



**UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE TELECOMUNICACIONES**



**DISEÑO DE UN SISTEMA DE IDENTIFICACIÓN POR  
RADIOFRECUENCIA (RFID) PARA EL CONTROL DE PAGO EN  
CADENAS DE SUPERMERCADOS.**

**TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

Presentada ante la:

**UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO**

**Como parte de los requisitos para optar al título de**

**INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES**

**REALIZADO POR: Julio César Hernández Mulas**

**Francisco Alfonso Contreras Torres**

**TUTOR: Ing. José Pirrone**

**FECHA: Caracas, 1 de Octubre de 2012**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE TELECOMUNICACIONES**



**DISEÑO DE UN SISTEMA DE IDENTIFICACIÓN POR  
RADIOFRECUENCIA (RFID) PARA EL CONTROL DE PAGO EN  
CADENAS DE SUPERMERCADOS.**

**REALIZADO POR:** Julio César Hernández Mulas  
Francisco Alfonso Contreras Torres

**TUTOR:** Ing. José Pirrone

**FECHA:** Caracas, 1 de Octubre de 2012







## **DISEÑO DE UN SISTEMA DE IDENTIFICACIÓN POR RADIOFRECUENCIA (RFID) PARA EL CONTROL DE PAGO EN CADENAS DE SUPERMERCADOS.**

Hernández Mulas, Julio César

[jchernandezm89@gmail.com](mailto:jchernandezm89@gmail.com)

Contreras Torres, Francisco Alfonso

[contreras.francisco.2@gmail.com](mailto:contreras.francisco.2@gmail.com)

### **Resumen**

Con el propósito de dar solución al problema del tiempo que consume un cliente dentro de un supermercado para realizar el pago de sus productos facturados en caja, y para resolver inconvenientes referentes a hurtos dentro del mismo local, se planteó un proyecto que consiste en el diseño de un sistema para el control de pago, haciendo uso de la tecnología RFID con el motivo de agilizar el proceso de contabilización de artículos y reducir notoriamente los conceptos de pérdidas. El proyecto planteado consta de los siguientes objetivos: analizar las necesidades comerciales y administrativas de un local de supermercado; diseñar un sistema piloto RFID basado en una investigación detallada; evaluar el funcionamiento del sistema diseñado; proponer las adaptaciones al sistema de pago; y, realizar un estimado de costo para el proyecto final. Para llevar a cabo este proyecto se contó con pruebas de campo en locales pertenecientes a la cadena de supermercados *Plan Suárez*, permitiendo así, realizar pruebas del sistema en un entorno real utilizando productos y alimentos de consumo masivo.

Como resultados se logró el diseño del sistema piloto concebido y se propuso una adaptación de este sistema con el de pago dispuesto en el supermercado mediante

el desarrollo de una aplicación que permitiese una facturación básica de los productos seleccionados por el cliente. Adicionalmente se describen las compatibilidades que puede tener la tecnología RFID con el sistema de información *SAP* para mejorar la administración de datos por parte del supermercado.

De lo explicado se concluyó que el sistema piloto RFID diseñado mejora notablemente el desempeño de un supermercado tanto para el dueño de la cadena como a la clientela, debido a la implicación de menores costos de operación y la reducción del tiempo de espera en cola ofreciendo así mejor calidad de servicio y satisfacción.

**Palabras clave:** RFID, supermercados, facturación, *SAP*.

## Dedicatoria

¿Cómo hace una persona para decir “muchas gracias” cuando hay tantas personas a quien agradecer? Este trabajo se lo dedico principalmente a mi madre, quien con su cariño se convirtió en una guía invaluable a lo largo de todo el camino, mi ejemplo de fortaleza y perseverancia. A mis familiares, quienes desde en un principio confiaron en mí.

A mis amigos de la Universidad, con quienes compartí buenos y malos momentos, pero todos inolvidables, y que han sido de gran apoyo. Y en especial a mi amigo y hermano Jesús Pacheco.

A mi novia María Fernanda, esa maravillosa persona a quien amo y que sin duda me cambió la forma de ver el mundo.

*“El hombre nace libre, y en todas partes halla cadenas.  
De los demás se cree el amo, y es de sí mismo el más  
esclavo.” Jean Jacques Rousseau.*

Julio C. Hernández M.

En este gran momento, luego de cinco largos años de dedicación plena a esta carrera, confiando siempre en la luz celestial que me guió todo este tiempo, quisiera dedicar este triunfo a mi difunta abuela “Mamá Tina”. Por este y todos los demás logros por venir, te tendré siempre en mi memoria y corazón. Que en paz descanses Tinita, espero goces de las divinidades del señor.

Francisco A. Contreras T.

## **Agradecimientos**

Queremos agradecer a Dios por darnos la fortaleza de poder culminar este trabajo y lograr nuestra meta de ser ingenieros.

