectura mayores no proporcionarían precisión de área que recorrió la valija.

El adaptador *ETHERNET/Wi-Fi ALX-9014* se conecta directamente a un único dispositivo, en nuestro caso el portal, a través del puerto *ETHERNET* y, a continuación, proporciona una conexión inalámbrica con un punto de acceso según la norma 802.11 b/g o *Wi-Fi*. Este tipo de conexión ofrece un sustituto ideal para una tarjeta de red, además evita los inconvenientes de una implementación cableada en ciertas zonas de aeropuerto.

- ***Evaluar la ubicación y los recursos necesarios para la implementación de las antenas en el aeropuerto, proponiendo lugares estratégicos para la cobertura de la red.***

Los puntos de control del sistema son:

- ✓ El área de *counter* de cada aerolínea,
- ✓ Los carruseles a nivel de la pista,
- ✓ Los carruseles de despacho de equipaje para los pasajeros.

En el área del *counter* el personal de la aerolínea al confirmar el vuelo del pasajero y registrar su equipaje, también codificará un *tag RFID* con los datos del viaje, para lo que necesita una antena con un pequeño rango de lectura para que codifique sólo la etiqueta deseada, y no todo el lote de nuevas etiquetas y sin hacer interferencia con los módulos de recepción adyacente, si se utilizan antenas *ALIEN ALR-9611-CR,* deben tener una atenuación de 15 dB para tener un rango de lectura menor a un metro.

De igual forma, como se debe limitar el radio de lectura para evitar las interferencias o escritura en etiquetas no deseadas, se debe reducir la potencia, en el rango de 0,2 a 0,6 W., dado que el personal estaría operando en ese mismo radio de lectura y se debe proteger la salud del personal, por lo que las antenas deben disponerse en el mostrador de forma tal que ningún operador pueda estar a menos de 23 cm de ellas, sin importar que no estén visibles para el personal dado que las antenas y las etiquetas no necesitan línea directa para comunicarse, como el código de barras.

Posteriormente, el siguiente punto de control es en la banda transportadora donde se puede disponer un portal de 2 antenas y un lector *ALIEN ALR-9812,* en vista que una banda puede ser compartida por varias

aerolíneas y un sistema a nivel del aeropuerto se debe tener un control general.

Figura 40. ***Ejemplo de ubicación de Lectores en el counter.***

El diseño desarrollado en este TEG, se puede aplicar tanto a nivel de aerolínea como al Terminal completo. Esto obligó a realizar un estudio sobre las posibles soluciones para control del embarque y desembarque en estos dos escenarios dando como resultado:

✓ En caso de realizar una implementación a nivel de una aerolínea, se plantea colocar un portal de la serie *ALR-9812*, un dispositivo simple y fácil de instalar, las conexiones *LAN* a través del panel superior. Este portal tiene la facilidad de poder agregarle un semáforo llamado *ALX-9013,* gestionado mediante los puerto de *I/O* del lector, que permite indicar tres colores: rojo, amarillo y verde.

✓ En caso que todas las aerolíneas implementen esta solución, no sería suficiente identificar el equipaje con tres colores. En este caso, se sugiere colocar una pantalla donde se indiquen las lecturas de la etiquetas, donde la imagen asociada a los *tags* sea el logo de cada aerolínea, facilitando su identificación y destino.

Figura 41. ***Ejemplo de ubicación de Lectores en el carrusel al nivel de la pista.***

Para el equipaje, identificado bajo las especificaciones de este diseño, que se desembarque en el aeropuerto, el seguimiento continúa hasta el momento que el pasajero retire su equipaje. Para ello, se requiere de otro portal en la puerta de salida de la zona del carrusel de despacho, para verificar la compatibilidad del *tag* del equipaje con el del el *boarding pass* del pasajero, cuya relación de coincidencia sería indicado por el color verde de un semáforo *ALX-9013* conectado al portal, o de lo contrario por el color rojo e incluso el sonido de alarma integrado al portal, de manera de asegurar que cada pasajero salga únicamente con su equipaje, eliminando la necesidad de tener varios oficiales verificando en la salida.

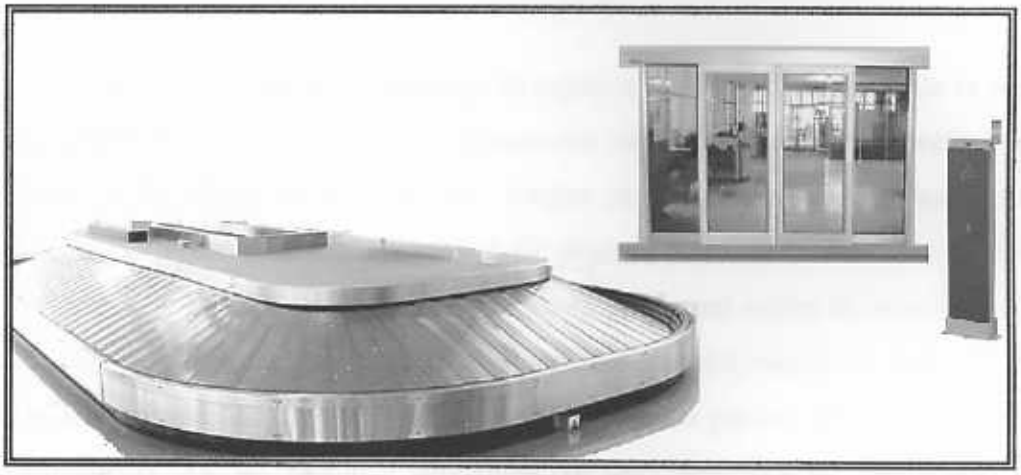


Figura 42. ***Ejemplo de ubicación de Lectores en el carrusel de despacho.***

Al momento de la salida del Terminal, los *tags* del *boarding pass* y equipaje serán desactivados mediante el comando *KILL* en la última lectura del portal después de la verificación de compatibilidad, evitando así que se produzcan inconvenientes de identificación cuando el cliente regrese al aeropuerto para otro viaje y mantenga la etiqueta en la valija, dado que las etiquetas son desechables para nuestro diseño.

En conclusión, para un aeropuerto en el que operen diez aerolíneas, las cuales cuenten con un promedio de cuatro módulos de recepción de pasajeros, y sus bandas transportadoras de equipaje finalicen en dos carruseles al nivel de la pista. Y si existe un total de seis correas para el despacho se requiere de:

- ✓ 20 lectores que operen cuatro antenas
- ✓ 80 antenas de polarización circular
- ✓ 10 semáforos
- ✓ 10 adaptadores *Wi-Fi*

De forma de disponer un lector para la red interna de cada las diez aerolíneas y preservar la privacidad de la información de cada una de ellas, puesto que no tienen motivos para compartirla.

