



**TECNOLÓGICO  
DE MONTERREY®**



**TECNOLÓGICO  
DE MONTERREY®**

**BIBLIOTECA**  
Campus Ciudad de México

# **Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey**

Campus Ciudad de México

División de Ingeniería y Arquitectura

*Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones*

Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

## **Manejo de inventarios mediante tecnología RFID**

**Autores:**

Erika Rabadán  
Germán Palacios  
Manuel Román  
Erick González



**Asesor:**

Dr. Raúl Crespo Saucedo

**Inversionista (*sponsor*):**

ITECS (Ing. Jorge Calderón)

**Profesor:**

MBA/Ing. José Vicente Quintanilla Bonifaz

México DF, 12 de mayo de 2006

## Índice

1. Introducción	1
1.1. Objetivos y metas	2
1.2. Estado del arte	2
2. Teoría RFID	2
2.1. Aspectos generales RFID	2
2.2. Clasificación de etiquetas	3
2.2.1. Clase 0	4
2.2.2. Clase 0+	4
2.2.3. Clase 1 (UHF)	4
2.2.4. Gen 2	5
2.2.5. ISO 18000 – 6	5
2.3. Lector RFID	6
2.4. Antenas	6
3. Avances y Resultados	7
3.1 Caso de estudio	7
3.1.1 Descripción de la bodega	7
3.1.1.1 Planta Baja (PB)	7
3.1.1.2 Planta Alta (PA)	8
3.1.2 Proceso de inventario actual	9
3.1.3 Propuesta de control de inventario a través de RFID	9
3.1.4 Ventajas del control de inventario a través de RFID	13
3.1.5 Desventajas del control de inventario a través de RFID	13
3.2 Pruebas y resultados	14
3.2.1 Pruebas de etiquetas sobre diversos materiales	15
3.2.2 Rendimiento del equipo adquirido (antenas y lector)	26
3.2.3 Rendimiento de etiquetas	26
3.3 Programa de control de inventarios mediante la tecnología RFID Hermes	28
3.4 Manejo del Mercury4™	29
3.4.1 Configuración de las lecturas	29
3.4.2 Sistema Multi-lector	30
3.4.3 Entradas y salidas de mercancía de forma automática	31
3.4.4 Alta de productos en la base de datos	32
3.5 Manejo de la base de datos Microsoft® Access 2003	32
3.6 Interface con el usuario	35
4. Conclusiones	36
5. Anexos	37
5.1 Código Electrónico de Producto (EPC™)	37
5.2 Mejores Prácticas para el uso de etiquetas RFID UHF.	40
6. Referencias Bibliográficas	43

## 1. Introducción

RFID o Radio Frequency IDentification es un método de almacenamiento y recuperación de datos a distancia que utiliza etiquetas conocidas como tags para poder obtener información específica de los objetos a los cuales se encuentran adheridas.

Una etiqueta RFID es un dispositivo pequeño que puede ser adherida o incorporada a un producto, animal o persona. Éstas contienen antenas que permiten recibir y transmitir datos, a través de señales de radiofrecuencia, hacia un equipo lector. Existen tanto etiquetas activas como pasivas.

Un sistema básico de RFID de compone de los siguientes 3 componentes:

1. Un transponder programado electrónicamente con información única (etiquetas)
2. Una o más antenas
3. Un lector con decodificador

### *Problemática*

La problemática que se pretende resolver con este tipo de sistemas es la eficiencia en el control y manejo de inventarios en la industria de bienes de consumo

### *Justificación del proyecto*

#### a) Social

Uno de los problemas más frecuentes que existen en nuestro país es el robo hormiga, presente en la mayoría de las tiendas departamentales y de autoservicio, es por ello que es importante tener un control específico en la administración de los productos.

#### b) Tecnológico

Introducir una nueva tecnología a nuestro país que va a facilitar el control de los productos dentro de una cadena de producción y procesos de inventario, ya que se va a tener un control total desde el momento en que los productos arriban a la tienda y se almacenan en las bodegas hasta el momento en que el consumidor los adquiere.

#### c) Económico

En los sistemas actuales no se tiene un inventario extremadamente confiable, ya que éste depende de que el sistema se refresque cada cierto tiempo y manualmente se inserte o se extraiga alguna pieza, lo cual también puede generar tanto robos como malos manejos del producto.

Lo que se propone es implementar un sistema que sea capaz de dar información veraz y confiable de los existentes en un almacén, con lo cual se

tiene la plena confianza de saber lo que se tiene y lo que no, en un mucho menor tiempo y con mayor eficiencia.

## **1.1 Objetivos y metas**

### *General*

Diseño de una aplicación basada en tecnología RFID para el manejo de entradas y salidas de inventario dentro de un almacén de bienes de consumo.

### *Particular*

1. Realización de pruebas de desempeño y comportamiento enfocadas a nuestra aplicación (etiquetas, antenas y lector)
2. Desarrollo de un sistema mínimo usando la tecnología RFID con el fin de generar datos útiles para el manejo de entradas y salidas de inventario, el cual cuenta con las siguientes características:
  - a. Adquisición de datos del sistema RFID (Mercury4™)
  - b. Procesamiento e interpretación de los datos adquiridos
  - c. Integración de los datos procesados a una base de datos

## **1.2 Estado del arte**

La tecnología RFID se encuentra en una etapa de constante desarrollo debido al gran potencial que ésta presenta.

En función del análisis realizado se eligió adquirir equipo de la marca ThingMagic, específicamente el modelo Mercury4™, el cual presenta las siguientes características:

- Lector inteligente con procesador Intel de 266MHz
- Compatibilidad de lectura con todas las etiquetas (Clase 0, 0+, 1, Gen2, ISO 18000-6B)
- Frecuencias UHF (FCC, ETSI & Asia)
- Puertos de comunicación 10/100 Base T Ethernet y Serial (RS-232)
- Protocolos de red TCP/IP, UDP/IP, HTTP, DHCP, SNMP

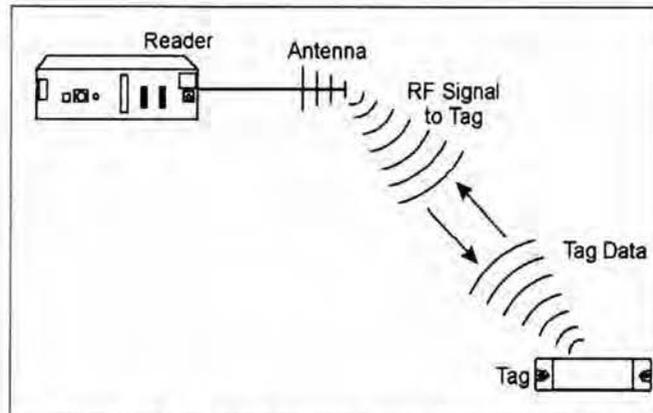
## **2. Teoría RFID**

### **2.1 Aspectos generales RFID**

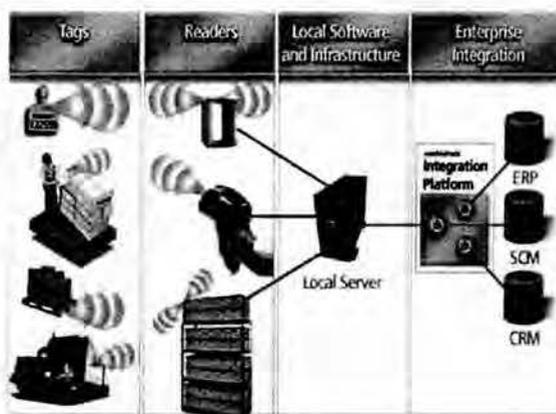
RFID es un sistema que utiliza señales de radiofrecuencia de baja potencia para transmitir datos entre un dispositivo (etiquetas o *tags*) y un lector RFID, para leerlos y/o escribirlos.

Un sistema básico de RFID se compone de los siguientes 3 componentes:

1. Un transponder programado electrónicamente con información única (etiquetas o *tags*)
2. Una o más antenas (*antenna*)
3. Un lector (*reader*)



The Association of the Automatic Identification and Data Capture Industry  
AIM Inc White Paper FF-00/001



En la imagen se muestran diferentes aplicaciones donde se pueden colocar los tags, seguidos por los diferentes tipos de lectores disponibles (antenas, *handhelds* o lectores portátiles y repisas inteligentes) cuya información llega a un servidor local (PC) y se lleva a cabo la administración de la misma.

## 2.2 Clasificación de Etiquetas.



Las etiquetas se conocen también como *transponders* o *tags*, las cuales puede ser pasivas, semi-activas o activas. Las pasivas no cuentan con fuente de energía propia ni con un transmisor activo; las semi-activas cuentan con una fuente de energía pero no cuentan con transmisor mientras que las activas cuentan con ambos.

La velocidad de lectura es sumamente rápida ya que pueden responder en menos de 100 milisegundos, lo que las hace ideales para las líneas de producción.

Existen diferentes estándares y protocolos que diferencian a las etiquetas pasivas entre sí, siendo los organismos reguladores más importantes EPC e ISO, quienes han especificado los siguientes:

- a) Clase 0
- b) Clase 0+
- c) Clase 1
- d) Gen 2
- e) ISO 18000-6

### 2.2.1 Clase 0

La característica principal de este tipo de etiquetas es que son programadas de fábrica para la aplicación que se vayan a requerir por lo que no se les podrá cambiar la información una vez que éstas hayan sido elaboradas, simplemente podrán ser leídas.



Matrics EPC Clase 0 de 64 bits

### 2.2.2 Clase 0+

Las etiquetas que se encuentran desarrolladas bajo este estándar tendrán la capacidad de ser rescritas en una ocasión (WORM: *Write Once Read Many*), por otra parte, también las encontramos con una mayor capacidad de memoria, pues podemos adquirirlas hasta con 96 bits de memoria.



Matrics EPC Clase 0+ de 64 bits

### 2.2.3 Clase 1(UHF)

Son etiquetas que trabajan en el rango UHF, definido de los 860 MHz – 960 MHz, las cuales podemos encontrar de 64 y 96 bits de memoria. Estas etiquetas pueden ser reescritas como mínimo en un número de 25 ocasiones (dependiendo del fabricante).

El rango de lectura puede ir hasta los 10 metros de distancia en las mejores condiciones.



Alien EPC Clase 1 de 64 bits



Alien EPC Clase 1 de 96 bits



Alien Squiggle EPC Clase 1 de 94 bits

### 2.2.4 Gen2

Este es un protocolo que complementa a los anteriores (Clase 0, 0+ y 1), de tal manera, que se incrementan las capacidades de cada una así como también se establece una sola especificación para las etiquetas Clase 0 y 1 en el rango de UHF.



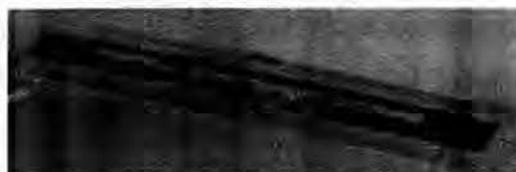
ALL-9440 (Squiggle 2.2)  
EPC Gen 2

- Mayor capacidad de lectura (número de etiquetas)
- Más ciclos de escritura (mínimo de 10mil)
- Tienen la capacidad de aceptar más bloques de memoria
- Existe el modo denso de lectura (sistema con diversos tipos de lectores y etiquetas en un mismo ambiente)
- Lo anterior lo evita con un protocolo anticollisiones, *Q algorithm* (pone en modo *sleep* a las etiquetas y las llama cuando se requiera)

### 2.2.5 ISO 18000 - 6

Dicho protocolo desarrollado por la ISO está orientado a la regulación de las etiquetas en el rango de las UHF y se encuentra dividido en tres partes, el 6A, 6B y 6C.