Agradecemos a nuestro tutor, el Ing. José Pirrone, al Prof. Luis Fernández, al Prof. Carlos Butrón, la Prof. Carolina Rodríguez y el Prof. Juan Carlos Lavado, por guiarnos a lo largo de todo el trabajo y brindarnos sus conocimientos para realizar el proyecto con el mayor de los éxitos.

Al Supermercado Plan Suárez, en especial al Sr. José Suárez, por habernos prestado sus instalaciones y darnos todo el apoyo necesario para la realización de las pruebas y creer en nuestro proyecto.

A nuestros familiares y amigos que estuvieron siempre a nuestro lado.

## Índice General

|                                                                                                                |             |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>Resumen.....</b>                                                                                            | <b>i</b>    |
| <b>Dedicatoria.....</b>                                                                                        | <b>iii</b>  |
| <b>Agradecimientos.....</b>                                                                                    | <b>iv</b>   |
| <b>Índice de Figuras.....</b>                                                                                  | <b>viii</b> |
| <b>Índice de Tablas .....</b>                                                                                  | <b>ix</b>   |
| <b>Introducción .....</b>                                                                                      | <b>x</b>    |
| <b>Capítulo I.....</b>                                                                                         | <b>1</b>    |
| <i>Planteamiento del problema .....</i>                                                                        | <i>1</i>    |
| I.1 Planteamiento del problema.....                                                                            | 1           |
| I.2 Objetivo General.....                                                                                      | 4           |
| I.3 Objetivos Específicos .....                                                                                | 4           |
| I.4 Alcances .....                                                                                             | 5           |
| I.5 Limitaciones.....                                                                                          | 5           |
| I.6 Justificación .....                                                                                        | 6           |
| <b>Capítulo II.....</b>                                                                                        | <b>7</b>    |
| <i>Marco Teórico.....</i>                                                                                      | <i>7</i>    |
| II.1 Antecedentes de la tecnología RFID .....                                                                  | 7           |
| II.2 Código de Barras .....                                                                                    | 8           |
| II.3 Sistema RFID .....                                                                                        | 9           |
| II.3.1 Principios físicos de un sistema RFID.....                                                              | 10          |
| II.3.1.1 Consecuencias de la incidencia de ondas electromagnéticas en<br>materiales líquidos y metálicos ..... | 12          |
| II.3.2 Arquitectura de un sistema RFID .....                                                                   | 15          |
| II.4 Etiquetas RFID .....                                                                                      | 16          |
| II.4.1 Etiquetas pasivas .....                                                                                 | 18          |
| II.4.2 Etiquetas activas .....                                                                                 | 19          |
| II.4.3 Etiquetas asistidas por batería .....                                                                   | 19          |
| II.5 Lectores .....                                                                                            | 19          |
| II.6 Subsistema de antenas .....                                                                               | 20          |
| II.7 Controlador.....                                                                                          | 20          |
| II.8 Interfaz de red.....                                                                                      | 20          |
| II.9 Componentes lógicos de un lector RFID .....                                                               | 22          |

|                                                                                                                                                                                  |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| II.10 Disposición de lectores y antenas .....                                                                                                                                    | 22        |
| II.11 Componentes <i>Software</i> de un sistema RFID .....                                                                                                                       | 24        |
| II.11.1 RFID <i>Middleware</i> .....                                                                                                                                             | 24        |
| II.11.2 <i>Software</i> del sistema RFID .....                                                                                                                                   | 26        |
| II.11.3 Lectura/Escritura.....                                                                                                                                                   | 26        |
| II.11.4 Anticolisión.....                                                                                                                                                        | 26        |
| II.11.5 Detección y corrección de errores.....                                                                                                                                   | 27        |
| II.11.6 Aplicación cliente .....                                                                                                                                                 | 28        |
| II.12 Frecuencia .....                                                                                                                                                           | 28        |
| <b>Capítulo III.....</b>                                                                                                                                                         | <b>33</b> |
| <i>Metodología y Desarrollo</i> .....                                                                                                                                            | 33        |
| III.1 Investigación y documentación .....                                                                                                                                        | 33        |
| III.2 Visitas al supermercado.....                                                                                                                                               | 34        |
| III.3 Selección de equipos .....                                                                                                                                                 | 35        |
| <i>Lector fijo RFID ALIEN ALR-9900</i> .....                                                                                                                                     | 36        |
| <i>Antena ALIEN (ALR-9611-CR)</i> .....                                                                                                                                          | 37        |
| <i>Tags pasivos Clase 2/Gen2 modelo ALN-9640-WR</i> .....                                                                                                                        | 38        |
| III.4. Preparación y diseño del sistema.....                                                                                                                                     | 39        |
| III.4.1 Diseño del arco lector .....                                                                                                                                             | 46        |
| III.4.2 Distribución de las antenas en el arco lector .....                                                                                                                      | 49        |
| III.4.3 Pruebas de laboratorio .....                                                                                                                                             | 52        |
| III.4.4. Pruebas de campo .....                                                                                                                                                  | 54        |
| III.4.5 Diseño de la red y adaptación del sistema.....                                                                                                                           | 55        |
| <b>Capítulo IV.....</b>                                                                                                                                                          | <b>58</b> |
| <i>Resultados</i> .....                                                                                                                                                          | 58        |
| IV.1 Necesidades básicas de los supermercados desde el punto de vista<br>administrativo y comercial en el ámbito del proceso de pago de los clientes .....                       | 58        |
| IV.2 Diseñar un sistema piloto RFID para su implementación en un<br>supermercado, basándose en los procesos investigados, evaluando la ubicación<br>de lectores y etiquetas..... | 61        |
| IV.3 Evaluar el funcionamiento del sistema diseñado desde el punto de vista de<br>lectura y posibles errores .....                                                               | 65        |
| IV.4 Proponer las adaptaciones al sistema de pago del supermercado .....                                                                                                         | 80        |
| IV.5 Realizar un estimado de costo a nivel técnico-económico para el proyecto<br>diseñado.....                                                                                   | 90        |
| <b>Capítulo V .....</b>                                                                                                                                                          | <b>96</b> |