La integración de un lector está sujeto a las especificaciones de la red de cada *counter,* por lo general cuentan con un *switch* para interconectar los módulos de recepción, en caso que tengan un puerto disponible, basta con integrar el lector mediante un cable *UTP* directo, y ajustar la dirección *IP* del lector con la familia de direcciones utilizada por la red activa de la aerolínea. En caso contrario se tendría que disponer de un nuevo *switch.* En todo caso, las lecturas de los *tags* y la información que esto genera no tiene que ser compartida por las distintas aerolíneas ya que cada una se manejaría en diferentes familias de direcciones *IP.*

Para cubrir los dos carruseles al nivel de la pista y las seis correas para el despacho del equipaje se contaría con los otros diez lectores, dos para cada carrusel y uno para cada correa de despacho. Estos lectores estarían conectados de forma inalámbrica utilizando los adaptadores *Wi-Fi,* porque no son zonas donde una solución cableada sea adecuada, al contrario de los *counters* donde todas las *PC* están unidas en red por cables.

- ***Simular el funcionamiento del sistema RFID para el control inalámbrico de equipaje.***

Secuencia de operación:

- ✓ El pasajero es identificado con el procedimiento normal.
- ✓ Una etiqueta estándar se produce con las impresoras del código de barras.
- ✓ El agente selecciona en su computadora el programa de *RFID*
- ✓ Se configura el *tag RFID* con el código otorgado por la etiqueta de código de barras.
- ✓ El *tag* es colocado en la unidad de codificación, que automáticamente lo detecta y procede a codificar le *ID*, el vuelo y el numero de verificación.
- ✓ Opcional: se adquiere una foto del pasajero y se adjunta a la información del *tag.*
- ✓ El software confirma la correcta codificación de los datos.
- ✓ Se adhiere el *tag RFID* a la etiqueta de la maleta.
- ✓ La maleta es despachada al sistema de correas como se hace normalmente.

Al final del presente TEG, el sistema desarrollado fue capaz de recibir información proveniente de las maletas y enviarla vía inalámbrica al computador para almacenarla. En otras palabras, el sistema cumple con la función para la cual fue diseñado, ofrecer una alternativa de transmisión de datos desde el equipaje hasta el punto de control establecido para su recepción.

No hay impedimento técnico o de disponibilidad del espectro radioeléctrico que limite la implementación de ésta solución, más que de la disposición de la inversión de dinero, aunque otros aeropuertos aseguran tener un retorno de inversión *ROI* entre uno y dos años, según la estimación de *IDTechEx*. Así como de la aprobación de los entes reguladores del aeropuerto en cuestión.

Capítulo V. Recomendaciones

En cuanto a la seguridad personal dado a las radiaciones electromagnéticas los fabricantes y empresas relacionadas con la tecnología *RFID* deben ser diligentes y preventivas, el análisis de los límites de exposición a los *CEM* es sumamente complejo y depende de una amplia gama de variables. Por lo tanto, se proporciona una orientación esencial para las empresas que utilizan equipos de *RFID* en general. Hasta que haya más estudio, se recomienda lo siguiente:

- Cuando se seleccionen los lectores para una aplicación, hay que asegurarse de verificar que el vendedor está en cumplimiento de las normas aceptadas, como una certificación de *TUV Rheinland of North America, Inc*, reconocida por la Administración de Salud y Seguridad ocupacional de los EEUU.
- Tomar las lecturas específicas de los niveles de *CEM* después de la instalación inicial y cuando un equipo se añade o sustituye se debe asegurar el acatamiento de las normas.
- Realizar auditorias periódicas para verificar el cumplimiento continuo y asegurarse de que el hardware tiene el mantenimiento correcto.
- Equilibrar la necesidad de eficacia en la lectura con los niveles de exposición, de ser posible use valores de potencia bajos, emitiendo las máximas en el rango de 0,2 y 0,6 W.
- Apagar las antenas cuando no estén en uso y utilizar la activación mediante sensores de movimiento como alternativa al estar siempre en operación.

Para el mejor rendimiento del diseño al integrar los lectores en la red *LAN* de las aerolíneas en los *counters* podemos hacer las siguientes recomendaciones, las cuales también pueden ser tomadas en cuenta para futuras implementaciones:

- No utilizar cable *UTP* de categoría inferior a la 5, ya que éste es el cable a utilizar por excelencia, debido a su alta capacidad de soportar comunicaciones

a 100 Mbps. Otros tipos de cables son aceptados, pero el uso de categorías inferiores deterioraría el desempeño de la red.

- El cable *UTP* para la red de datos debe ser de un color único (al igual que los conectores tipo *Jack RJ45*).
- Al terminar la instalación del sistema de cableado estructurado, deberán realizar pruebas de desempeño, sin excepción, a todas y cada uno de los cables instalados.
- La instalación del sistema de cableado debe quedar registrado por medio de planos y diagramas de la instalación. Longitud máxima por segmento 100 metros. sobre par trenzado *UTP Standard 802.3i IEEE* referente a *ETHERNET 10BASE-T 10 Mbit/s*
- Es recomendable no tener más de 22 estaciones de trabajos por *switch*, para no causar saturación en la red, dejando dos puertos libres para futuras aplicaciones.
- La recomendación más importante de todas, y la que vale la pena resaltar, es seguir y tratar de cumplir lo mejor posible la norma *EIA-TIA 568A*, ya que en ella se encuentran todos y cada uno de los pasos y requisitos necesarios para poder planificar un cableado estructurado.

Mientras que en las redes cableadas es más complicado conectarse de forma ilegítima porque habría que hacerlo físicamente mediante un cable, en las redes inalámbricas, esta tarea es más sencilla. Debido a esto, hay que poner especial cuidado en *blindar* nuestra *Wi-Fi*, de la comunicación con los lectores en los carruseles. Si la infiltración no autorizada en redes inalámbricas de por si ya es grave en una instalación residencial, mucho más peligroso lo es en una corporación

El protocolo *802.11* implementa encriptación *WEP*, pero no podemos mantenerla como la única estrategia de seguridad ya que tiene imperfecciones.

Existen aplicaciones para *Linux* y *Windows* (como *WEPCrack*) que, escaneando el suficiente número de paquetes de información de una red *Wi-Fi*, son capaces de obtener las claves *WEP* utilizadas y permitir el acceso de *intrusos* a la red.

- Cambiar la contraseña por defecto: todos los fabricantes establecen una para administrar el Punto de Acceso, igual para todos sus equipos.

- Activar en el Punto de Acceso la encriptación *WEP* de 128 bits. Algunos Puntos de Acceso soportan *WPA (Wi-Fi Protected Access),* dinámica y más segura que *WEP.*

- Desactivar el *broadcasting SSID* que permite que los nuevos equipos que quieran conectarse a la red *Wi-Fi* identifiquen automáticamente los datos de la red inalámbrica, evitando así la tarea de configuración manual.

- Activar el filtrado de direcciones *MAC* para que sólo dispositivos específicos se conecten a la red *Wi-Fi.*

- Establecer el número máximo de equipos que pueden conectarse.

- Desactivar *DHCP* para tener que el administrador tenga que introducir manualmente la dirección *IP,* la puerta de enlace, la máscara de subred y el *DNS.*

Una recomendación final para la implementación de *RFID* para el manejo de equipajes, es que preferiblemente se realice para un aeropuerto en general, con la participación de todas sus aerolíneas, para que la inversión tenga un impacto más significativo y para disminuir los costos de implementación por compras de mayores volúmenes.