Las dos primeras partes, A y B, son absorbidas por la actual que es la C, en general se mencionan los tipos de modulación que utiliza, algoritmos anticollision, tipo de comunicación entre el lector y la etiqueta, que se conoce como *ITF (Interrogator Talk First)*.



ISO 18000-6B de 64 bits

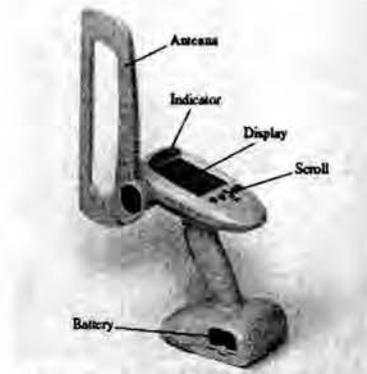
## 2.3 Lector RFID

El lector modula la información a ser transmitida en una frecuencia portadora y la transmite a través de la o las antenas que tenga conectadas. A través de la antena acoplada a las etiquetas pasivas, se logra capturar una cierta cantidad de energía transmitida por el lector con la cual se puede almacenar de forma capacitiva para poder enviar una respuesta hacia la antena lectora. Ésta última toma la señal de respuesta emitida por la etiqueta, la transmite hacia el lector el cual la demodula y la procesa para ser descifrada por la PC o servidor.

Existen lectores fijos (*stationary readers*) y móviles (*handheld readers*). Los lectores fijos suelen colocarse empotrados a la pared a suficiente altura para evitar que las personas no autorizadas puedan tener contacto con éste, además de ubicarlos fuera del alcance del público en general.



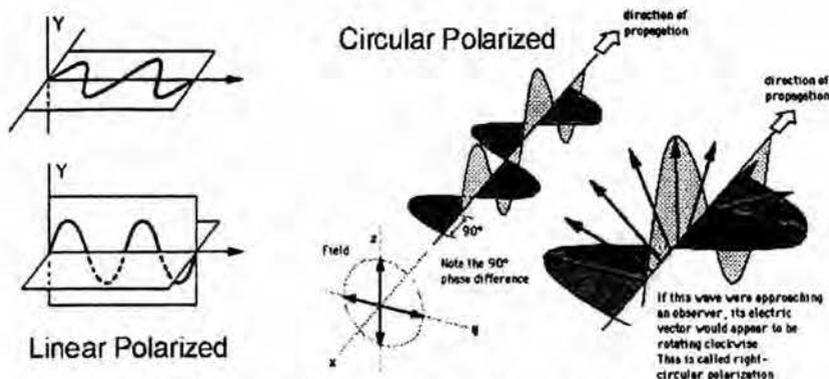
Lector fijo Mercury4™ de ThingMagic



Lector móvil 3M RFID (*Handheld*)

## 2.4 Antenas

Para nuestro proyecto utilizamos antenas con polarización circular, donde las ondas de este tipo de polarización irradian energía tanto en los planos vertical y horizontal como en todos los que quedan comprendidos entre estos dos.



Antenna Polarization <http://www.air-stream.org/Polarization>

### **3. Avances y Resultados**

#### **3.1 Caso de estudio: Bodega de la Central de Abastos de la Ciudad de México**

Se contempla la posibilidad de implementar la tecnología RFID para lograr hacer mucho más eficiente los procesos de inventariado para una bodega que almacena productos en la Central de Abastos de la Ciudad de México.

Los productos que se manejan en esta bodega son muy variados, no existe un orden específico de su ubicación dentro de la misma, se encuentran colocados en distintas posiciones (de frente, lateralmente, por la parte posterior, etc.), prácticamente todos los productos entran dentro de la categoría de los abarrotos.

El rango de precios entre los cuales oscila la mercancía en cajas que manejan va desde los \$30 (ej. cajas de sopa) hasta los \$10740 (ej. cajas de cigarros).

La bodega cuenta con 3 entradas/salidas principales de mercancías: un andén trasero por donde entra y sale la mayor cantidad de productos a nivel mayorista, un módulo de mayoreo por donde se vende por volumen y un acceso a un Mini súper donde se vende a nivel minorista, por donde en ocasiones se ingresa producto de mayoreo hacia el interior de la bodega.

##### **3.1.1 Descripción de la bodega**

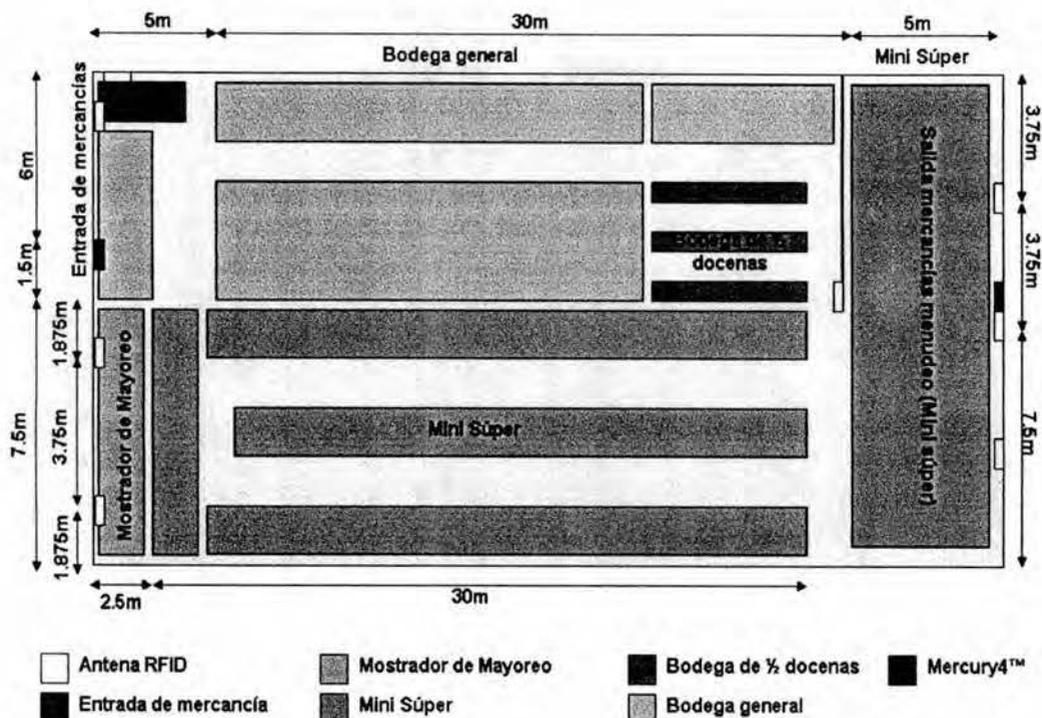
Esta bodega se compone de dos pisos (Planta baja o PB y la Planta alta o PA), los cuales se describen con mayor detalle a continuación:

###### **3.1.1.1 Planta baja (PB)**

Ancho	7.5m
Largo	35m
Altura	3.5m

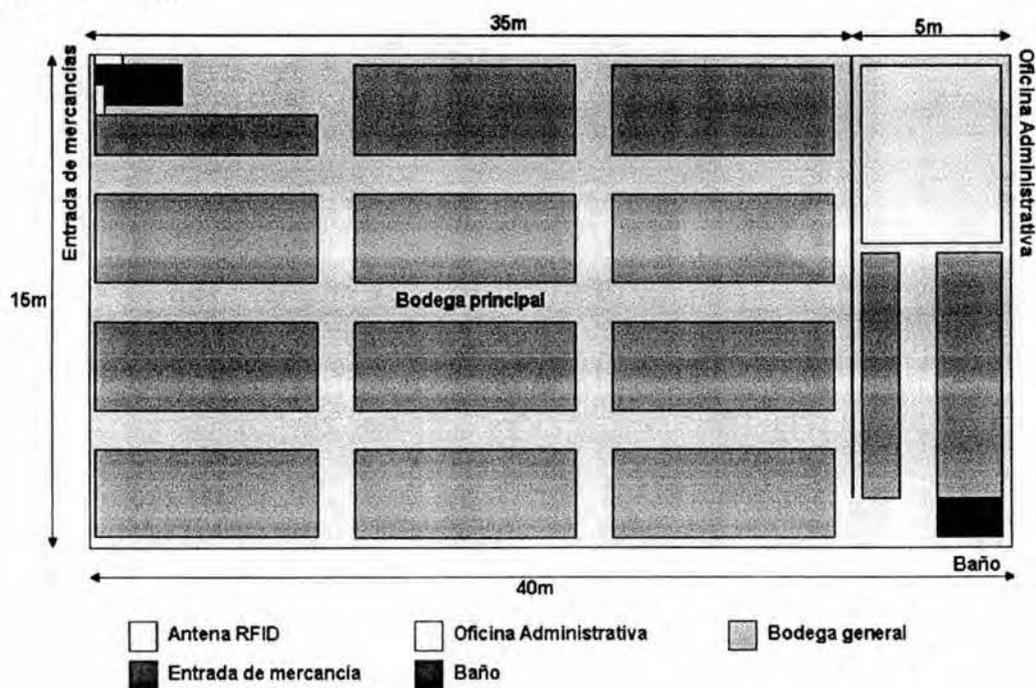
La planta baja se divide en 4 secciones:

- a) Mini súper (2 pasillos largos donde encontramos productos al menudeo, es decir a nivel *ítem*, además del área de cajas y estantes)
- b) Mostrador de mayoreo
- c) Bodega general (un pasillo de 30m con cajas acomodadas a ambos costados)
- d) Bodega de medias docenas (dos pasillos de 5m con estantes llenos de productos en bolsas y cajas con medias docenas)



### 3.1.1.2 Planta alta (PA)

Ancho 15m  
 Largo 40m  
 Altura 3m



La planta alta se compone de 2 secciones:

- Oficina administrativa
- Bodega principal

La bodega principal se conforma de 4 pasillos largos (aproximadamente 35m de largo por 1m de ancho) con cajas estibadas a los costados.

### **3.1.2 Proceso de inventario actual**

Para la realización del inventario actual se requiere de entre 25 a 30 personas y toma entre 7 a 10 horas para poder llevar a cabo el inventario completo de la bodega, lo que equivale a un aproximado de entre 175 a 300 horas hombre cada mes.

El proceso actual consiste en dividir la bodega en secciones y mandar a los trabajadores a hacer un conteo manual de los productos que se encuentran en alguna de las secciones, tomando nota de que y cuantos productos encontraron. Después se manda a otro trabajador a repetir el proceso en la misma sección y en ocasiones se llega a mandar a un tercero. Al finalizar este conteo, se comparan los datos registrados por cada uno de los trabajadores que contaron en determinada sección de la bodega; si los datos coinciden, la información es tomada como veraz y se prosigue con otra sección. Si los datos son diferentes se vuelve a mandar a alguien para que lleve a cabo un nuevo conteo y así poder cerciorarse del stock en existencia.

### **3.1.3 Propuesta del control de inventario a través de RFID**

Tras haber analizado la distribución y características de la bodega logramos establecer dos propuestas para llevar a cabo un control más eficiente de los procesos de inventario que se realizan en la misma, siendo éstas las siguientes:

#### ***a) Propuesta de inventario de entrada y salida***

Esta propuesta considera la implementación de la tecnología RFID para poder tener un control y registros de entrada y salida de las mercancías que ingresen o salgan de la bodega, ya sea por la puerta trasera o por la delantera.