|                                             |                |
|---------------------------------------------|----------------|
| <i>Conclusiones y Recomendaciones</i> ..... | 96             |
| V.1 Conclusiones .....                      | 96             |
| V.2 Recomendaciones .....                   | 98             |
| <br><b>Bibliografía</b> .....               | <br><b>100</b> |
| <br><b>Apéndice A</b> .....                 | <br><b>101</b> |
| <br><b>Anexo A</b> .....                    | <br><b>136</b> |

## Índice de Figuras

|                                                                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1. Escáner de código de barras.....                                                                | 8  |
| Figura 2. Relación dual entre campo magnético y campo eléctrico.....                                      | 10 |
| Figura 3. Sistema RFID en banda HF .....                                                                  | 11 |
| Figura 4. Etiqueta típica RFID .....                                                                      | 17 |
| Figura 5. Comunicación entre una etiqueta RFID y un lector.....                                           | 18 |
| Figura 6. Portal RFID .....                                                                               | 23 |
| Figura 7. Túnel RFID .....                                                                                | 24 |
| Figura 8. Proceso de lectura de un sistema RFID.....                                                      | 25 |
| Figura 9. Esquema de información de una etiqueta RFID .....                                               | 28 |
| Figura 10. Estructura de un sistema RFID .....                                                            | 32 |
| Figura 11. Lector ALIEN ALR-9900.....                                                                     | 36 |
| Figura 12. Antena ALIEN ALR-9611-CR .....                                                                 | 37 |
| Figura 13. Tags Pasivas ALN-9640-WR.....                                                                  | 38 |
| Figura 14. Imagen demostrativa del etiquetado de productos .....                                          | 40 |
| Figura 15. Posición aleatoria de productos en un carrito de supermercado .....                            | 46 |
| Figura 16. Medidas de una carrito de supermercado de Plan Suárez .....                                    | 47 |
| Figura 17. Caja de pago en el supermercado Plan Suárez.....                                               | 48 |
| Figura 18. Arco lector colocado en la caja de pago.....                                                   | 49 |
| Figura 19. Diferentes distribuciones de antenas .....                                                     | 52 |
| Figura 20. Preparación de las pruebas en el supermercado.....                                             | 55 |
| Figura 21. Esquema de implementación de cajas de pago .....                                               | 64 |
| Figura 22. Productos con su etiqueta orientada a la rejilla metálica .....                                | 69 |
| Figura 23. Antena en Tags Pasivas ALN-9640-WR .....                                                       | 70 |
| Figura 24. Pruebas de etiquetado de productos con cesta plástica .....                                    | 79 |
| Figura 26. Estructura del código EPC .....                                                                | 81 |
| Figura 27. Esquema de asignación del código EPC a un producto .....                                       | 82 |
| Figura 28. Arquitectura genérica de un <i>Software</i> de gestión y administración<br>empresarial.....    | 84 |
| Figura 29. Interfaz principal de aplicación diseñada en Visual Basic.....                                 | 86 |
| Figura 30. Ejemplo de facturación de la aplicación diseñada en Visual Basic .....                         | 87 |
| Figura 31. Administración de Base de Datos de clientes a través de MS ACCESS ...                          | 88 |
| Figura 32. Base de datos obtenida de la lectura de productos del cliente gestionada<br>por MS ACCESS..... | 89 |
| Figura 33. Base de datos de códigos de producto existente en el supermercado .....                        | 89 |
| Figura 34. Relación de tablas pertenecientes a la Base de Datos diseñada .....                            | 90 |