Capítulo VI. Conclusiones

La tecnología *RFID* cobra protagonismo en todos los ámbitos y el de los viajes no es una excepción. Actualmente existe un incremento en la variedad de sus aplicaciones en los aeropuertos, entre las que se puede mencionar: reducir las pérdidas en los carritos de comida, mejoramiento del manejo de la carga, etiquetado de las partes del avión para su inventariado.

Los procesos que se realizan actualmente para el control requieren de personas que verifiquen el equipaje con códigos de barra o lean los datos en la etiqueta. La tecnología *RFID* tiene el potencial de eliminar esta intervención humana y de tener la información en tiempo real.

Menos intervención humana incluye el beneficio de la reducción de errores, lo que produce minimización de costos, procesos más rápidos, minimización de daños. Las implicaciones generales dadas por los altos costos generados por los salarios, beneficios y el costo de administrar los grupos de empleados, es la disminución de los costos operacionales.

Los datos en tiempo real también puede a reducir los costos, incrementar el flujo de efectivo, permite el servicio personalizado para los mejores clientes, debido a que se conoce, donde esta todo. Si el tiempo es dinero, la información es seguridad.

Es poco probable que exista una frecuencia, un protocolo de señalización, o un diseño de etiquetas que domine las aplicaciones en aeropuertos y aerolíneas, pero los *tags* pasivos han sido los preferidos e incluso exigidos por la industria aérea, además de las recomendaciones hechas por la *IATA* de usar la *UHF*, con la intención de evitar interferencias que puedan afectar los equipos aeronáuticos y de control de tráfico. Por esta razón fue está la banda escogida para el diseño planteado.

El diseño incluye la utilización de lectores 9900 de *ALIEN TECNOLOGYS*, ubicados en tres puntos específicos del aeropuerto que permiten el monitoreo del

equipaje en el Terminal. Estos puntos incluyen: el lugar donde se entregan las maletas, el carrusel que sirve para ubicarlos en sus distintos vuelos, y donde los pasajeros recogen sus valijas. También se planteó el uso de portales de la serie *ALR 9000*, que fueron agregados para mejorar el monitoreo, así como proteger los equipos por ejemplo, de golpes de las maletas, dado que protege al lector y las antenas dentro de un *chasis*. Estos portales son de fácil instalación, y se le puede agregar capacidades *Wi-Fi*.

Durante las pruebas, surgieron diferentes aspectos que redefinieron el diseño original, como lo es el caso del semáforo, el cual se agregó con el fin de presentar una forma alternativa de control de la salida del equipaje y del tránsito de las maletas por el sistema de correas del aeropuerto. Otro aspecto importante es que durante las pruebas se pudo observar la necesidad de que el sistema tuviera cierto grado de movilidad, es por ello que se optó por agregar lectores portátiles para el personal que labora en el área de carga, para mejorar los alcances de lectura y la velocidad del embarque y desembarque.

El diseño del sistema de identificación por radiofrecuencia para el control inalámbrico de equipaje en terminales aéreos fue realizado satisfactoriamente, según los requerimientos de la aplicación y siguiendo los parámetros de seguridad establecidos internacionalmente.

Un elemento importante, es que para este trabajo especial de grado se contó con la colaboración de una aerolínea, pero la implementación de esta tecnología debe estar centrada en todo el aeropuerto, de esta forma se evitan los problemas de implementaciones independientes que además de costosas, podrían no ser compatibles. Una implementación macro en todo el aeropuerto es un proyecto a gran escala, pero que trae beneficios a la industria aérea en Venezuela, además de que es una corriente tecnológica que cada vez toma más terreno en los negocios, brindando una ventaja competitiva con alto retorno de inversión.

Si hablamos de un porcentaje de maletas mal manejadas del 1% podría parecer un porcentaje pequeño pero si tomamos en cuenta por ejemplo el aeropuerto Internacional de Hong Kong que actualmente utiliza 20 millones de *tags* en un sistema de monitoreo de equipaje, donde se manejan más de 700 vuelos diarios con más de 100.000 pasajeros transitando el aeropuerto este 1 % representaría varios cientos de pasajeros insatisfechos, por esta razón es imperativo que los sistemas *RFID* implementados funcionen lo más acertado posible, como es el caso de nuestro diseño donde se alcanzaron porcentajes de lectura del 100%.

En una encuesta realizada por la SITA y la revista *Airports Council Internacional and Airline Business* se descubrió que solo el 6 % de los aeropuertos encuestados estaba utilizando sistemas *RFID*, para el seguimiento de maletas, pero se identificó que el 45% esperaba tener un sistema activo para finales de 2009. Esto nos lleva a concluir que la fecha de la realización de la pruebas da un margen efectivo de tiempo para la implantación de esta tecnología en aeropuertos de Venezuela y de esta forma ajustarnos a la tendencia de la industria, que apunta a la *RFID* como una tecnología emergente que trae muchos beneficios.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A. Libros, Trabajos de Grado y Tesis

1) BHUPTANI, M & MORADPOUR, (Feb 18, 2005). *RFID Field Guide: Deploying Radio Frequency Identification Systems*. Editorial Sun Microsystems Título de Prentice Hall.

2) DITTMAR, DIANA, (Mayo 2008). *Estudio de Procesos de embarque y desembarque de equipajes y carga en el Aeropuerto Simón Bolívar.*

3) GLOVER, B & BHATT, H, (Enero 19, 2006) *RFID Essentials (Theory in Practice).* Editorial O´Reilly, Primera Edición.

4) GRAAFSTRA, AMAL, (2006) RFID Toys: *Cool Projects for home.* Editorial Wiley Publishing, Inc. Primera Edición.

5) HARROP, P & DAS, RAGHU & HOLLAND, GLYN (2008). *RFID for Airports and Airlines 2008-2018.* Editorial IDTechEx Ltd.

6) Intermec Technologies Corporation 2007 *WHITE PAPER: Conceptos básicos de RFID: Conocimiento y uso de la identificación por radiofrecuencia.*

7) Intermec Technologies Corporation: *RFID system Manual* (13 Jan 2006).

8) J. SWEENEY, P, (Julio 5, 2006). *RFID for Dummies*. Editorial For Dummies, Primera Edición.

B. Artículos y Revistas consultadas vía Internet

9) Aeropuerto Internacional de Hong Kong, *entrevista a Henry Ma, Airport Authority Hong Kong's General Manager of Terminal Business* Disponible: http://www.hongkongairport.com/eng/pr/pr_914.html.(Consulta: Enero 2008).

10) Revista del Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicaciones de Cataluña, *La tecnologia RFID.* Disponible: www.ihg.net/images/rfid/queesRFID.jpg (Consulta: Enero 2008).

11) Siemens Technologies, *Sistemas de RFID* Disponible : www.automation.siemens.com/rfid/html_76/ (Consulta: Diciembre 2007)

12) DOBKIN, DANIEL, Tutorial: *Radio Basics for UHF RFID*. Disponible: http://www.rfid-world.com (Consulta: Febrero 2008).

13) PARKER, B, Analista de opinión, *Tome precauciones apropiadas para RFID* (Consulta: Febrero 2008).