El equipo considerado para desarrollar esta propuesta es del fabricante ThingMagic, el modelo Mercury4™, el cual presenta un gran desempeño y características muy funcionales tales como la lectura de etiquetas de cualquier protocolo (Clase 0, 0+, 1, Gen2, ISO-18000-B, etc.), compatibilidad con redes Ethernet (TCP/IP, UDP/IP, HTTP, SNMP, DHCP), eficiencia en la lectura y escritura de las etiquetas, así como un manejo fácil y amigable.

Se propone la colocación de 8 antenas distribuidas de la siguiente forma:

- 2 antenas colocadas en la entrada y salida de mercancías de mayoreo (en los andenes o parte trasera de la bodega)
- 2 antenas colocadas en el mostrador de mayoreo (salida a nivel mayoreo de la mercancía)
- 3 antenas colocadas en la salida de mercancías a menudeo (Mini súper)
- 1 antena colocada a la salida de la bodega de ½ docenas ya que es el acceso entre el Mini súper y la zona de bodegas

Nota: se nos mencionó que en ocasiones los proveedores entregan o retiran los productos por la salida del Mini súper, es por ello que debemos de tener un control de las entradas y las salidas de mercancías a nivel mayorista en esta zona.

Con esta cantidad de antenas se cubrirán todos los accesos a la bodega donde se realizan entradas y salidas de mercancías, por lo que todo producto que cuente con una etiqueta será detectado al momento de pasar frente o por debajo de las antenas.

Para poder contar con las 8 antenas que requerimos para cubrir todos los accesos a la bodega es necesario contar con al menos 2 lectores de RFID, colocados en distintos puntos de la misma:

- 1 lector colocado en la zona del mostrador de mayoreo, el cual contará con las antenas de la parte trasera de la bodega (entrega en andén) para cubrir las entradas y salidas de mercancías
- 1 lector colocado en el área del Mini súper para cubrir la entrada a éste así como la entrada a las bodegas ( ½ docenas y bodega general)

Ambos lectores deben estar colocados en la pared (empotrados con tornillos #12 o M5), ubicados de la siguiente forma:

- El lector trasero (sección de andenes o entrada mayorista) se colocará lo más alto posible (aprox. a 3.2m de altura), a 6m de distancia del acceso de mercancías, es decir a 1.5m de la mitad de la bodega hacia la entrada de mercancías (ver diagrama de PB).
- El lector delantero (entrada/salida del Mini súper) se colocará lo más alto posible, tal como el otro lector, y colocado a 7.5m del inicio de la bodega, es decir, exactamente a la mitad de la misma (ver diagrama de PB).

La ubicación de ambos lectores se encuentra planeada para poder satisfacer las distancias entre éstos y las antenas a conectarles, ya que el cable que se utilizará para realizar esta conexión es de tipo LMR-195 con conectores hembra TNC a hembra TNC (*Reverse TNC to Reverse TNC*) de 25ft de longitud (7.62m), cuya atenuación no afecta significativamente al desempeño de las antenas ni del lector (2.5dB por los 25ft, es decir 0.1dB por ft).

Como la bodega ya cuenta con una red Ethernet implementada sólo es necesario corroborar que haya dos puertos libres en el Switch, para asignar un puerto específico a cada uno de los dos lectores. (No hay necesidad de colocar algún amplificador o regenerador de la señal, ya que el cable UTP Cat5 y Cat6 soporta una distancia máxima de hasta 100m.)

Para un mejor manejo de la información y para tener una mayor seguridad de que los lectores sólo serán manipulados por personal autorizado se puede crear una VLAN específica para éstos y con la ayuda de un Router podemos crear listas de acceso que bloqueen las peticiones de usuarios no autorizados, claro está sin dejar de ser 100% funcional la operación de los lectores.

El programa de manejo de inventarios que nosotros desarrollamos debe ser instalado en el servidor de la bodega para poder ser consultado por los equipos autorizados. Este programa contará con un método de autenticación para asignar o restringir ciertos privilegios o modos de usuario (modo usuario y modo administrador).

Se requiere que todos los productos que se reciben en la bodega vengan previamente etiquetados para que al momento de entrar a ésta sean detectados los códigos y se ingrese a la base de datos los datos del producto que acaba de arribar o de salir, dependiendo cual sea el caso.

Para que esta propuesta pueda funcionar de manera óptima y eficiente, es necesario llevar a cabo una capacitación de todo el personal que vaya a estar en contacto con esta tecnología, tales como los usuarios que monitoreen el stock de los productos así como lo usuarios que cuenten con todos los privilegios.

El proceso de inventariado que se realiza mensualmente tendrá que seguir llevándose a cabo de forma manual (conteo uno por uno de los productos que se encuentran en determinada sección de la bodega), pero con la ventaja de que ya no se tendrá que mandar a varios trabajadores a contar una misma sección para comparar los datos recabados por cada uno de ellos, sino que ahora con llevar a cabo un solo conteo podremos cotejar la información con la existencia registrada en nuestra base de datos (entradas menos salidas) y verificar si la información es correcta y precisa.

El costo promedio del equipo propuesto es de **\$8 405.65USD**, el cual se desglosa como se muestra a continuación:

Equipo	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Kit RFID (Lector Mercury4™, 2 antenas y 4 cables de 6ft)	2	\$3195USD	\$6 390USD
Antenas (TM-ANT-NA-P6-2C)	4	\$399USD	\$1 596USD

Cables LMR-195 de 25ft	7	\$59.95USD	\$419.65USD
<b>Gran Total</b>			<b>\$8 405.65USD</b>

*b) Propuesta de inventario con conteo preciso*

Esta segunda propuesta contempla todo lo estipulado en la propuesta anterior (propuesta de inventario de entrada y salida) pero la diferencia es que logra hacer mucho más eficiente los procesos de inventario, específicamente el conteo de las mercancías que se encuentran almacenadas en la bodega.

Para esta propuesta se contempla la adquisición de lectores de RFID de tipo *handheld*, es decir, lectores portátiles para poder realizar el conteo del inventario al realizar un barrido frente a los productos estibados en la bodega y detectar los tags adheridos a las mercancías y así determinar, sin necesidad de un conteo manual, la cantidad de productos que tenemos almacenados, es decir, el stock en existencia, el cual puede ser corroborado con la relación existente en la base de datos (entrada menos salida de mercancías).

Como los productos que llegan a la bodega ya vienen previamente etiquetados, al momento en que ingresen a la bodega se darán de alta en la base de datos (de entrada); así mismo, cuando éstos salgan de la bodega se darán de baja de la base de datos (de salida) y así podremos tener un inventario en relación de las entradas menos las salidas.

Para el inventario que se acostumbra realizar cada mes será necesaria la labor de mucho menos personal (será en función de la cantidad de lectores portátiles o *handhelds* que se deseen adquirir) ya que el encargado contará con un lector portátil, con el cual hará un barrido frente a los productos asignados a su sección, por lo que no tendrá que realizar un conteo de forma manual, y en dado caso de que se requiera volver a contabilizar los productos, bastará con realizar otro barrido frente a los mismos, lo cual se llevará a cabo en un mucho menor tiempo que de la forma tradicional en que se realiza actualmente.

Un factor clave para que este tipo de propuesta funcione adecuadamente es que los productos sean acomodados de tal forma que los tags quedaran viendo hacia el frente, para que al momento de realizar el barrido con el *handheld* se puedan leer sin dificultades, por lo que la capacitación tendría que hacerse extensiva a todo el personal que labore en la bodega (usuarios del software, de los *handhelds* y sobretodo a los estibadores o cargadores).

El costo promedio del equipo propuesto es de **\$13 400.65USD**, el cual se desglosa como se muestra a continuación:

Equipo	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Kit RFID (Lector Mercury4™, 2 antenas y 4 cables de 6ft)	2	\$3195USD	\$6 390USD
Antenas (TM-ANT-NA-P6-2C)	4	\$399USD	\$1 596USD
Handheld	1	\$4995USD	\$4 995USD
Cables LMR-195 de 25ft	7	\$59.95USD	\$419.65USD
<b>Gran Total</b>			<b>\$13 400.65USD</b>

### 3.1.4 Ventajas del control de inventario a través de RFID

- Reducción de tiempo en la realización del inventario
- Confiabilidad de la información
- Se pueden realizar estadísticas de entradas y salidas (productos con mayor demanda y movilidad dentro de la bodega, etc.)
- Rotación de productos para sacar los que tengan fechas de caducidad más cercanas y así evitar que se echen a perder
- Seguridad en la información y en el manejo de los productos
- Inventarios más actualizados en un mucho menor tiempo (reducción significativa en horas hombre) y con una confiabilidad extremadamente alta (específicamente para el caso de la segunda propuesta).

### 3.1.5 Desventajas del control de inventario a través de RFID

- Se requiere que los proveedores envíen las mercancías previamente etiquetadas
- Se requiere de una fuerte inversión inicial para adquirir los equipos
- No se puede contar con un inventario en tiempo real
- Se tiene que llevar a cabo una capacitación al personal que se encuentre en contacto con esta nueva tecnología e incluso a todos para el caso de la segunda propuesta.
- Se tienen que cambiar los hábitos de los cargadores o estibadores para que coloquen la mercancía con los tags viendo hacia el frente\*\*\*

\*\*\*Específicamente para el caso de la segunda propuesta (propuesta de inventario con conteo preciso)

### Conclusión de nuestro caso de estudio

Debido al análisis realizado para lograr una mayor eficiencia en los procesos de inventario de la bodega, hemos llegado a la conclusión de que por el momento no es viable la implementación de las propuestas antes mencionadas debido a los costos de adquisición de los equipos, al tamaño de la bodega, pero

especialmente debido al costo de las mercancías que se almacenan en este lugar, los cuales en su mayoría no justifican la inversión de una etiqueta, además de que se tendría que cambiar radicalmente la forma en que se acomodan los productos dentro de la bodega, lo que conlleva a una capacitación y a que los empleados se apeguen a las nuevas disposiciones.

La implementación de la tecnología RFID sólo puede ser viable para productos en los que la caja tal cual justifique la inversión de una etiqueta, es decir, que los productos que ésta contenga tengan un costo mucho más elevado que el del tag que se le piensa adherir (ej. una caja de cigarrillos con valor de \$10740 justifica completamente el colocarle una etiqueta de \$5, mientras que una caja de sopa de \$30 no lo justifica en absoluto).

Se tiene que analizar en términos monetarios a los productos en cuestión para saber si es equiparable el invertir en la tecnología RFID. Las propuestas serán viables cuando los productos de alto precio sean los suficientes como para poder justificar la inversión a realizar o cuando el monto total de los productos de alto precio puedan compensar a los de bajo precio.

La clave principal para poder aplicar la tecnología RFID en una bodega como la que analizamos es el lograr abaratar los costos de la implementación y de los consumibles (tags), sin embargo, esto no es posible lograrlo debido a que la cadena de producción no ha implementado aún este sistema, lo que quiere decir que los productos no se encontrarán etiquetados al llegar a la bodega, por lo que es importante considerar antes del abaratamiento de las etiquetas el uso de esta tecnología en cada una de las partes de la cadena de producción.