## Índice de Tablas

|                                                                                                                                            |                                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| Tabla 1. Rango de frecuencias RFID .....                                                                                                   | 29                                       |
| Tabla 2. Rango de lectura por banda de frecuencia .....                                                                                    | 30                                       |
| Tabla 3. Regulación de frecuencia de CONATEL para RFID.....                                                                                | 31                                       |
| Tabla 4. Grupo de 18 para la realización de pruebas .....                                                                                  | 41                                       |
| Tabla 5. Grupo de 30 productos para la realización de pruebas .....                                                                        | 41                                       |
| Tabla 6. Grupo de 50 productos para la realización de pruebas .....                                                                        | 42                                       |
| Tabla 7. Artículos leídos exitosamente del grupo de 50 productos .....                                                                     | 44                                       |
| Tabla 8. Artículos no leídos del grupo de 50 productos .....                                                                               | 44                                       |
| Tabla 9. Artículos líquidos no leídos del grupo de 50 productos.....                                                                       | 45                                       |
| Tabla 10. Clasificación de productos propensos a hurtos .....                                                                              | 60                                       |
| Tabla 11. Porcentaje de lectura de productos para las distintas distribuciones de<br>antenas .....                                         | 62                                       |
| Tabla 12. Distancia de lectura con distintas atenuaciones .....                                                                            | 63                                       |
| Tabla 13. Porcentaje de lectura por artículo para la selección de 18 productos .....                                                       | 66                                       |
| Tabla 14. Porcentaje de lectura por artículo para la selección de 30 productos .....                                                       | 67                                       |
| Tabla 15. Porcentaje de lectura por artículo para la selección de 50 productos .....                                                       | 68                                       |
| Tabla 16. Parámetros característicos del Aluminio y Agua.....                                                                              | <b>¡Error! Marcador no<br/>definido.</b> |
| Tabla 17. Porcentaje de lectura por artículo para la selección de 18 productos con<br>doble etiquetado .....                               | 75                                       |
| Tabla 18. Porcentaje de lectura por artículo para la selección de 30 productos con<br>doble etiquetado .....                               | 76                                       |
| Tabla 19. Porcentaje de lectura por artículo para la selección de 50 productos con<br>doble etiquetado .....                               | 77                                       |
| Tabla 20. Porcentaje de lectura por artículo para la selección de 18 productos con<br>doble etiquetado utilizando una cesta plástica ..... | 80                                       |
| Tabla 21. Resumen de las pruebas de etiquetado de productos .....                                                                          | 80                                       |
| Tabla 22. Descripción de funciones respectivas a cada botón de la aplicación diseñada<br>en Visual Basic.....                              | 87                                       |
| Tabla 23. Costos para una implementación RFID .....                                                                                        | 91                                       |

## Introducción

Considerando el tiempo que requieren los usuarios de cadenas de supermercados en realizar su pago, y tomando en cuenta la vulnerabilidad del sistema de facturación actual a temas tales como hurtos y subfacturación; el presente trabajo especial de grado precisa una solución en cuanto a este problema se refiere, mediante el diseño de un sistema para el control de pago haciendo uso de la tecnología RFID, específicamente para la contabilización de artículos, pretendiendo así, fijar las bases para desarrollos futuros en este contexto.

Este proyecto contempla, una investigación minuciosa de la tecnología RFID, comprendiendo los principios físicos que la rigen, para determinar los componentes y dispositivos que mejor se adapten al sistema a diseñar. Se estudiará la mejor manera en la que dichos dispositivos deban estar distribuidos y configurados para permitir la lectura de todos los artículos seleccionados por el cliente, realizando a su vez, pruebas estadísticas de la eficiencia del proceso. Para llevar a cabo este propósito, se realizaron las pruebas de campo en la cadena de supermercados *Plan Suárez*, permitiendo realizar pruebas del sistema en un entorno real, haciendo uso de productos y alimentos de consumo masivo.

Todos los estudios y análisis, se obtienen del conocimiento de las necesidades tanto de las cadenas de supermercados como de los usuarios en cuanto a la gestión de pago y contabilización de productos se refiere respectivamente. Este estudio fue realizado con base en entrevistas y encuestas realizadas tanto a gerentes del establecimiento como a clientes, con el fin de poder realizar un estudio cuantitativo lo más explícito posible. Paralelamente se precisaron los tiempos en todo el proceso de pago por etapas para presentar el problema descrito de una manera más clara.

# Capítulo I

## Planteamiento del problema

En este capítulo se describe de manera general las razones que propiciaron la escogencia del tema, estableciendo como argumento una situación práctica en la cotidianidad de la vida de cualquier persona cuando ésta realiza compras en un local de supermercado. Adicionalmente se exponen los objetivos del proyecto para dar a conocer los alcances que tendrá el mismo en materia de implementación y de las posibles mejoras que pudiese aportar la tecnología RFID a esta área específica de supermercados.