14) Recomendación EPCglobal, *Límites de Exposición Humana a Campos Electromagnéticos (CEM) en uso ocupacional (Consulta: Enero 2007).* Disponible: http://www.epcglobalinc.org/public/bestpractice/EPCglobal_Best_Practices_January_2007.pdf (Consulta: Mayo 2009).

C. Páginas WEB

15) Aeropuerto Simón Bolívar de Maiquetía (Página Web en línea) Disponible: http://www.aeropuerto-maiquetia.com.ve/ (Consulta: Abril 2008)

16) ALIEN Technology (Página Web en línea) Disponible: http://www.ALIENtechnology.com (Consulta: Marzo 2008)

17) Comisión Nacional de Telecomunicaciones (Página Web en línea) Disponible : http://www.conatel.gov.ve/ (Consulta: Febrero 2008)

18) GS1 Venezuela (Página Web en línea) Disponible: http://www.gs1ve.org (Consulta: Marzo 2008).

19) International Air Transport Association IATA (Página Web en línea) Disponible: http://www.iata.org (Consulta: Abril 2008).

20) Página Oficial de EPC global Disponible: http://www.epcglobalinc.org (Consulta: Febrero 2008).

21) *RFID Journal* (Página Web en línea) Disponible: http://www.rfidjournal.com/ (Consulta: Marzo 2008).

22) *RFID Magazine* (Página Web en línea) Disponible: www.rfid-magazine.com/ (Consulta: Febrero 2008).

23) *RFID World* (Página Web en línea) Disponible: http://www.rfid-world.com/features/consumer-devices/208700829?pgno=2 (Consulta: Abril 2008).

24) Wikipedia La enciclopedia Libre (Página Web en línea) Disponible: http://es.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Portada. (Consulta: 2008).

Apéndice A: Glosario de Términos

Carruchas: Contenedores de aluminio con ruedas, protegido con cortinas de plástico

Check-in: El *Check-in* es el proceso mediante el cual un individuo anuncia su arribo en un hotel, aeropuerto

Chip: También conocido como circuito integrado *(CI)* , es una superficie muy delgada en la que se encuentra una enorme cantidad (del orden de miles o millones) de dispositivos *microelectrónicos* interconectados, principalmente diodos y transistores, además de componentes pasivos como resistencias o condensadores.

Circulador: Es un conmutador rotativo que conecta una o varias entradas a una o varias salidas

Codificación FM0: Al enviar datos a través de un enlace de radio, hay muchas etapas que son susceptibles a fallas. Por lo tanto, es importante utilizar un método de codificación de datos, *FM0* es uno de ellos, consiste en que se produce una transición al comienzo de cada tiempo de *bit*. El 0 es representado por una transición adicional en el centro del tiempo de *bit*, y un 1 no tiene esta transición en el medio.

Counter: Mostrador de la aerolínea donde el personal autorizado confirma el vuelo del pasajero y registra el equipaje.

CRC : Comprobación de redundancia cíclica *(CRC)* es un tipo de función que recibe un flujo de datos de cualquier longitud como entrada y devuelve un valor de longitud fija como salida. El término suele ser usado para designar tanto a la función como a su resultado. Pueden ser usadas como suma de verificación para detectar la alteración de datos durante su transmisión o almacenamiento. Las CRC´s son populares porque su implementación en hardware binario es simple, son fáciles de analizar matemáticamente y son particularmente efectivas para detectar errores ocasionados por ruido en los canales de transmisión.

DATAMatrix: O codificación de datos 2D, es un sistema de codificación bidimensional que permite la generación de un gran volumen de

información en un formato muy reducido, con una alta fiabilidad de lectura gracias a sus sistemas de información redundante y corrección de errores (legible hasta con un 20%-30% dañado). Además no es necesario un alto contraste para reconocer el código. El código está formado por celdas de color blanco y negro (perforadas o no perforadas) que forman una figura cuadrada o rectangular. Cada una de esas celdas representa un *bit* de información. La información puede estar codificada como texto o datos en bruto

Demodulación: En telecomunicación el término *desmodulación* o *demodulación* engloba el conjunto de técnicas utilizadas para recuperar la información transportada por una onda portadora, que en el extremo transmisor había sido modulada con dicha información. Este término es el opuesto a modulación.

EAN: (*European Article Number*), es un estándar de códigos de barras que es un super-conjunto de la original de 12 dígitos del Código Universal de Productos *(UPC),* sistema desarrollado en Europa.

EEPROM: son las siglas de *electrically-erasable programmable read-only memory* (*ROM* programable eléctricamente), en español o castellano se suele referir al hablar como *EEPROM* y en inglés *"E-Squared-PROM"*. Es un tipo de memoria *ROM* que puede ser programado, borrado y reprogramado eléctricamente

EPC: Código electrónico de producto utiliza la tecnología *RFID* para identificar de manera única a los productos en sus distintas unidades, agregando un número de serie a la información sobre su tipo y fabricante. Los códigos electrónicos de producto son administrados a nivel mundial por *EPCglobal*, filial de *GS1*.

ETHERNET: Es un estándar de facto de redes de computadoras de área local define las características de cableado y señalización de nivel físico y los

formatos de tramas de datos del nivel de enlace de datos del modelo *OSI*.

Flash: La memoria flash es una forma desarrollada de la memoria *EEPROM* que permite que múltiples posiciones de memoria sean escritas o borradas en una misma operación de programación mediante impulsos eléctricos, Las memorias flash son de carácter no volátil, esto es, la información que almacena no se pierde en cuanto se desconecta de la corriente, una característica muy valorada para la multitud de usos en los que se emplea este tipo de memoria.

***Full-duplex*:** Método o protocolo de envío de información bidireccional simultáneo

***Half-duplex*:** Método o protocolo de envío de información bidireccional pero no simultáneo.

***Hardware*:** Es la parte física de un computador y más ampliamente de cualquier dispositivo electrónico

***Hexadecimal*:** El sistema hexadecimal, a veces abreviado como *hex*, es el sistema de numeración de base 16 (empleando 16 símbolos). Su uso actual está muy vinculado a la informática y ciencias de la computación

***HyperTerminal*:** Es un programa que se puede utilizar para conectar con otros equipos, sitios Telnet, sistemas de boletines electrónicos *(BBS)*, servicios en línea y equipos *host*, mediante un módem, un cable de módem o *ETHERNET*.

***Hopping Channels*:** Es el concepto de la utilización de los recursos no utilizados. El sistema administra los canales de datos saltando entre los canales no utilizados.

Host: Es una máquina conectada a una red de computadoras y que tiene un nombre de equipo (en inglés, *hostname*). Es un nombre único que se le da a un dispositivo conectado a una red. Puede ser un computador, un servidor de archivos, un dispositivo de almacenamiento, una máquina de fax, impresora, etc.