### **3.2 Pruebas y resultados**

Durante toda la parte de pruebas se siguió un mismo esquema, llegando a determinar una metodología para realizarlas.

1. Establecer el objetivo de la prueba
2. Recabar el material necesario
3. Guardar los datos de cada lectura en diversas hojas de Excel
4. Vaciar todos los datos en otra hoja, donde se generaron gráficas y estadísticas de la prueba
5. Realizar un documento en Word de cada prueba, dando las especificaciones y conclusiones de la misma

Las pruebas que se llevaron a cabo tuvieron tres enfoques principalmente:

- Pruebas de etiquetas sobre diversos materiales
- Rendimiento del equipo adquirido (antenas y lector)
- Rendimiento de diversas etiquetas

### 3.2.1 Pruebas de etiquetas sobre diversos materiales

Los materiales sobre los que fueron adheridas las etiquetas fueron los siguientes:

- Cartón
- Ropa de algodón y calzado
- Materiales plastificados
- Latas de aluminio
- Botellas de vidrio
- Botellas de PET

Las distancias a las que se realizaron las pruebas fueron de un metro a cuatro metros de distancia desde la antena lectora, y en relación a la altura, desde un metro hasta los dos y medio metros respecto a la antena.

El tiempo a la que cada medición se llevaba a cabo fue de 30 segundos, y el paso de la señal fue de una señal por segundo en la mayor parte de las pruebas, por lo que se considera como una lectura confiable cuando se obtuvieron de 27 a 30 lecturas en dicho lapso.

#### *Materiales*

De acuerdo a los materiales que usamos, los materiales más adecuados para trabajar con las etiquetas son: el cartón, la ropa de algodón y el calzado, inclusive dentro de las plantillas de los zapatos se detectaron sin ningún problema, por otra parte, en caso de que la caja estuviera plastificada (simulando un pallet) no existió ninguna anomalía para llevar a cabo la lectura.



Simulación de Pallet



Caja con ropa

Sin embargo, cuando llevamos a cabo pruebas con botes de cartón ahulado (Tetrapack), los resultados fueron deficientes, tanto para la etiqueta Squiggle

Gen1 como Gen2, no así para la etiqueta Matrics 0+, ya sea con líquido y sin líquido para todos los casos antes mencionados.



Las etiquetas Squiggle (Gen1 y Gen2) no presentaron lectura (con y sin líquido)



La antena solo respondió cuando se le acercaba a la antena (con y sin líquido)

Para el caso de la utilización de etiquetas con latas de aluminio, el rendimiento cambio bastante. Para el primer caso, introducimos las latas dentro de una caja de cartón y la etiqueta fue adherida en la parte exterior de la misma, tal cual se muestra en las siguientes dos imágenes.

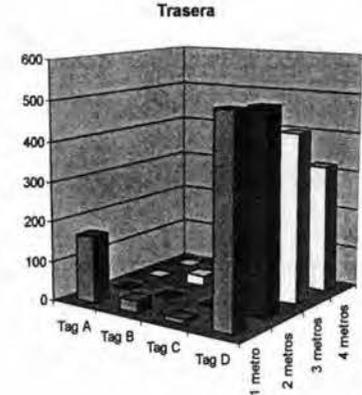
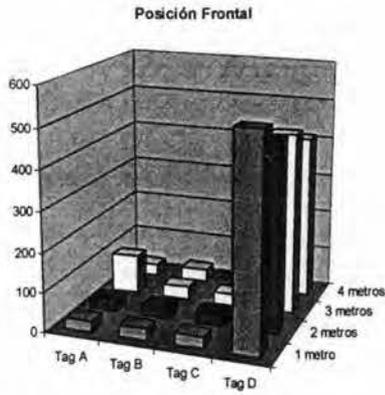


Caja con latas de refresco



Caja de cartón con latas dentro

Al analizar los datos obtenidos en dicha prueba, logramos determinar que definitivamente no es un material adecuado para manejar este tipo de etiquetas, sin embargo, la etiqueta Gen2 logró mostrar un rendimiento estable en puntos específicos de la prueba (frontal, posterior y trasera), en las partes laterales las lecturas fueron deficientes. La única posición en la que todas las etiquetas presentaron buen rendimiento fue en la frontal.



Lectura óptima en todas las etiquetas

Lectura óptima sólo en Gen2

Por otra parte, se realizó una prueba de manera individual con diversos tipos de etiquetas y en diversas posiciones, como se muestra en la siguiente imagen, sin embargo los resultados fueron nulos. Las latas también fueron probadas con y sin líquidos sin obtener lectura alguna.



Etiquetas adheridas directamente a una lata de aluminio

En las siguientes imágenes se muestra el uso de etiquetas sobre botellas vidrio; primero con mayonesa, posteriormente un recipiente similar pero sin ninguna sustancia dentro del mismo y finalmente en una botella de mayor tamaño con agua dentro de éste.



Gen1. No se presentó lectura alguna (vertical y horizontal)



Matrics 0+. Leyó hasta los 50cms



Gen2. Lectura hasta los 70cms en horizontal  
Ahora se describe el rendimiento de las etiquetas en una botella de vidrio vacía.



Gen2. Lectura hasta 1m en vertical



Gen1. Presentó lecturas hasta los 70cms en horizontal y vertical



Tanto para Gen2 y Matrics 0+ las lecturas fueron eficientes inclusive a distancias de 7m

Finalmente, en las siguientes fotografías se explica el comportamiento de las etiquetas adheridas a una botella de vidrio y con líquido dentro del mismo, cabe mencionar que la etiqueta Squiggle Gen1 no presentó lectura alguna.



La etiqueta de Gen2 presentó lecturas tanto en horizontal como vertical solo si se acercaba directamente a la antena y a no más de 3cms de distancia



La etiqueta Matrics 0+ mostró el mismo rendimiento que la de Gen2, lecturas a no más de 3cms

Ahora cambiamos de material e hicimos pruebas con botellas de PET de diversos tipos, cabe mencionar que cuando se presentó una botella vacía de este mismo tipo, las lecturas fueron normales.



La etiqueta Squiggle Gen1 no presentó lecturas en ninguna posición, y sin la miel el comportamiento de la etiqueta fue normal



Para la etiqueta Matriz 0+ la lectura llegó hasta los 70cms de distancia



En la posición mostrada, la etiqueta Gen2 mostró lecturas hasta los 30cms



En posición vertical, la etiqueta Squiggle Gen2 llegó a leer hasta 1m de distancia respecto a la antena lectora

Continuando con las pruebas en este tipo de material, ahora se presenta una botella un tanto más delgada y común de acuerdo a las ventas de agua embotellada; al vaciar el líquido de la botella, el rendimiento de las etiquetas fue normal.



La etiqueta Squiggle Gen1 no arrojó resultado alguno



La etiqueta mostró buen rendimiento hasta los 50cms de distancia



En la posición mostrada (horizontal) se lograron lecturas hasta los 50cms



Etiqueta colocada en posición vertical, registró datos hasta 1m de distancia

Ahora se muestra imágenes donde se usan diversas etiquetas en un bote de hule con mayonesa.



No se detectó lectura alguna con la etiqueta Gen1, en ninguna posición



En este tipo de etiqueta (Matrics 0+) hubo lecturas hasta los 30cms



En la posición mostrada la etiqueta Gen2 no registró lectura alguna



La Squiggle Gen2 en posición vertical, fue detectada hasta los 50cms de distancia

### *Posición de la etiqueta*

Las etiquetas que evaluamos fueron las siguientes:

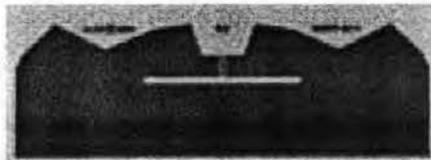
#### **Clase 1 Gen1**



ALL-9338 (Squiggle 1.1)



ALL-9350 (I)



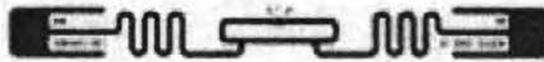
ALL-9354 (M)

#### **Clase 0+ Gen1**



Matrics 0+ (solo para prueba con diversos materiales)

## Clase 1 Gen2



ALL-9440 (Squiggle 2.2)

El motivo por el que evaluamos dichas etiquetas, es debido a que son de las más comerciales que podemos encontrar en el mercado y a un precio accesible, así como también eran las etiquetas con las que contábamos en mayor número.

Las posiciones a las que deben de ser colocadas para tener una lectura confiable son las siguientes:

*Frontal o trasera (horizontal o vertical) a la antena.*



Trasera Horizontal



Trasera Vertical

*Transversal vertical con respecto a la antena.*

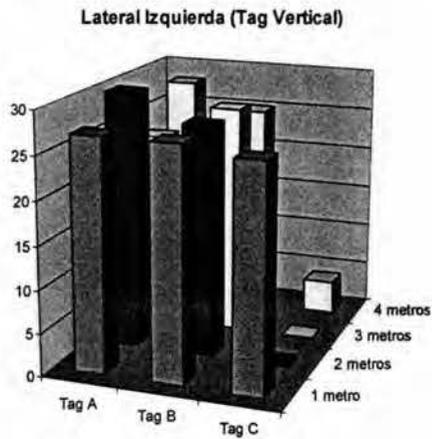


Posición correcta (transversal vertical)

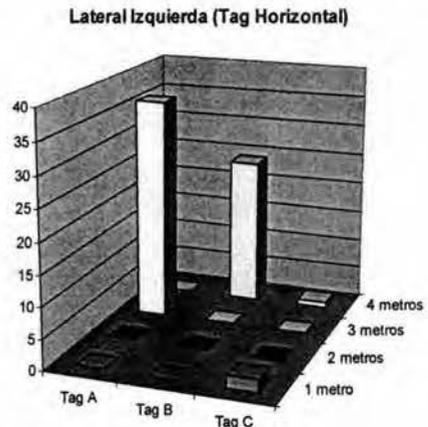


Posición INCORRECTA (transversal horizontal)

A continuación se muestran un par de gráficas donde se puede visualizar que la posición transversal vertical muestra un rendimiento excelente, en comparación de la posición transversal horizontal, donde no existe ninguna lectura.



Lectura óptima



Lectura deficiente

*Perpendicular (horizontal y vertical) respecto a la antena*



Perpendicular Vertical



Perpendicular Horizontal

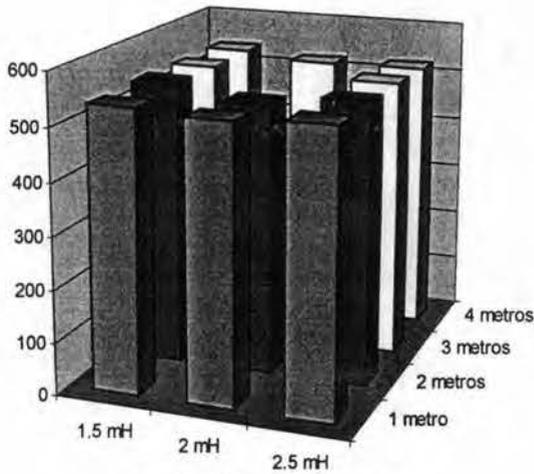
*Etiquetas colocadas a cierta distancia y altura respecto a la antena*

En esta prueba nuestro objetivo fue el analizar a diversas alturas y distancias las etiquetas, siendo adheridas a cajas de cartón, con ropa y calzado dentro de la misma.