### I.1 Planteamiento del problema

En el transcurso del siglo XX, el modelo de distribución y comercialización de alimentos y productos ha dado un giro de 180° grados con la aparición de lo que coloquialmente se puede llegar a conocer como “distribución moderna”; Supermercados e Hipermercados han ido sustituyendo los espacios de compra tradicionales como el pequeño comercio y el mercado. La satisfacción del cliente resulta un tema fundamental en este tipo de negocio. Si bien es cierto que el precio de los productos es un aspecto clave, también es cierto que los usuarios actuales también eligen su supermercado basándose en su experiencia de compra, vistosidad del establecimiento, gestión de pago, atención al cliente, entre otros.

Actualmente el proceso de pago en los supermercados resulta en cierto modo un proceso engorroso, pues una parte considerable del tiempo que transcurre al realizar compras en el establecimiento se consume en este proceso. Haciendo referencia a un ejemplo cotidiano, donde una persona acude a un supermercado para adquirir alimentos y productos de su necesidad, en el momento en que ésta termina de seleccionar dichos productos, procede a la caja de pago en donde toma los productos

del carrito y los coloca en la banda transportadora, luego son facturados manualmente por un cajero a través de la lectura individual de los códigos de barras impresos en dichos productos. Estos códigos para poder ser leídos, necesitan ser colocados directamente frente a la lectora. Esto, sin duda alguna, genera grandes colas y retrasos en el establecimiento.

Entre otros aspectos se destacan los hurtos en los supermercados que resulta un tema de gran consideración. Todo comercio local perteneciente a la industria del *retail* (venta al detal) genera en forma periódica un inventario que detalla la cantidad existente de mercancía en stock, mercancía expuesta para la venta, mercancía que ingresó y la que egresó. Por lo general, este procedimiento consiste en el conteo minucioso de la mercancía existente y el cruce de estas cifras con el inventario presente en el sistema dará como resultado un faltante o excedente. Generalmente los faltantes resultarán más comunes en este tipo de establecimientos.

De acuerdo a reuniones llevadas a cabo con gerentes de compras de supermercados en Venezuela, específicamente la cadena de supermercados PLAN SUAREZ y EXCÉLSIOR GAMA con establecimientos distribuidos por el Distrito Capital, se estima que, entre un 5% y un 7% son los resultados que arrojan las pérdidas por concepto de hurtos. Esta cifra se puede fácilmente extrapolar a las restantes cadenas del sector, pues el proceso de inventario se realiza de manera similar en muchos de los establecimientos dispuestos a este tipo de actividades. En este sentido y de manera general, los supermercados invierten grandes cantidades de dinero en el personal y en el equipamiento necesario para la seguridad del mismo, esto con el objetivo de evitar dichas pérdidas, sin embargo, en consecuencia supone en muchos casos una medida intimidatoria para el comprador.

Ya que los costos de operación dedicados al proceso de pago y a la seguridad, representan un valor considerable, resulta conveniente encontrar soluciones que agilicen estos procesos y que además brinden un alto nivel de seguridad, reduciendo los costos de operación, sin afectar la tranquilidad de los compradores. En este

contexto, la tecnología RFID puede resultar una poderosa herramienta para la gestión de las operaciones en los supermercados.

Debido a que la tecnología RFID permite una mayor visibilidad de los productos en venta en el supermercado, específicamente los productos contenidos en el carrito de los compradores al momento de cancelar, se eliminaría la necesidad de descargar los productos en la banda transportadora para su lectura de manera individual en el lector, y en beneficio, estos pudieran ser leídos directamente en el carrito sin mover alguno de ellos, agilizando así el proceso de facturación por parte del cajero.

Puesto a que esta tecnología no requiere de una línea de vista directa entre el lector y el producto en particular, a diferencia de los códigos de barra, y considerando también la configuración de los equipos, se puede realizar la lectura de las etiquetas colocadas en los productos así estos se encuentren obstaculizados por otros materiales. Este punto resulta muy conveniente para el concepto de hurtos, ya que se reducirían sin la necesidad de tener guardias de seguridad vigilando constantemente a los compradores. En otro aspecto, se reduciría también la necesidad de destinar tanto personal para la parte de cobranza, debido a que este proceso pasaría a estar automatizado, eliminando incluso lo posibles errores humanos y los embotellamientos de clientes en las cajas de pago.

“En los últimos años, las tecnologías RFID se han desarrollado y perfeccionado técnicamente, disponiendo actualmente de estándares internacionalmente aceptados para las bandas de frecuencia de trabajo más habituales, con mayor número de aplicaciones y con la aceptación de las Administraciones Públicas responsables de la asignación de frecuencias, que entienden que deben liberar recursos suficientes que permitan el desarrollo de las tecnologías RFID, pensando además en que los recursos (por ejemplo las bandas de frecuencia) deben ser compatibles para el uso de la tecnología a nivel internacional, punto

imprescindible para que se produzca el uso masivo de la tecnología considerando la globalización de productos que existe en la actualidad.” (AETIC. 2009).