IATA: Asociación Internacional de Transporte Aéreo, es el instrumento para la cooperación entre aerolíneas, promoviendo la seguridad, fiabilidad, confianza y economía en el transporte aéreo en beneficio de los consumidores de todo el mundo

***Ibutton*:** Botones de memoria de contacto: son un tipo específico de tecnología de auto identificación, que requiere un contacto físico entre el lector y el botón

ICNIRP: Comisión internacional de protección contra la radiación no ionizante

IEEE: Corresponde a las siglas de *The Institute of Electrical and Electronics Engineers*, el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, una asociación técnico-profesional mundial dedicada a la estandarización, entre otras cosas. Es la mayor asociación internacional sin fines de lucro formada por profesionales de las nuevas tecnologías, como ingenieros eléctricos, ingenieros en electrónica, científicos de la computación, ingenieros en informática e ingenieros en telecomunicación.

***Información Encriptada*:** información codificada mediante un algoritmo que básicamente la convierte en indescifrable a simple vista.

Internet de Objetos: Termino utilizado para definir la revolución tecnológica originada por el hecho de conectar objetos inanimados a una red de información y comunicaciones. Esta es la visión, El uso de etiquetas electrónicas (Ej. *RFID*) y sensores, para extender el potencial de supervisión y la comunicación en la red de redes *(INTERNET*), como lo hará la introducción del poder de computación en utensilios cotidianos como neveras o zapatos.

***ISO*:** *International Organization for Standardization*, es el desarrollador y editor de Normas Internacionales más grande del mundo

***Jaula de Faraday*:** es un efecto el cual provoca que el campo electromagnético en el interior de un conductor en equilibrio sea nulo, anulando el efecto de los campos externos

***Kill code*:** Es un código que puede ser transmitido a la etiqueta para desactivarla permanentemente, permitiendo que cuando sea leído por última vez, al entregar el equipaje al pasajero, se desactive el *tag* adherido a la maleta

***Mega bytes*:** (MB) es una unidad de medida de cantidad de datos informáticos. Es un múltiplo del octeto, que equivale a 10^6

***Microcontrolador*:** Es un circuito integrado o *chip* que incluye en su interior las tres unidades funcionales de una computadora: *CPU,* Memoria y Unidades de *E/S*, es decir, se trata de un computador completo en un solo circuito integrado.

OMS: La Organización Mundial de la Salud *(OMS),* es el organismo de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) especializado en gestionar políticas de prevención, promoción e intervención en salud a nivel mundial

OSHA: La Administración de salud y seguridad ocupacional de los Estados Unidos de América es un organismo del Departamento del Trabajo. Su misión es prevenir lesiones, enfermedades y muertes relacionadas con el trabajo, mediante la emisión y el cumplimiento de normas para la seguridad y la salud

PDF: Del inglés *Portable Document Format* formato portátil de documento, es un formato de almacenamiento de documentos, desarrollado por la empresa *Adobe Systems*

Relación señal-ruido: en inglés *Signal to noise ratio (SNR o S/N)* se define como el margen que hay entre la potencia de la señal que se transmite y la potencia del ruido que la corrompe. Este margen es medido en decibeles

***Retrodispersión o Backscatter*:** Es la reflexión de ondas o señales, de vuelta a la dirección de la cual proceden

Reverse-Polarity TNC (Jack): *TNC* De polaridad inversa *(RP-TNC)* es una variación de la especificación *TNC*, que invierte la polaridad de la interfaz. Estos

conectores son ampliamente utilizados por fabricantes de equipos en aplicaciones *Wifi*, para cumplir con las regulaciones locales específicas

RFID: Identificación por Radio Frecuencia

ROI: Retorno de inversión, es la relación existente entre el costo de la implementación y los beneficios obtenidos reflejados en ingresos o reducción de gastos

RS-232: También conocido como *Electronic Industries Alliance RS-232C*, es una interfaz que designa una norma para el intercambio serie de datos binarios. Es generalmente usado en puertos seriales de computadoras

Ruido eléctrico: Se denomina ruido eléctrico, a todas aquellas señales, de origen eléctrico, no deseadas y que están unidas a la señal principal, o útil, de manera que la pueden alterar produciendo efectos que pueden ser perjudiciales

SABRE: Sistema Operativo de procesamiento en tiempo real (*RT TPOS*) centralizado desarrollado por *American Airlines* e IBM.

Servidor DHCP: (sigla en inglés de *Dynamic Host Configuration Protocol* - Protocolo Dinámico de Configuración de Anfitrión) es un protocolo de red que permite a los nodos de una red IP obtener sus parámetros de configuración automáticamente. Se trata de un protocolo de tipo cliente/servidor en el que generalmente un servidor posee una lista de direcciones *IP* dinámicas y las va asignando a los clientes conforme éstas van estando libres, sabiendo en todo momento quién ha estado en posesión de esa *IP*, cuánto tiempo la ha tenido y a quién se la ha asignado después

SITA: Sociedad Nacional de Comunicaciones Aeronáuticas es una empresa internacional de telecomunicaciones que provee servicios tecnológicos a empresas de la industria aeronáutica.

Software: Se refiere al equipamiento lógico o soporte lógico de un computador digital, comprende el conjunto de los componentes lógicos necesarios para hacer posible la realización de una tarea específica.

Tag o etiqueta: Es un dispositivo que adherido a un objeto permite su identificación, proporcionando información.

Tari: Se define como la longitud de un binario "0".

TCPI/IP: Se le denomina conjunto de protocolos *TCP/IP*, en referencia a los dos protocolos más importantes que la componen Protocolo de Control de Transmisión *(TCP)* y Protocolo de Internet *(IP)*, que fueron los dos primeros en definirse, y que son los más utilizados de la familia.

UHF: (siglas del inglés: Ultra High Frequency, frecuencia ultra alta) es una banda del espectro electromagnético que ocupa el rango de frecuencias de 300 MHz a 3 GHz

UIT: La Unión Internacional de Telecomunicaciones es el organismo especializado de las Naciones Unidas encargado de regular las telecomunicaciones, a nivel internacional, entre las distintas administraciones y empresas operadoras.

UPC: (*Universal Product Code*), El Código Universal de Productos (*UPC*) es una simbología de código de barras (es decir, un tipo específico de código de barras), que se utiliza ampliamente en los Estados Unidos y Canadá para el seguimiento de los elementos de comercio en las tiendas

Wi-Fi: Es un sistema de envío de datos sobre redes de computadoras que utiliza ondas de radio en lugar de cables.

Apéndice B: Especificaciones de lectores comparados.

ALIEN

Product Overview

ALR-9900 Enterprise RFID Reader

High Performance, Easy to Deploy, Easy to Manage

The Alien® ALR-9900 Enterprise Reader enables users to deploy manageable, robust, best-in-class EPC Gen 2 RFID solutions for supply chain, manufacturing and asset management applications. Based on the popular ALR-9800, the ALR-9900 adds enhanced interference rejection, monostatic antenna connections and a much smaller footprint. The ALR-9900 delivers high read rates in demanding applications in an easy-to-integrate, easy-to-manage package.