Los resultados fueron buenos en todas las etiquetas, solamente la etiqueta Squiggle de primera generación fue inestable a partir de los dos metros de altura en todas sus distancias.

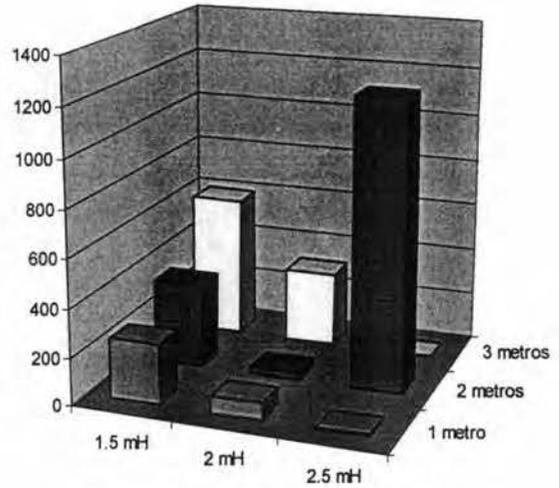
En las siguientes gráficas podemos observar el comportamiento de las mismas:

Caja Aulada (Etiqueta Gen2)



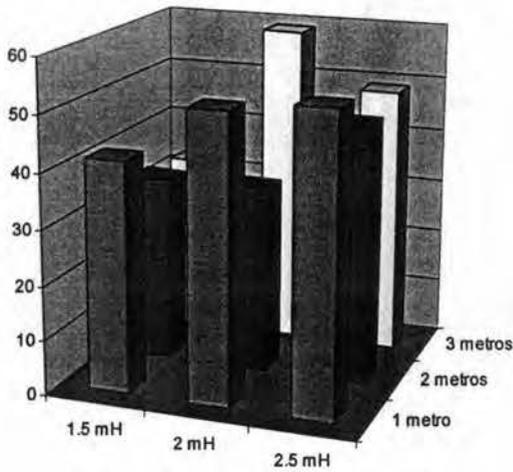
Gráfica de etiqueta Gen2

Etiqueta Squiggle Gen1



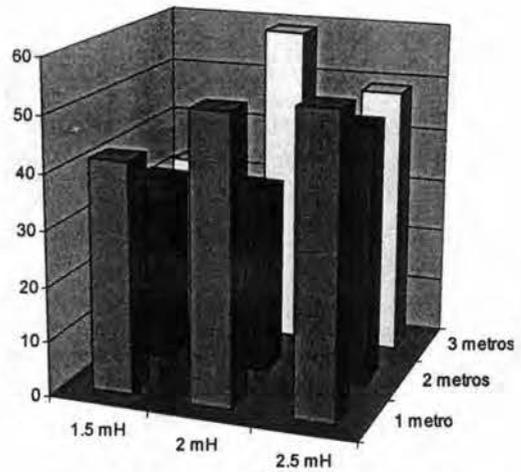
Gráfica de etiqueta Squiggle Gen1

Alien ALL-9350-02



Gráfica de etiqueta ALL-9350 (Gen1)

ALL-9354-02



Gráfica de etiqueta ALL-9354 (Gen1)

En esta prueba podemos agregar que una vez más la etiqueta Squiggle de generación dos (Gen2) tiene una mejor respuesta sobre las etiquetas de generación uno (Gen1).

En resumen, a continuación se muestran dos tablas que engloban el comportamiento general de las etiquetas de RFID.

Tabla de posiciones de etiquetas.

Posición	Rendimiento
Frontal horizontal	✓
Frontal vertical	✓
Trasera horizontal	✓
Trasera vertical	✓

Transversal horizontal	x
Transversal vertical	✓
Perpendicular horizontal	✓
Perpendicular vertical	✓

La tabla anterior muestra las principales posiciones de colocación de una etiqueta en base a una caja de cartón, respecto a una antena lectora, a distancias de entre 2 y 4 metros de distancia.

Tabla de rendimiento en diversos materiales

Material	Rendimiento
Caja de cartón aulada	✓
Caja de cartón con latas de aluminio	x
Caja de cartón con ropa	✓
Bote de Tetrapack con líquido	x
Bote de Tetrapack sin líquido	x
Latas de aluminio	x
Recipiente de vidrio con mayonesa	x
Recipiente de vidrio con agua	x
Recipiente de vidrio sin producto	✓
Botellas de PET con miel	✓
Botellas de PET con agua	x
Recipiente de hule con mayonesa	x

De la tabla anterior, existen casos en los que se debe de buscar una colocación precisa de la etiqueta para obtener mejores rendimientos, tal es el caso de la caja de cartón que contiene latas de aluminio, por ejemplo, en el caso de colocar de manera frontal la etiqueta, habrá lecturas normales, sin embargo en caso de ponerla en la parte trasera de la caja respecto a la antena lectora, difícilmente obtendremos una lectura aceptable.

En conclusión, podemos decir que existirá absorción de las ondas UHF cuando se presenten materiales que contengan líquidos, pues éstos atenuarán o debilitarán la señal propagada, dicha absorción variará de acuerdo a la sustancia que se presente y de la potencia con que se envíe la señal.

Por otra parte, para los materiales de metal y en especial las hojas de aluminio muy delgadas como es el caso de las latas de refresco, tendremos un mal rendimiento de lecturas debido a que existe una especie de blindaje, el cual no permite el paso de las señales de radiofrecuencia a las cuales estamos trabajando.

### **3.2.2 Rendimiento del equipo adquirido (antenas y lector)**

En cuanto a este apartado se refiere, logramos comprobar el funcionamiento de la mayor parte de las funciones que tiene el lector, como por ejemplo:

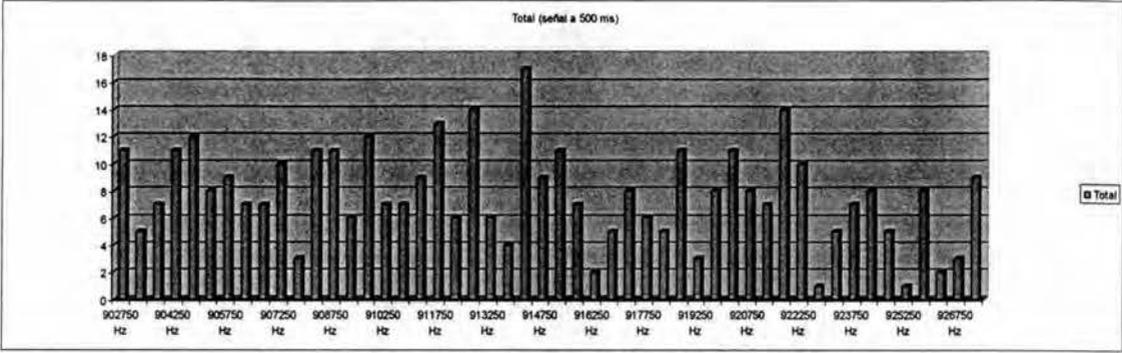
- El funcionamiento integral de de todos los puertos para colocar antenas.
- Funcionamiento de ambas antenas al mismo tiempo e individualmente.
- Se migró al nuevo sistema operativo, el cual nos brinda la posibilidad de realizar lecturas con etiquetas de Gen2.
- Llevamos a cabo pruebas sobre las instrucciones que puede recibir una etiqueta:
  - Lectura
  - Escritura
  - Asignación de un password
  - Bloqueo y desbloqueo
  - Matar (*Kill*)

### **3.2.3 Rendimiento de etiquetas**

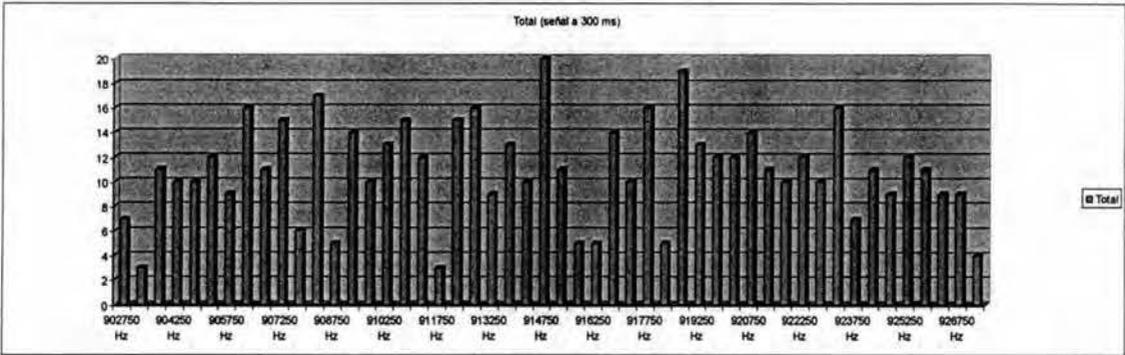
Las etiquetas con las que trabajamos tienen un ancho de banda de 500kHz, trabajando en un rango de frecuencias desde los 902.75MHz hasta los 927.25MHz, de lo anterior podemos comprobar que efectivamente la frecuencia central del canal sobre el que trabajan es de 915MHz.

Esta prueba consistió en colocar las etiquetas a una distancia y altura donde pudieran ser detectadas sin ningún problema, posteriormente las etiquetas estuvieron sujetas a diversos rangos del paso de la señal (500ms, 400ms, 300ms, 200ms, 100ms y 50ms) y se efectuaron lecturas de 30 segundos.

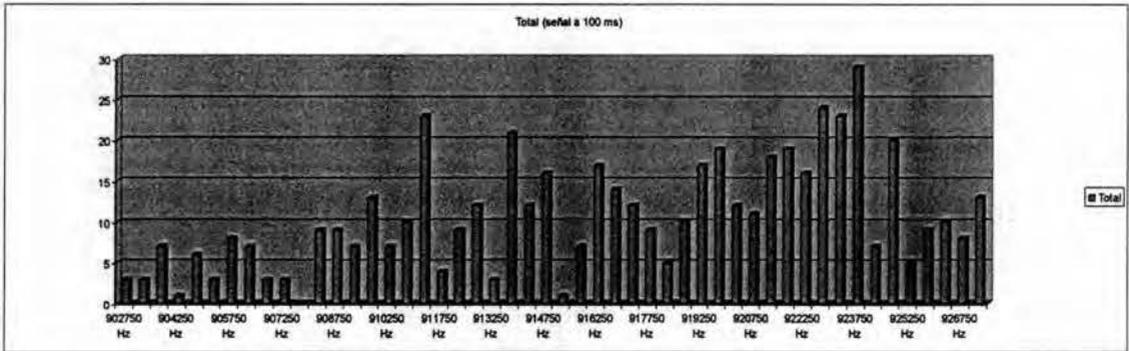
Al analizar las gráficas que a continuación se muestran, se puede ver que entre más grande sea el paso de la señal enviada o de lectura (por ejemplo: 500ms), las frecuencias a las que son detectadas las etiquetas son durante el primer tercio del canal o cercanas a las frecuencia central, y conforme va disminuyendo el paso (por ejemplo: 50ms) las frecuencias a las que se detecta una o varias etiquetas son mayores o en el último tercio del canal.