Con base en lo anteriormente descrito, se considera que el proceso de contabilización de artículos adquiridos por los consumidores en los supermercados así como los mecanismos de seguridad, deben ser actualizados a esta tecnología para lograr una optimización respecto a los procesos correspondientes.

## **I.2 Objetivo General**

Diseñar un modelo de implementación de un sistema de Identificación por Radiofrecuencia (RFID) para gestionar el proceso de pago y la seguridad en los supermercados y afines.

## **I.3 Objetivos Específicos**

Analizar las necesidades básicas de los supermercados desde el punto de vista administrativo y comercial en el ámbito del proceso de pago de los clientes.

Diseñar un sistema piloto RFID para su implementación en un supermercado, basándose en los procesos investigados, evaluando la ubicación de lectoras y etiquetas.

Evaluar el funcionamiento del sistema diseñado desde el punto de vista de lectura y los posibles errores.

Proponer las adaptaciones al sistema de pago del supermercado.

Realizar un estimado de costo a nivel técnico-económico para el proyecto diseñado.

## I.4 Alcances

Este proyecto se centra en la investigación de la factibilidad para aplicar la tecnología RFID al ámbito de cobranza en los supermercados así como el costo de la implementación y el ahorro que ésta representaría.

Este proyecto incluye el estudio de fenómenos de reflexión y dispersión de ondas de radiofrecuencia en materiales líquidos y metálicos.

Este proyecto incluye una propuesta de adaptación del sistema utilizado por el supermercado para la cobranza con el sistema RFID a implementar.

En el diseño se plantea la colocación de un punto de control en un supermercado, como una prueba del funcionamiento del sistema diseñado.

## I.5 Limitaciones

Este trabajo especial de grado no incluirá un diseño con acabado industrial.

No incluirá un *Software* especializado para el manejo de inventario.

Este proyecto no incluirá el desarrollo de una aplicación especial para la facturación

Para la implementación del piloto se utilizarán los equipos RFID disponibles en la Universidad, los cuales pudieran no ser los óptimos para esta implementación.

## **I.6 Justificación**

Resulta de gran importancia el estudio y análisis de los procesos logísticos llevados a cabo en la cotidianidad de un establecimiento de supermercados, más allá del tema de inventario y ordenamiento de productos en anaqueles, la observación detallada identifica claramente el problema del tiempo en cuanto a contabilización y facturación de aquellos productos seleccionados por clientes en las cajas de pago debido al sistema de identificación de que se utiliza (códigos de barra).

La principal causa de realización de este proyecto se centra en la posible mejora en calidad tecnológica respecto al mencionado sistema de identificación implementado para la lectura de productos. Se pretende transformar este paradigma al concepto de Identificación por Radio Frecuencia (RFID), lo cual establece varias ventajas, entre ellas: el tiempo y la reducción de pérdidas.



## **Capítulo II**

### **Marco Teórico**

A manera de fundamentar adecuadamente el planteamiento del problema, el presente capítulo pretende la investigación exhaustiva y minuciosa de la información dispuesta en los distintos medios disponibles. Se contempla en gran medida aquellos conceptos relacionados con la tecnología RFID, tales como: principios físicos, arquitectura de un sistema RFID, lectoras, etiquetas, antenas, frecuencia de operación, lectura de etiquetas, entre otros. Dichos conceptos ligados a los temas de operación y administración de supermercados proporcionarán las bases suficientes para poder abordar debidamente el desarrollo del proyecto.

#### **II.1 Antecedentes de la tecnología RFID**

La tecnología de Identificación por Radiofrecuencia ha estado presente por mucho tiempo. En sus principios, tenía una aplicación exclusivamente militar durante la Segunda Guerra mundial, siendo utilizada para detectar la presencia de aviones a kilómetros de distancia. Todo avión que era identificado con esta tecnología podía conocer, desde la estación de operaciones, que no se trataba de un enemigo. Su principio era simple, se transmitía una señal desde la estación y los identificadores colocados en cada avión comenzaban a responder una vez recibida la señal. Sin embargo, dada la evolución y crecimiento que ha tenido la industria del comercio a lo largo de estos años, se ha considerado la utilización de la tecnología RFID a modo de sistematizar y agilizar procesos de producción y gestión. (RFID Journal, 2012)

Por el lado de la identificación de productos en cadenas de producción al mayor y detal, se ha optado por el uso de los llamados códigos de barra, los cuales corresponden a una tecnología de fácil implementación pero que, hoy en día, tiene

una serie de limitaciones como es el caso de la escalabilidad o extensión de su rango de operaciones. (RFID Journal, 2012)