- High read rates for demanding applications
- Enhanced noise rejection for reliable data capture in noisy environments
- Easy integration with RFID software
- EPC Gen 2 Interoperable
- Small footprint (8" x 8") and easy monostatic antenna layout
- Manageable and upgradeable

Interoperable and Broadly Supported

Alien pioneered the network-ready EPC RFID reader with the widely-supported Alien Reader Protocol. The ALR-9900 is supported by key RFID platforms including Microsoft BizTalk RFID, IBM WebSphere 6.0, Oat Systems, and Oracle. Proven support for SAP through 3rd-party middleware is also available. A well-documented SDK featuring .NET and Java libraries enables easy, custom interfaces to control the reader if desired.

The ALR-9900 includes support for remote firmware management and remote monitoring via the Simple Network Management Protocol (SNMP), which enables the network to monitor real-time health, revision and status information from the reader.

Powerful Interfaces for Effective Integration

The Alien Reader Protocol features Autonomous Mode, a programmable state machine that enables the reader to operate independently based on external triggers, timing or software inputs. This flexible system leads to best-in-class read rates by enabling users to precisely control the parameters for timing, protocols, antenna usage and other critical variables without network latency.

A flexible general-purpose input-output (GPIO) system enables tight integration with external sensors and actuators for effective integration with existing business processes. High capacity, optically isolated

ALR-9900 Enterprise RFID Reader

High Performance, Easy to Deploy, Easy to Manage

Developer Kit

General Purpose I/O (GPIO) signals can drive many external devices directly, eliminating the need for costly digital I/O equipment and relays. Optical isolation ensures accurate reception of triggering signals in noisy, industrial environments. Middleware access to GPIO inputs and outputs enables direct control via software.

Configurable notification modes, data routing options and data formats provide flexibility and ease-of-integration.

The ALR-9900 is backwards compatible with Alien's popular ALR-9800, enabling users to easily operate a mixed population or to transition from one to the other.

When operating in Autonomous Mode, the reader will continue to collect up to 2500 tag records even if the LAN connection is interrupted. Upon recovery of the LAN connection, middleware can download accumulated tag data from the reader.

Interference Management

The ALR-9900 offers several methods for interference mitigation that provide a powerful solution to the challenge of noisy environments.

Good Citizen: *EPC Gen 2 Dense Reader Mode*

The ALR-9900 is compliant with the EPC Gen 2 Dense Interrogator specification, which reduces interference impact on other readers. The mode significantly reduces the out-of-channel noise introduced by the reader, thereby enabling larger numbers of readers to coexist without reducing read rates.

Noise Resistant: *Strong Filtering for Interference Rejection*

The powerful, dynamically adjustable signal processing architecture of the ALR-9900 ensures strong interference rejection in the presence of other readers or devices.

Monostatic Simplicity

The ALR-9900 provides the added simplicity of a monostatic antenna topology, which provides a smaller footprint and easier integration for certain applications such as small item tagging. Only one antenna per read point is required, reducing system cost and complexity. A proprietary, active, noise cancellation mechanism ensures high read rates from the monostatic antenna system.

Power and LAN Failsafe Mechanisms Protect Data

The loss of power or LAN connectivity does not lead to the loss of critical tag data. The ALR-9900 caches tag lists in non-volatile memory, preserving data even in the event of a power loss.

Intelligent Operator: *Event-triggered operation and Autonomous Mode*

The Autonomous Mode functionality of the Alien Reader Protocol enables the reader to collect tag data when triggered by external events detected by photo eyes and other sensors. In this mode, readers are activated only when needed, thereby reducing the number of readers operating at any given moment, and the resulting ambient noise level.

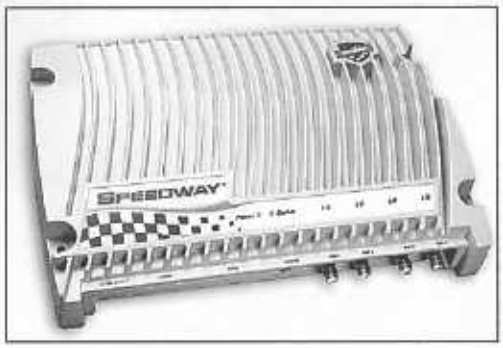
High Performance, Easy to Deploy, Easy to Manage

The Alien ALR-9900 Enterprise RFID Reader enables users to deploy manageable, robust, best-in-class RFID thanks to:

- A flexible API with broad software support
- A high performance radio
- Data protection
- Robust dense reader interference management

Impinj

SPEEDWAY® READER MINI SPEC SHEET



Air Interface Protocol	EPCglobal UHF Class 1 Gen 2 / ISO 18000-6C
Antennas	4 high performance monostatic antenna ports with reverse gender TNC connectors enable near-field (item level) and far-field (case and pallet) applications
Connectivity	10/100 Base T Ethernet RS-232
Dimensions	22.7 cm X 32.4 cm X 5.7 cm (8.95 in x 12.75 in x 2.25 in)
GPIO	4 input and 8 output
Network Services	DCHP, LLA, NTP, HTTP, Telnet, SSH, SNMP, mDNS, and DNS-SD
Operating Frequencies	865–956 MHz
Operating Temperature	-20°C to 55°C
Protocols	• EPCglobal Low Level Reader Protocol (LLRP) v 1.0.1 • Impinj Mach1™ API
RF Power	+30 dBm / +32.5 dBm with extended length cables
Sensitivity	-80 dBm
Supported Regions	• US, Canada, and other regions following U.S. FCC Part 15 regulations; • Europe and other regions following ETSI EN 302 208 with and without LBT regulations • China • Japan (through OEM partner) • Korea (through OEM partner) • Malaysia (through OEM partner) • Taiwan
Weight	2.7 kg (6 lbs)

- An intelligent reader capable of hosting applications
- Software configurable to read and write EPC Gen 2 and ISO tags
- Operates in ETSI 865-868 MHz, or FCC 902-928MHz
- Monitors and controls presence detectors and signal lights
- Built in Java Script workbench for rapid application development
- Deployment services
- Ethernet and WiFi
- Built in device management
- Internal power supply

Joining an already diversified line of RFID readers, the Intermec IF5 is a fixed "smart" reader that filters information from tags, monitors external sensors and controls audible/visual indicators, without the expense, and potential point of failure of a separate server "box", required by other RFID scanning solutions. As with all Intermec reader products, the IF5 both reads and writes to RFID tags.

Filtering Information

Filtering incoming tag data means sending only pertinent information upstream to the host. The IF5 filters, manages and acts upon the data read from tags according to application parameters, all made possible by internal Java or Java Script applications. The Java application can also be programmed to change the configuration parameters of the IF5 in response to new incoming data from a tag or peripheral device. For example, a dock door portal - mounted IF5 reader can be programmed to scan the "destination" field on all tags passing through, and subsequently flash a red beacon light for the fork lift driver if an item is about to be incorrectly loaded.

Monitor Sensors/Visual Indicators

The IF5 reader includes powered general purpose input/output (GPIO) circuitry, which allows direct monitoring and/or controlling of peripherals such as presence detectors and signal lights without requiring extra devices and power supplies to facilitate the connection.

Development and Device Management

For rapid application development, Intermec provides development libraries for .Net and Java on Microsoft operation systems. Developers simply write the application once and have the capability to port it over to different RFID devices such as Intermec mobile and vehicle mount computers. Intermec SmartSystem Foundation, a remote management system, comes standard on the IF5. An intuitive administrator's console provides centralized access to remote devices like the IF5 reader. Administrators can change device settings, send OS upgrades, update software applications, and execute other changes directly from the console to save time and significantly cut costs.