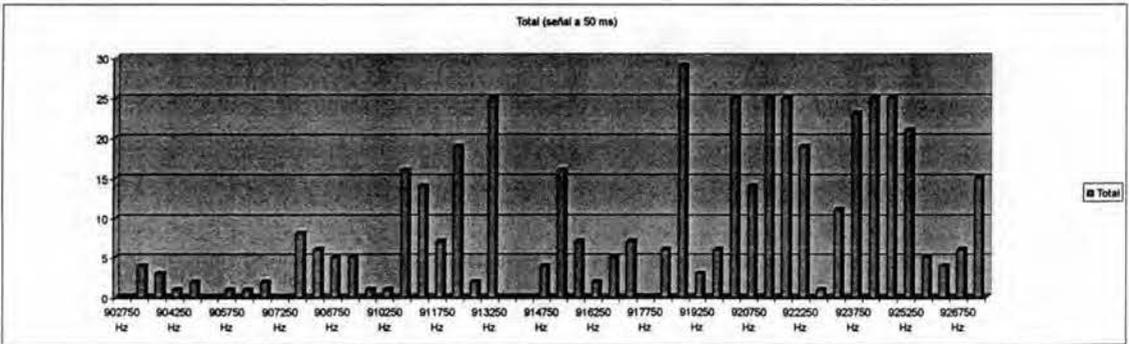
Rango de frecuencias con un paso de la señal de 500ms



Rango de frecuencias con un paso de la señal de 300ms



Rango de frecuencias con un paso de la señal de 100ms



Rango de frecuencias con un paso de la señal de 50ms

De lo anterior, determinamos que el paso de la señal óptimo para llevar a cabo lecturas lo tenemos a partir de los 200ms, por otra parte, algo que definitivamente nos llama la atención es que la etiqueta Gen2 dejó de funcionar

cuando se le presentaron lecturas a 100ms y 50ms, no siendo así para el caso de las etiquetas de Gen1.

En base a todas las pruebas que se llevaron a cabo con las etiquetas mencionadas a lo largo de este apartado, las etiquetas más estables fueron:

- Squiggle ALL-9440 (Gen2)
- ALL-9350 (Gen1)
- Matrics 0+ (Gen1)

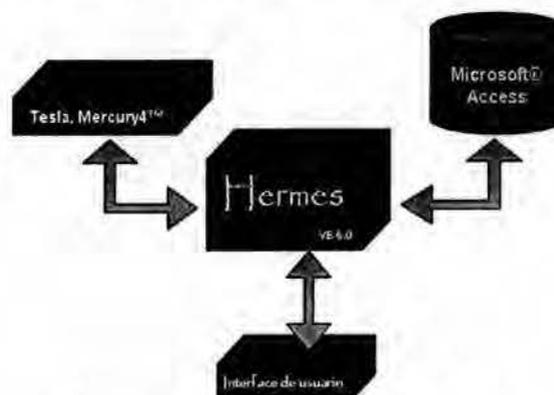
Lo anterior debido a que soportaron mayores distancias y alturas de detección, así como buen rendimiento en diversas condiciones (ambientes plastificados, latas de aluminio dentro de cajas y calzado).

### **3.3 Programa de control de inventarios mediante la tecnología RFID Hermes**

El programa Hermes es una aplicación desarrollada en Microsoft® Visual Basic 6.0 cuyo objetivo principal es realizar el control de inventario teniendo como herramienta la tecnología RFID, para lograrlo vincula dos diferentes sistemas:

- Tesla, sistema operativo que controla el lector Mercury4™
- La base de datos Microsoft® Access 2003

Hermes contiene una interfaz que permite al usuario visualizar el resultado de las diferentes acciones que Hermes es capaz de llevar a cabo. Desde la consulta a la base de datos como el resultado de la lectura realizada por el Mercury4™. A través de esta interfaz el usuario es capaz de controlar tanto el lector como algunas de las funciones de Hermes.



Estructura de funcionamiento de Hermes

De acuerdo con lo planteado en la sección del caso de estudio de este documento, se requiere tener niveles de seguridad con el fin de evitar que agentes no deseados tengan acceso a información importante. Es por esto que Hermes es capaz de asignar privilegios dependiendo del tipo de cuenta con el

que el usuario ingrese al sistema, los dos tipos de cuenta con el que se puede ingresar son Administrador y Usuario.

Es importante mencionar que Hermes fue diseñado pensando en el caso de estudio que se expone en este documento, sin embargo, es flexible de tal forma que puede adaptarse a otro caso distinto al expuesto en este documento.

### **3.4 Manejo del Mercury4™**

Una de las herramientas en las que Hermes se basa para controlar el inventario es el control del Mercury4™. Hermes es capaz de indicar al lector cuando activarse, el tiempo que debe de leer, acceder a la información que lee, controlar el protocolo de etiqueta que debe leer, incluso programar lecturas por mes.

Debido a las necesidades del caso, es el usuario a través de la interfaz de usuario de Hermes indica al lector el momento en que se realizarán las lecturas y el tipo de tags que deben leerse.

El manejo del lector se realiza mediante el uso de un Winsock, una de las herramientas que posee Microsoft® Visual Basic 6.0, mediante la cual se levanta un socket con protocolo TCP utilizando el puerto 8080, a través del cual se le indica al lector las acciones que debe realizar y mediante el cual regresa el resultado de las lecturas. Siendo el Mercury4™ un elemento de red, debe tener asignada una dirección IP, una máscara de red y dependiendo de la configuración un Gateway asignado, parámetros mediante los cuales se puede tener una configuración multi-lector, la cual se detallará posteriormente.

La comunicación que se establece es del tipo cliente servidor, en la cual a través de sentencias de lenguaje RQL<sup>1</sup>, Hermes indica a Mercury4™, las acciones a realizar y éste responde con el resultado de dichas acciones. Mercury4™ es capaz de realizar diferentes acciones tales como leer etiquetas, escribir etiquetas, bloquearlas e incluso matarlas, aunque como se mencionó anteriormente, para los fines de este caso leer las etiquetas es la única acción requerida.

#### **3.4.1 Configuración de las lecturas**

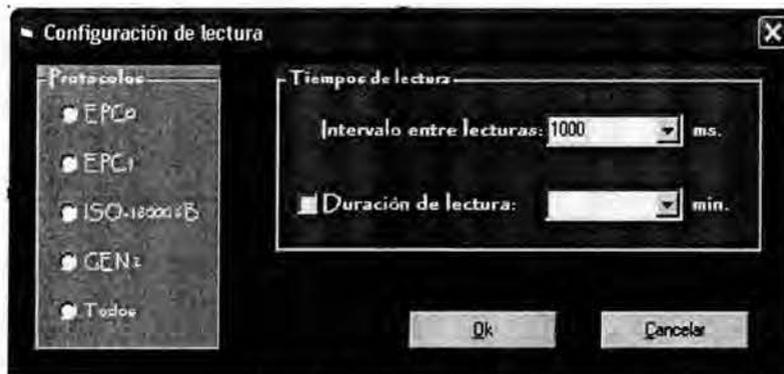
Hermes es capaz de realizar la configuración de una lectura en tres variables distintas:

- Configuración de protocolo a leer.- es posible configurar uno o todos los protocolos que se deseen leer. Los protocolos que soporta son: EPC0, EPC1, ISO-18000 6B y GEN2.

---

<sup>1</sup> RQL.- es un lenguaje de comunicación desarrollado por el fabricante del equipo, ThingMagic. El cual es una adaptación de las sentencias de SQL, para adquirir datos de los *tags*.

- Configuración de intervalo entre *queries*.- este intervalo se refiere al tiempo que transcurre entre cada lectura que realiza el lector. Se tienen hasta 5 tiempos diferentes: 150ms, 250ms, 1s, 2s y 3s. Estos intervalos se determinaron en base a las pruebas realizadas, sin embargo, en cada caso se debe evaluar el tiempo óptimo entre queries.
- Duración de la lectura.- con esta opción es posible determinar el tiempo total de lectura. Las opciones disponibles en esta versión son 1, 2, 3, 4 y 5 min., sin embargo, es necesario realizar pruebas de campo al momento de la implementación con el fin de determinar el tiempo promedio de carga y descarga en la bodega.



Interface de configuración de lectura

Le lector al momento en que lee un tag regresa la información que ésta arroja, es decir, su *tagID* el cual se encuentra en lenguaje hexadecimal, es por esto que se requiere del análisis y discriminación de la información para lograra la vinculación con la base de datos.

La información que se recibe contiene el número de identificación de cada *tag* además de poder contener información adicional tal como el número de antena que leyó dicho *tag*, la frecuencia en que se leyó, el protocolo que utiliza dicho *tag* y el número de veces que se leyó durante el tiempo de *query*.

A su vez es necesario separar la información contenida en el *ID* del tag, Hermes es capaz de discriminar la información contenida en el *tagID* de acuerdo a dos protocolos diferentes, homologados por EPC:

- SGLN (Número de localización global seriado, *Serialized Global Location Number*)
- GID (Identificador general, *General Identifier*)

### 3.4.2 Sistema Multi-lector

Hermes permite el uso simultáneo de diferentes lectores, el número máximo de lectores que pueden utilizarse depende de la asignación de direcciones IP que se tenga en la red donde se pretenda implementar el sistema multi-lectores. La

versión actual de Hermes contiene una simulación del funcionamiento de una lectura con dos lectores de forma simultánea, en la cual se puede apreciar tanto el número de antena activa y la dirección IP asignada, por lector. El fin de contar con un gran número de antenas, en consecuencia de lectores, se debe a la necesidad de realizar el inventario de una bodega en tiempo real, es necesario recalcar que no es materia de este proyecto implementar un sistema multi-lector, tal cual se describió en la sección del caso de estudio de este documento.



Simulación de un sistema Multi-Lector

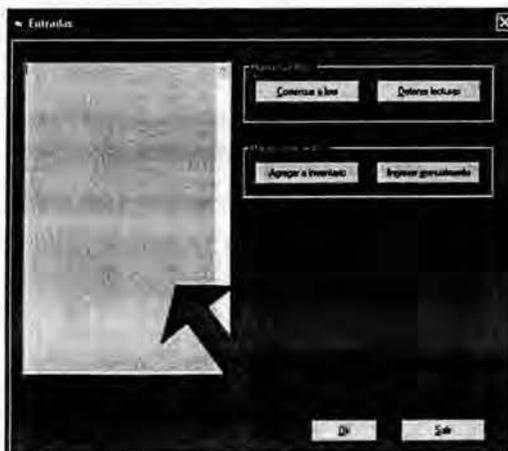
Esta imagen muestra la simulación de un sistema multi-lector.

Los círculos marcan el área donde se indica la configuración de cada uno de los lectores.

En esta simulación se consideraron 9 estantes, de acuerdo al caso de estudio expuesto en el apartado correspondiente.

### 3.4.3 Entradas y salidas de mercancía de forma automática

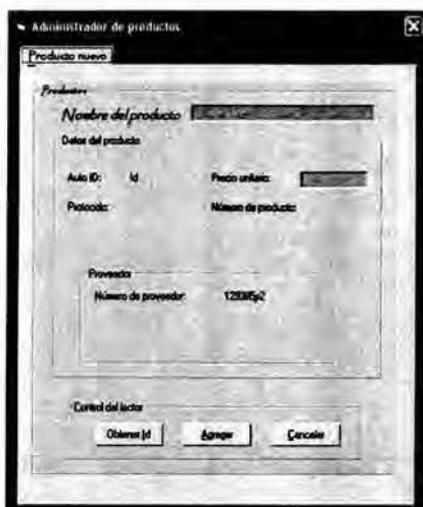
Siendo el control de inventario el objetivo principal de el programa Hermes, la acción principal que corresponde a dicho objetivo que se realiza con el lector Mercury4™ es la lectura de los *tagsID*. Con lo cual se determina la cantidad de mercancía que entra y sale de la bodega.