## II.2 Código de Barras

El Código de Barras consiste en un arreglo paralelo de barras y espacios, que contiene información codificada. Esta información puede ser leída por dispositivos ópticos, los cuales envían la información leída hacia una computadora como si la información se hubiera introducido por teclado. (Códigos de Barras y RFID, 2008)

El fundamento de la codificación de caracteres en símbolos de barras se basa en la forma que se hace la lectura. La lectura de las barras las hace un dispositivo llamado escáner, el mismo emite un haz de luz intenso hacia una superficie que contiene pigmentos, los cuales reflejan diversos contrastes de la intensidad de dicho haz. Esta luz recorre la superficie donde están impresas las barras en los sentidos: derecha-izquierda, izquierda-derecha y de forma perpendicular. Esto permite que el código de barra pueda ser leído de frente o invertido. (Códigos de Barras y RFID, 2008)



Figura 1. Escáner de código de barras

(Fuente Códigos de Barras y RFID, 2008)

En contraparte, los códigos de barra presentan algunas limitaciones, una de ellas es que requieren de una línea de vista directa entre el objeto que contiene el código impreso y la lectora, en síntesis no puede existir un cuerpo que interfiera o bloquee el haz de luz proveniente de la misma. Además, con este sistema sólo se puede realizar el escaneo individual de grupos de objetos, ya que no permite la lectura de varias etiquetas en el mismo instante de tiempo. Este percance sin duda, ocasiona severos retrasos en los supermercados, pues en el proceso de contabilización de productos, el cajero realiza el registro manual de todos los artículos.

## II.3 Sistema RFID

La identificación por radio frecuencia (RFID) es un término genérico que es usado para describir un sistema que transmite la identidad (en forma de un serial único) de un objeto, o persona, inalámbricamente, usando ondas de radiofrecuencia. (RFID Journal, 2012)

La tecnología RFID es diseñada para permitir a las lectoras obtener la información contenida en las etiquetas y transmitirla a una computadora sin necesidad de una persona involucrada. Las etiquetas RFID (*tags*) poseen un mecanismo para la identificación a distancia, siendo menos susceptibles a la orientación con respecto al lector. Múltiples etiquetas RFID pueden ser leídas al mismo tiempo. Esto permite ahorrar un tiempo considerable de procesamiento, que, en otras circunstancias sería gastado alineando los identificadores con el lector. Adicionalmente los códigos de barra una vez impresos, no pueden cambiar la información contenida en ellos, mientras que en muchos tipos de etiquetas RFID se permite la sobrescritura de información. (RFID Journal, 2012)

Es simple el funcionamiento de los sistemas RFID en teoría. La etiqueta RFID, que contiene una identificación única para un determinado artículo, genera una señal de radiofrecuencia correspondiente a los datos almacenados en este. Esta señal

puede ser captada por un lector RFID, el cual se encarga de leer la información y transportarla en formato digital a la aplicación específica para su procesamiento, esta aplicación recibe el nombre de *Middleware* o programa intermedio. (RFID Journal, 2012)

### II.3.1 Principios físicos de un sistema RFID

La inmensa mayoría de los sistemas RFID operan de acuerdo con el principio de acoplamiento inductivo, por lo tanto para comprender los procedimientos de transferencia de datos y alimentación, se requiere de un conocimiento previo de los principios físicos del magnetismo.

Cualquier corriente eléctrica variable que fluye a través de un material conductor genera un campo electromagnético alrededor. Del mismo modo, un campo electromagnético aplicado a una superficie conductora, genera una corriente eléctrica a través de esta. La Figura 2 muestra la relación dual entre el campo magnético y el campo eléctrico, propiedad física fundamental de la propagación por radiofrecuencia. La región cercana a la fuente de corriente, al conductor, donde se captan las fuerzas magnéticas se denomina campo de inducción. Fuera del campo de inducción se encontrará el campo de radiación. Dependiendo de la frecuencia del sistema, será el campo de inducción o el de radiación quien activará el *tag*. (García, V, 2006)

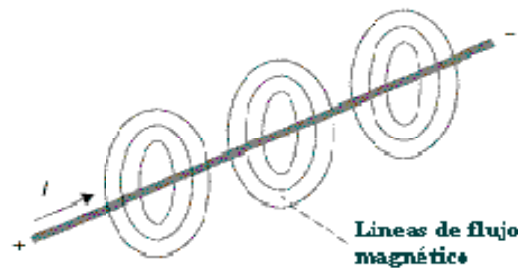


Figura 2. Relación dual entre campo magnético y campo eléctrico

(Fuente Casanovas, E & Ciudad, J, 2007)

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

Por lo general los *tags* no tienen su propia fuente de energía, por lo que necesitan absorber la energía propagada por la antena del dispositivo lector para activar el chip y comunicarse con el lector enviándole la información contenida en su memoria. Conforme un *tag* se mueve a través del campo electromagnético generado por la antena del lector, éste se activa y transmite su información de identificación. (García, V, 2006)