Ethernet and WiFi

The IF5 comes standard with an internal auto-range power supply, IPv4 and IPv6 plus an optional 802.11b/g CCX certified radio enabling seamless integration into existing Ethernet or WiFi infrastructures. The IF5 is straightforward to integrate and capable of continuous operation anywhere in the world.

Deployment Services

Ensure success with your RFID system by utilizing Intermec's deployment services Intermec's deployment services can assist in initial process analysis and site analysis to full site installations.

Intermec

Physical Characteristics
Length: 35.6 cm (14 in.)
Width: 23.1 cm (9.1 in.)
Height: 9.53 cm (3.75 in.)

Environment
Operating Temperature: -25°C to 55°C (-13° F to 131° F)
Storage Temperature: -30°C to 75°C (-22° F to 167° F)
Humidity: 10% to 90% (Non-condensing)
Enclosure: IP53

Standard Features
Communications Interface options: Ethernet 10/100BaseT or Wireless 802.11g
Configuration: Internal web Graphical User Interface (GUI)
Input/Output Circuits: Four input (0-40VDC) and four output (0-48VDC .5 amp) circuits, 500ma 12VDC power

Antenna Connections
Four - Reverse SMA, -20dB software controlled

Power
110-240 VAC auto ranging
Power supply is internal and included
Duty Cycle: 100%

RFID Frequency Ranges
ETSI 865-868 MHz, or FCC 902-928MHz

Power
110-240 VAC auto ranging
Power supply is internal and included
Duty Cycle: 100%

RFID Frequency Ranges
ETSI 865-868 MHz, or FCC 902-928MHz

Tag Air Interfaces
Intellitag G1 (Fairchild G1)
ISO 18000-6b (Philips I-code HSL)
Philips Version 1.19
EPCglobal UHF Gen 2

Protocols
ANSI INCITS 256:2001
Intermec Basic Reader Interface

Connection to Network
Ethernet, 802.3 wired and optional 802.11g

Software
- IPv6
- SAMBA Client
- NFS Client

BusyBox
- Telnet Server
- Syslog Client

FTP Server
PCMCIA Card Services
OpenSSL
J2ME/CDC
Service Management Framework
SAP-Auto ID Infrastructure (AII)
Intermec Network Apps
- HTTP/HTTPS Web Server
- TFTP Client
- DHCP Client
- DNS Client
- SNTP Client
- 802.1x Supplicant (used with 802.11)

Intermec Developer Library
Intermec Data Collection Engine
Optional WebSphere Everyplace Device Manager (IBM)
- TFTP Client
- DHCP Client
- DNS Client
- SNTP Client
- 802.1x Supplicant (used with 802.11)

Intermec Developer Library
Intermec Data Collection Engine
Optional WebSphere Everyplace Device Manager (IBM)
Optional J2SE (SUN)
Java Virtual Machine
Java Script Interpreter

Device Management
SNMP
Intermec SmartSystems client
Wavelink Avalanche Client

Development
Built in Java and Java Script, Intermec Development Libraries for Java and .Net

Memory
32 Mbytes of SDRAM, 16 Mbytes Flash

Accessories
802.11g radio, antennas, antenna cables, mounting bracket, Compact Flash card

Standards
AIAG B-11
ANSI INCITS 256:1999 (R2001) - Parts 2, 3.16 4.2
ANSI MH10.8.4
ISO/IEC CD18000 Part 4
ISO/IEC WD18000 Part 6

Part Number
IFSUC203904000004 - RFID Reader, Fixed, EPC global Gen 2 only, FCC, Ethernet (this is one of multiple unique configurations)

Restrictions On Use
Some approvals and features may vary by country and may change without notice.

Please check with your local Intermec sales office for further information.

Restrictions On Use
Some approvals and features may vary by country and may change without notice.

Please check with your local Intermec sales office for further information.

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

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

South America & Mexico
Headquarters Office
Newport Beach, California
Phone: (949) 955-0785
Fax: (949) 756-0782

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

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

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

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

OEM Sales
Phone: (425) 348-2762

Media Sales
Phone: (513) 874-5882

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

Copyright © 2007 Intermec Technologies Corporation. All rights reserved. Intermec is a registered trademark of Intermec Technologies Corporation. All other trademarks are the property of their respective owners. Printed in the U.S.A. 611573-010 03/07

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

Intermec

RFID	A928 UHF long range reader (ETSI EN 300 220)

Technical Specifications Table	
Frequency	869.525MHz (ETSI EN 300 220)
Output Power	SW programmable Max.: 630 mW (28 dBm)
Antenna Connectors	Nr. 4 TNC type female
Frequency Tolerance	±10 ppm over the entire temperature range
Number of Channel	Single channel: compliant to ETSI EN 300 220
Channel Occupancy	In accordance with ETSI EN 300 220
Standard Compliance	ISO 18000-6B Philips UCODE EPC 1.19 EPC C1G2
Digital I/O	Four TTL input lines (optically isolated) Four TTL output lines (open collector 100mA sink optically isolated)
Ports	RS232 RS485 Half duplex USB 2.0 Full Speed Ethernet 10/100BASE-T
Dimensions	295 x 92 x 165 mm^3 (11,6 x 3,6 x 6,5 inches^3)
Electrical Powe	110V/220V 50Hz/60Hz
Operating Temperature	-20 °C to 70°C
Weight	2,220 g

Apéndice C: Instalación del *software ALIEN GATEWAY*

La instalación del *software*

El software *RFID ALIEN GATEWAY* es fácil de instalar y ofrece diferentes maneras para demostrar las operaciones de *RFID ALIEN* y sus beneficios. Procedimiento de instalación del software:

1. Cerrar todas las aplicaciones.

2. Asegurar que el monitor está configurado para mostrar al menos 256 colores. La configuración de color se puede encontrar en: *Mi PC / Panel de control / Pantalla / Propiedades de pantalla / Configuración / Colores*

3. Colocar el *CD* en su unidad de *CD*. Se auto-ejecuta y se presenta con la siguiente pantalla.

4 Clic en el botón "Siguiente". Aceptar el acuerdo de licencia y hacer clic en Siguiente otra vez. Ahora se define dónde instalar el software. La ubicación predeterminada está configurada para:

C: \ Archivos de programa \ RFID ALIEN

Esto puede ser cambiado, pero se recomienda mantener esta configuración. Clic en Siguiente.