Pantalla de entrada de mercancía

El procedimiento para la entrada y salida de mercancía es simple, al momento de activar la lectura de productos, se guarda un registro de los productos detectados por las antenas y se muestran en pantalla (los registros se muestran en el cuadro marcado por la flecha), posteriormente se guardan las entradas o las salidas en la base de datos. Adicionalmente en esta pantalla se puede ingresar al menú para realizar entradas y salidas de mercancía de forma manual.

### 3.4.4 Alta de productos en la base de datos



Pantalla de nuevos productos

En esta imagen se puede apreciar la pantalla en la cual se dan de alta los productos en la base de datos, como podemos ver la mayor parte de los campos que se presentan no son modificables, es decir, que dichos campos son obtenidos de la lectura del tagID.

Un factor que puede ser determinante para el buen manejo de la base de datos es determinar, antes de comenzar a dar de alta productos, la estructura de EPC que se va a utilizar en la base de datos. Es conveniente que todos los productos que se den de alta se guarden bajo la misma estructura.

Con el fin de relacionar los datos de los productos que se manejan en la bodega con los *tagsID* leídos por el Mercury4™ se debe dar de alta cada uno de los productos en la base de datos. El proceso para dar de alta un nuevo producto se puede dividir en dos fases, la primera consiste en leer a través de las antenas los datos leídos del *tagID* idealmente, este proceso se debería hacer mediante un *handheld*, sin embargo, Hermes está diseñado para que las antenas que detectan la salida y entrada de mercancía sean las mismas que se utilicen en el momento de dar de alta productos. La segunda fase es la de ingresar los datos que corresponden a la descripción de productos, nombre del fabricante (en caso de que el fabricante no se encuentre dado de alta en la base de datos) y el precio unitario del productos en cuestión.

### 3.5 Manejo de la base de datos Microsoft® Access 2003

Se decidió que la base de datos vinculada con Hermes fuera Microsoft® Access, debido a que la interacción entre programas de Microsoft® es bastante sencilla, además es una herramienta con la que se contaba antes de comenzar el proyecto y amigable. Aunque en un principio se considero el uso de MySQL como base de datos, se descartó la idea debido a la dificultad de conseguir el conector que vincula Visual Basic y MySQL.

Las acciones que Hermes realiza con la base de datos, a través de sentencias de lenguaje SQL son:

- Escribir nuevos registros
- Borrar registros existentes
- Realiza consultas de tablas

Estas acciones se ven reflejadas de forma visible en la interface permitiendo al usuario realizar las siguientes acciones:

- Dar de alta nuevos proveedores.- para poder asignar un número de proveedor por producto, se debe de dar de alta dicho proveedor y relacionarlo con el número que se leerá del *tagID* correspondiente a cada uno de sus productos
- Dar de alta nuevos productos.- como se mencionó anteriormente, para poder relacionar la base de datos con los productos que salen de la bodega es necesario darlos de alta antes de poder ingresarlos, una vez que se ha dado de alta al proveedor de dicho producto
- Entrada y salida de mercancía.- en la base de datos se guarda un registro de las entradas y salidas de mercancía que se realizan en la bodega. Dicho registro puede ser consultado a través de Hermes
- Inventario actualizado.- al momento de registrar la entrada y salida de mercancía dentro de la bodega se tiene un control de la cantidad de producto que se tiene en dicho momento y el momento en el que entró. Mediante la creación de una consulta dentro de la base de datos se puede determinar el número de unidades por producto que se tiene en la bodega, con lo cual tendríamos un inventario siempre actualizado
- Generar reportes de productos y proveedores.- Hermes es capaz de generar reportes de los productos y proveedores que se tienen registrados en la base de datos, de igual forma puede generar reportes de los productos por proveedor que se tienen



The screenshot shows a window titled "Reporte" with a close button (X) in the top right corner. Inside the window is a table with the following data:

Productos					
Id	Identificador	Descripcion	Protocolo	Precio	Fabricant
1	512460	jabonir_rolita	EPC 1	100	450
2	135234	Floresitas_de_liz	EPC 0	200	450
3	6158262	Sopitas_Lolle	EPC 1	10	99

Tabla de reportes

Los reportes se generan de forma que sean fáciles de entender, es por esto que se usan tablas similares en las cuales se despliega el contenido de la consulta realizada.



Hermes puede generar reportes por fecha

Hermes puede generar reportes de todo el historial reportar la información por fecha. La forma de generar este tipo de reportes es sencillo debido a la pantalla con la que se cuenta (imagen lado izquierdo) en la cual de forma gráfica se selecciona el día en que se requiere obtener un reporte.

La base de datos que se generó para este programa consta de cuatro tablas diferentes que cuentan con los siguientes registros:

- Fabricantes (Proveedores).- contiene tanto los datos leídos en el *tagID*, como los datos fiscales de los proveedores
  - Id.- número consecutivo, asignado por Access
  - Número de fabricante.- número contenido en el *tagID*
  - Nombre del fabricante.- razón social del proveedor
  - Dirección
  - Código postal
  - Teléfonos
  - RFC
  - Correo electrónico
- Productos.- ayuda a relacionar los datos que se leen en el *tagID* con la descripción general de los productos
  - Id.- número consecutivo asignado por Access
  - Identificador.- número de identificación leído en el *tagID*
  - Descripción.- nombre que el usuario con el que el usuario relaciona una unidad del producto en cuestión
  - Protocolo.- se refiere al protocolo del *tag* con el que fue dado de alta el producto en la base de datos
  - Precio.- se refiere al precio por unidad de cada producto
  - Fabricante.- número de identificación del proveedor del producto leído en el *tagID*
- Entradas.- guarda registro de todas las entradas de mercancía realizadas
  - Id.- número consecutivo asignado por Access
  - Fecha.- fecha y hora de entrada de la mercancía
  - Protocolo.- protocolo de la etiqueta que se leyó
  - Num\_Prod.- número de identificación de producto leído en el *tag*
  - Num\_Fabricante.- número de identificación del proveedor leído en el *tag*
  - Num\_Serie.- número de serie de la unidad que entró leído en el *tag*

- Status.- estado de la entrada de la unidad, este registro nos dice si la unidad de producto entró con fines de venta al mayoreo, menudeo, para muestras e incluso si entró defectuoso
- Salidas.- debido a la manera en que se genera la información que se registra en las tablas de salida y entrada de inventario, los campos que contienen dichas tablas son los mismos, la única diferencia es el nombre de los campos y los valores que pueden ingresarse en el campo "Status"

### 3.6 Interface con el usuario

El resultado final de la interacción de Hermes con el Mercury4™ y Microsoft® Access es la interface que se presenta al usuario, donde se puede visualizar y acceder a las diferentes pantallas que se presentaron en los puntos anteriores de esta sección.

La pantalla principal de Hermes permite al usuario acceder a las diferentes secciones del programa mediante dos menús principalmente.



Pantalla principal de Hermes

Esta imagen muestra la pantalla principal del programa Hermes, el usuario puede acceder las diferentes partes del programa de dos formas, mediante la barra de menús en la parte superior de la pantalla y la sección de botones localizada en el lado izquierdo de la pantalla.

Cuenta también con una ventana que muestra la configuración de la lectura.

Como se mencionó anteriormente una de las características que tiene Hermes es asignar propiedades de acuerdo al tipo de cuenta con la que el usuario ingresa al programa. En esta versión del programa se tienen dos tipos de cuentas disponibles con las siguientes características:

- Administrador.- Tiene acceso a todas las partes del sistema, tiene privilegios de dar de alta nuevos productos y proveedores. Realiza entradas y salidas de mercancía tanto manual como automática.
- Usuario.- sólo puede hacer consultas a la base de datos pero no puede modificarla, incluso no puede realizar entradas y salidas de mercancía, ni manual ni automática, este tipo de cuenta simplemente es de consulta.



Pantalla de ingreso al programa

#### 4. Conclusiones

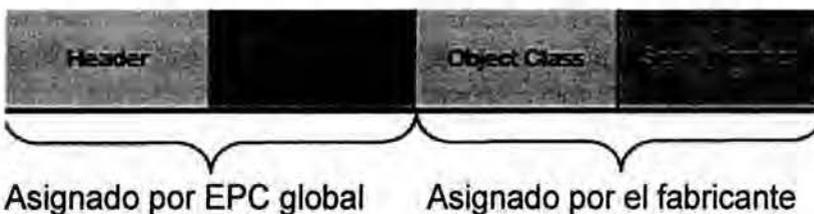
- Cumplimos con nuestros objetivos planteados a principios de este semestre
- Se logró la vinculación entre los datos arrojados por el Mercury4™ y la base de datos
- Comprendimos la estructura del protocolo de comunicación con el lector Mercury4™ con lo cual logramos controlarlo
- Logramos hacer un análisis del comportamiento de los principales tags con los que contamos (tanto de Generación 1 como de Generación 2)
- Todo lo que se realizó (pruebas y programas) se llevó a cabo en base a los estándares de EPCGlobal
- Este proyecto sienta las bases para que alguien más continúe sobre el mismo y lo mejore
- En el caso de que se quiera continuar con el proyecto se deberá detallar mucho más a fondo el lugar de la implementación, ya que cada caso debe ser estudiado por separado

## 5. Anexos

### 5.1 Código Electrónico de Producto (EPC™)

El Código Electrónico de Producto™ (EPC™) es un esquema de identificación para objetos físicos que se identifican universalmente a través de las etiquetas de Identificación por Radio Frecuencia (RFID) y otros medios. Los datos EPC estandarizados consisten en un EPC (o Identificador EPC) que identifica únicamente a un objeto individual, así como también un Valor de Filtro opcional, cuando se considera que éste es necesario para permitir una lectura efectiva y correcta de las etiquetas EPC. Además de estos datos estandarizados, ciertas Clases de Etiquetas EPC permitirán incluir datos definidos por el usuario. Los Estándares de Datos de la Etiqueta EPC definirán las longitudes y posición de estos datos, sin definir su contenido. Actualmente no existen especificaciones de datos definidas por el usuario, ya que aún no se han definido las etiquetas de esta Clase.

El formato general de identificación (**GID**) asignado por la EPC es:



Esta versión de los Estándares de Datos de Etiqueta EPC define un tipo de identidad general.

El Identificador General está compuesto por tres campos: el *Número Administrador General*, *Clase de Objeto* y *Número Seriado*. Las codificaciones del GID incluyen un cuarto campo, el encabezador, para garantizar la singularidad en “namespace” (espacio de nombres) de EPC. A continuación se define cada uno de estos campos:

**Encabezado:** Identifica la longitud, tipo, estructura, versión y generación del EPC.

**Número del fabricante:** Identifica una entidad organizacional que es responsable del mantenimiento de los números en los campos subsiguientes – Clase de Objeto y Número Seriado. EPCglobal le asigna un Número de Administrador General a una entidad, y se asegura de que cada Número de Administrador General sea único.

**Clase de Objeto:** Es utilizada por una entidad administradora de EPC para identificar una clase de objetos. Estos números de clase de objeto, por supuesto,

deben ser únicos e inequívocos dentro de cada dominio de Número de Administrador General.

*Número de serie:* Identifica cierto producto dentro de una clase de objetos. la entidad administradora es responsable de la asignación única, de no repetir los números seriados para cada instancia dentro de cada clase de objeto.

### **GID (General Identifier)**

Tipo de EPC	Id Tag	Encabezado	Número del fabricante	Clase de Objeto	Número de serie
96 bits (o más)	00	8	28	24	36
64 bits I	01	2	21	17	24
64 bits II	10	2	15	13	34
64 bits III	11	2	26	13	23

Esta versión de los Estándares de Datos de Etiquetas EPC define cinco tipos de identidades EPC, que derivan de la familia de código de producto del sistema EAN.UCC, las cuales son:

- SGTIN (Serialized Global Trade Identification Number)
- SSCC (Serial Shipping Container Code)
- SGLN (Serialized Global Location Number)
- GRAI (Global Returnable Asset Identifier)
- GIAI (Global Individual Asset Identifier)

En las siguientes tablas se describe como están conformadas cada de las versiones:

### **SGTIN (Serialized Global Trade Identification Number)**

Un GTIN identifica a una clase de objeto en particular, tal como un tipo particular de producto

Tipo de EPC	Id Tag	Encabezado	Filtro	Partición	Índice Prefijo compañía	Referencia Artículo	Número de serie
96 bits (o más)	00	8	3	3	20-40	24-4	38
64 bits I	01	2	3	-	14	20	25

### SSCC (Serial Shipping Container Code)

El SSCC se asigna para objetos individuales y, en consecuencia, no requiere ningún campo adicional que sirva como entidad pura EPC.

Tipo de EPC	Id Tag	Encabezado	Filtro	Partición	Prefijo Compañía	No asignado	Número de serie
96 bits (o más)	00	8	3	3	20-40	25	37-17
64 bits I	01	8	3	-	14	-	39

### SGLN (Serialized Global Location Number)

Un GLN puede representar ya sea una localización física única y separada tal como una puerta en un dock o una abertura del depósito o bien una localización física en su totalidad, tal como la totalidad del depósito.

Tipo de EPC	Id Tag	Encabezado	Filtro	Índice Prefijo Compañía	Referencia de localización	Número de serie
96 bits (o más)	00	8	3	20-40	21-1	41
64 bits I	01	8	3	14	20	19

### GRAI (Global Returnable Asset Identifier)

A diferencia del GTIN, el GRAI ya se utiliza para la asignación de objetos individuales y, por lo tanto, no requiere campos adicionales que sirvan como identidad pura de EPC.

Tipo de EPC	Id Tag	Encabezado	Filtro	Partición	Índice Prefijo Compañía	Tipo de artículo	Número de serie
96 bits (o más)	00	8	3	3	20-40	24-4	38
64 bits I	01	8	3	-	14	20	19

## **GIAI (Global Individual Asset Identifier)**

El Identificador Mundial de Bienes Individuales (GIAI) está definido en las Especificaciones Generales EAN.UCC. A diferencia del GTIN, el GIAI se asigna para objetos individuales y, por lo tanto, no requiere campos adicionales que sirvan como una identidad pura EPC.

<b>Tipo de EPC</b>	<b>Id Tag</b>	<b>Encabezado</b>	<b>Filtro</b>	<b>Partición</b>	<b>Número del fabricante</b>	<b>Número del artículo</b>
96 bits (o más)	00	8	3	3	20-40	62-42
64 bits I	01	8	3	-	14	39

De acuerdo con los objetivos planteados para el desarrollo de nuestro proyecto, escogimos el SGLN (Serialized Global Location Number) y el GID para el manejo de inventario, ya que son los que cuentan las características necesarias para el manejo del inventario en lo que se refiere a una bodega, sin considerar el traslado.

### **5.2 Mejores Prácticas para el uso de etiquetas RFID UHF.**

En relación a las mejores prácticas que podemos identificar para la colocación de las etiquetas deberemos de tomar en cuenta los siguientes tres puntos.

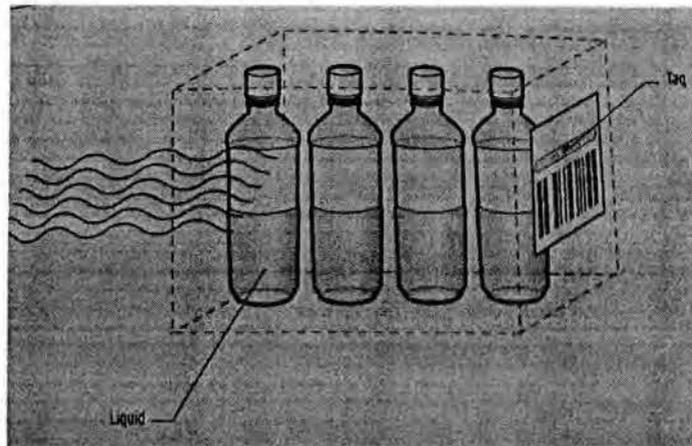
1. Verificar el tipo de material que se usará para adherir las etiquetas.
2. Posiciones de las etiquetas.
3. Distancias de lectura.

#### **1. Tipo de material a usar óptimo**

- Cajas de cartón, con y sin recubrimiento aulado (Tetrapack NO)
- Recipientes de vidrio (sin líquidos ni metales dentro del mismo)
- Botellas de PET (sin líquidos ni metales dentro del mismo)

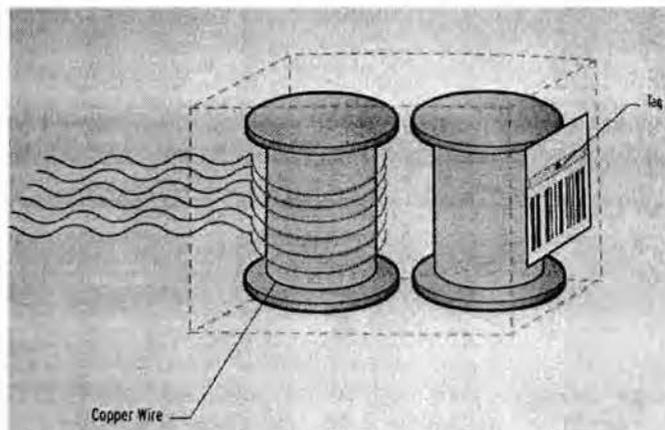
Así pues, siempre se tratará de evitar el contacto directo con los líquidos y metales.

Por un lado, los líquidos o materiales que contengan líquidos, ya sean bebidas o inclusive algunos alimentos (que contengan sales específicamente), absorberán las ondas UHF, lo cual provocará la atenuación y debilitamiento de la señal, por lo que la etiqueta no recibirá la energía necesaria para ser activada y regresar la información que le ha sido almacenada.



*Etiquetas ante presencia de líquidos. RFID Labeling*

Y por otra parte, los materiales metálicos (incluyendo láminas delgadas como latas de refresco) van a evitar el paso de las señales transmitidas por el lector, de tal forma que no habrá un retorno de la información que contiene la etiqueta debido a que la señal no llegará con la potencia necesaria para activarla o inclusive la energía será conducida alrededor del material metálico por lo que la etiqueta ni siquiera recibirá la señal enviada por la antena lectora, como es el caso de la siguiente imagen que se muestra.

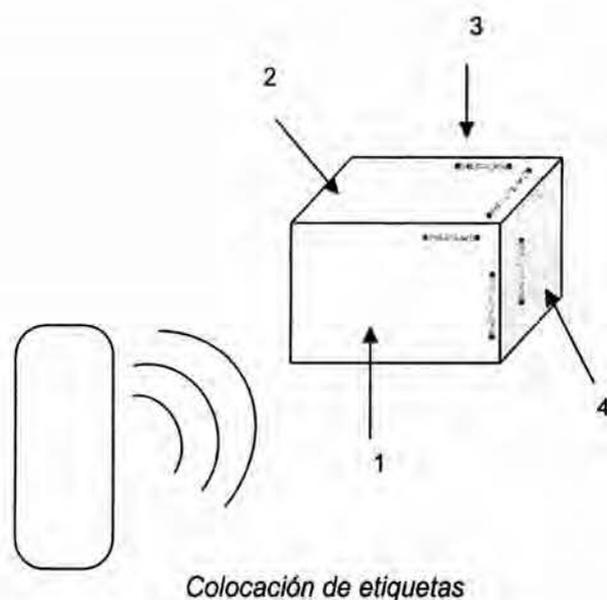


*Etiquetas en presencia de materiales metálicos. RFID Labeling*

## 2. Posiciones de las etiquetas

La posición de las etiquetas que mejores resultados vamos a obtener tomando como base una caja de cartón y de forma frontal respecto a la antena lectora son las siguientes:

1. Frontal (vertical y horizontal)
2. Superior (vertical y horizontal)
3. Trasera (vertical y horizontal)
4. Lateral izquierdo y derecho (vertical)



## 3. Distancias de lectura

Las distancias de lectura óptimas recomendadas se encuentran desde los 0.5 hasta 4 metros de distancia, en forma paralela a la antena lectora.

Y en relación a la altura, las etiquetas mostraron un buen rendimiento hasta los 2.5 metros de altura y 4 metros de distancia, respecto a la antena lectora.

Cabe mencionar que las recomendaciones pueden variar de acuerdo a las características propias de cada tipo de etiqueta, lector y antena, sin embargo, por el estado del arte en el que nos encontramos lo anterior puede ser tomado en cuenta como base para la implementación o desarrollo de aplicaciones con tecnología *RFID*.

## **6. Referencias bibliográficas**

- Finkenzeller, Klaus. "RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification". Editorial Wiley. Second edition 2004
- Kleist, Robert A. "RFID Labeling: Smart labeling concepts & applications for the consumer packaged goods supply". Editorial Printonix Agosto 2004
- Weis Stephen August, Security and Privacy in Radio-Frequency Identification Devices, Massachusetts Institute of Technology
- Ahlkvist Scharfeld, Tom. "An Analysis of the Fundamental Constraints on Low Cost Passive Radio-Frequency Identification System Design". Massachusetts Institute of Technology (MIT) 2001
- "Draft paper on the characteristics of RFID-Systemas". AIM Inc FF-00/001. The Association of the Automatic Identification and Data Capture Industry. AIM Frequency Forums Ver 1.0 Julio 2000
- "Radio Frequency Identification RFID: A glossary". AIM Inc White Paper WP-98/001R2. The Association of the Automatic Identification and Data Capture Industry. AIM Frequency Forums Ver 1.2, 23 de agosto 2001
- Developer Training 2005 Mercury4®, RQL & The Physics of RFID, ThingMagic, 2005 Cambridge, MA.
- "Microsoft Visual Basic 6.0 Programmer's Guide (The Essential Guide to Microsoft Visual Basic 6.0)". Microsoft Corporation, Ed. Microsoft Press, 1998.
- Sweeney II, Patrick J. "RFID For Dummies", Wiley Publishing, 2005, Indianapolis, Indiana.
- "EPCglobal is leading the development of industry-driven standards for the Electronic Product Code™ (EPC) to support the use of Radio Frequency Identification (RFID)", 2006.  
<http://www.epcglobalinc.org>
- Alien Technology - RFID products & technology for new supply chain efficiency, visibility, & security, 2006.  
<http://www.alientechnology.com>
- ThingMagic Reads Any Tag, 2006.  
<http://www.thingmagic.com/html/index.htm>

- International Organization for Standardization, 2006.  
<http://www.iso.ch/iso/en/ISOOnline.frontpage>
- The Basics of RFID Technology  
<http://www.rfidjournal.com/article/articleview/1337/1/129/>
- What is RFID?  
<http://www.rfidjournal.com/article/articleview/1339/1/129/>