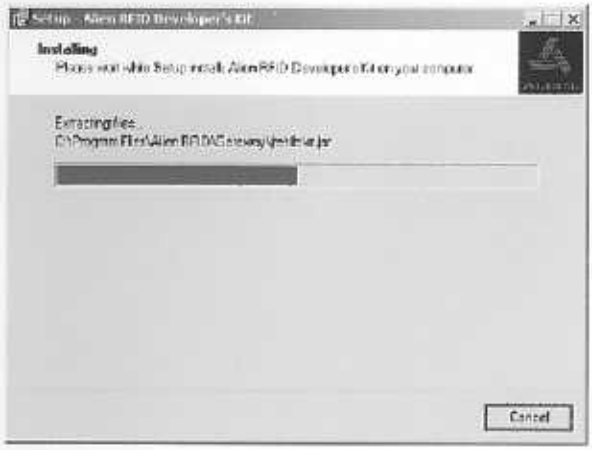
5. Ahora puede elegir qué componentes instalar. En este punto, basta con asegúrese que opción: "*Gateway de demostración RFID Software*" esté seleccionada y clic en "Siguiente.

6. La siguiente pantalla realiza el acceso directo a los programas incluidos en Menú Inicio de Windows. Clic en "Siguiente" para utilizar la configuración por defecto, lo que crea un atajo de *RFID ALIEN* en los programas sub-menú del Windows Menú Inicio.

7. Clic en "Siguiente" para pasar a la pantalla icono del escritorio. En esta pantalla se puede crear un icono de acceso directo a la *RFID ALIEN GATEWAY* y colocar este acceso directo en el escritorio. La configuración por defecto es para seguir adelante y crear el atajo. Haga clic en "Siguiente" para pasar a la siguiente pantalla.

8. La pantalla titulada "Listo para instalar" muestra el conjunto de opciones de instalación que se han elegido. Clic en "Instalar" si todas las opciones son aprobadas.

9. El software ahora procede con la instalación. El progreso se muestra en la siguiente ventana:



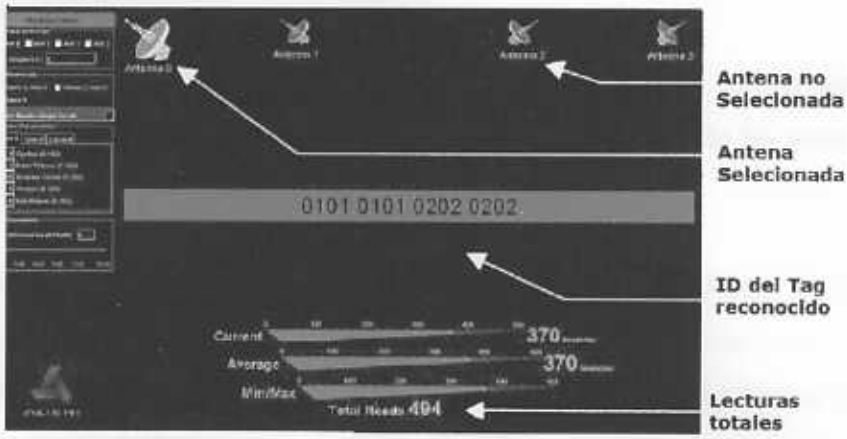
10. Cuando la instalación *RFID ALIEN GATEWAY* ha terminado aparecerá la siguiente pantalla. Clic en "Finalizar" para cerrar a la ventana y salir de la instalación.

11. Retirar el *CD* del software de la unidad de *CD* y almacenarlo para su uso en el futuro.

Apéndice D: Modos de Demostración del *ALIEN GATEWAY*

Readometer

Este modo es una demostración sencilla y útil que muestra la identificación de las etiquetas en el campo, la capacidad y lecturas por segundo. Para la activación de las antenas existe un icono en la parte superior de la pantalla, que indica cual antena está activa según el número de puerto conectado, sólo permite seleccionar una de las antenas, e indica la lectura de una sola etiqueta a la vez.



Los iconos son de colores para las antenas activas, y grises para las no activas y se puede seleccionar en el panel de propiedades la antena cuyo comportamiento se desea observar.

En este modo se puede variar ciertos parámetros tales como:

Rata de lectura Actual: Las medidas actuales indican la relación de lecturas por segundo de cada ciclo de lectura. Esto es un máximo teórico. Este valor puede variar de un momento a otro, dependiendo de muchos factores, que pueden afectar el campo radioeléctrico.

Rata de lectura Promedio: El promedio indica una lectura más estable, el promedio de las últimas 5 ratas de lectura. Esto da una mejor visión de la rata de lectura general

Panel de Propiedades: El lado izquierdo de la pantalla en el modo *Readometer* esta ocupado por el Panel de propiedades, el cual contiene los controles del lector y del modo en sí.

Secuencia de Antena: Se puede seleccionar cual antena leerá las etiquetas, en el caso de este lector se puede seleccionar entre 4 antenas posibles.

Protocolo de las Etiquetas: Solo los protocolos soportados por el lector están habilitados, en este caso *Class 1, Gen 2.*

Parámetros: Se pueden ajustar los parámetros que gobiernan como el algoritmo de inventario del lector adquiere las etiquetas, y cuando las pone a dormir o las despierta.

Atenuación de Radio Frecuencia: Se puede ajustar copiando un número que especifica el valor del atenuador digital, o deslizando el control para escoger de entre varios valores de atenuación en dB. Atenuar la señal de *RF* es una forma de reducir el poder, que tiene asociados rangos y ratas de lectura.

TagGrid

Este modo despliega las etiquetas leídas en la misma pantalla simultáneamente. Este modo es ideal para ilustrar la velocidad y eficiencia con la cual un número de objetos etiquetados pueden ser identificados y grabados mientras pasan simultáneamente a través del campo de lectura. Así como también permite seleccionar todas las antenas, lo que permite apreciar mejor la lectura real del lector a través de todas sus antenas conectadas.

Cuando una etiqueta o un objeto etiquetado entra al rango de lectura del portal, la identificación de la etiqueta es presentada en el centro de la pantalla del computador, y a la derecha de la identificación del *tag* aparece con una barra vertical de color, que determina la potencia de la lectura. Si la barra es verde, como la de la figura 30, indica que la etiqueta se lee correctamente, amarillo significa que la etiqueta se encuentra en el límite del rango de lectura, y al mover un poco la etiqueta alejándola del lector ocasionaría un color rojo, cuando la etiqueta ya no esté en el rango. Las imágenes que son mostradas en pantalla pueden ser modificadas con grupos diferentes, el modo que permite estas aplicaciones se denomina *Image Wizard.*

Conveyor Tag

Este modo simula la operación de una cinta transportadora, ideal para el ambiente de los carruseles en el despacho de equipaje, muestra una imagen grande de un objeto etiquetado cuando es leído, además de colocar un icono más pequeño en la parte baja de la pantalla con el conteo regresivo apropiado en función del tiempo de persistencia.

SmartShelf

Este modo es similar al *Conveyor Tag* ya que simula la operación de una cinta transportadora, sin embargo las capacidades que puede mostrar son diferentes. Permite apreciar la habilidad del sistema para leer y registrar automáticamente los productos en un inventario, al momento de ser leídos por una antena, luego actualiza el inventario cuando los productos son leídos por otra antena para sacarlo del inventario.

Se puede agregar y eliminar productos del inventario, se seleccionan las antenas que van funcionar para agregar o eliminar los productos del inventario. Cualquier producto identificado por la antena seleccionada en este modo, será agregado al inventario y se mantendrá allí hasta ser leído por una de las antenas dispuestas para eliminar los elementos del inventario.