Teniendo en cuenta la propiedad física fundamental de la propagación por radiofrecuencia, si se trabaja dentro del rango de frecuencia LF o HF, las antenas del dispositivo lector y de los *tags* tendrán forma de espiral y se comunicarán a través del efecto de inducción. La Figura 3 hace referencia a un sistema RFID en banda HF. La antena del lector será excitada por una fuente externa, generando un campo magnético alrededor del conductor con suficiente potencia como para que a una determinada distancia, cualquier *tag* que pase a través del campo generado acople la energía radiada a su antena y genere la corriente variable suficiente para activar la etiqueta. (García, V, 2006)

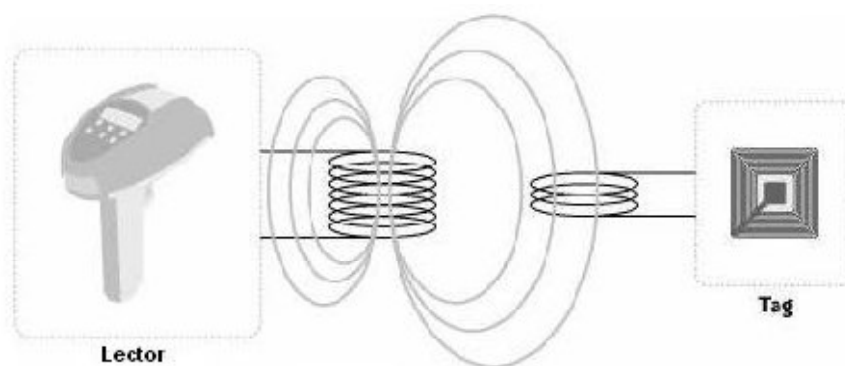


Figura 3. Sistema RFID en banda HF

(Fuente García, V, 2006)

Las características de las frecuencias generales de operación en un sistema RFID se resumen a continuación

| 135 KHz                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 13,56 MHz                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se utiliza para rangos de lectura mayores y los <i>tags</i> son menos costosos</li> <li>• Niveles de potencia mayores</li> <li>• Tags con bajo consumo de energía debido a su frecuencia de reloj</li> <li>• Tags miniaturizados, identificación de animales</li> <li>• Cociente de absorción bajo y alta profundidad de penetración</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se utiliza para aplicaciones de alta velocidad / alto procesamiento y media velocidad / bajo procesamiento</li> <li>• Válida a nivel mundial</li> <li>• Velocidad de transmisión (~106kbps)</li> <li>• Frecuencia elevada que permite funciones de encriptado y microprocesado.</li> <li>• Capacidad de adaptación de impedancias en el propio.</li> </ul> |

(Fuente: Glover, B & Bhatt, H, 2006)

### II.3.1.1 Consecuencias de la incidencia de ondas electromagnéticas en materiales líquidos y metálicos

En el modelo electromagnético existen tres parámetros de gran importancia, además de las cantidades de campo. Estos valores se relacionan directamente con las propiedades de los medios y son: conductividad ( $\sigma$ ), permitividad ( $\epsilon$ ) y permeabilidad ( $\mu$ ). Dichos parámetros dependen en gran medida de la temperatura a la que están sometidos los materiales y de la frecuencia de la onda incidente sobre los mismos.

La conductividad representa la capacidad de un medio material al paso de la corriente; la permitividad describe el comportamiento de un dieléctrico en presencia de campos eléctricos y la permeabilidad describe el comportamiento magnético de un medio material en presencia de campos magnéticos. (Cheng, D, 2006)

La incidencia de las ondas de radio sobre ciertos materiales, presenta fenómenos de origen natural que son capaces de modificar algunos eventos, estos fenómenos son: refracción, reflexión, dispersión y difracción; y guardan estrecha relación con el estudio de los parámetros constitutivos de los medios. A manera de simplificar un poco el estudio se hará énfasis directamente sobre los fenómenos de reflexión y refracción, los cuales cobran mayor importancia para el desarrollo del presente proyecto.

Al aplicar a cuerpos materiales un campo eléctrico externo variable con el tiempo, se producen pequeños desplazamientos de cargas ligadas que a su vez originan una densidad de volumen de polarización. Este vector de polarización variará con la misma frecuencia que el campo aplicado. Al aumentar la frecuencia, la inercia de las partículas cargadas tiende a evitar que el desplazamiento de partículas se mantenga en fase con los cambios del campo, lo cual produce un mecanismo de amortiguamiento de vibraciones que produce pérdida de potencia debida al trabajo necesario para superar las fuerzas de amortiguamiento. Este fenómeno de polarización fuera de fase puede caracterizarse por una susceptibilidad eléctrica compleja y por consiguiente por una permitividad compleja. Si el cuerpo o medio material tiene además una cantidad importante de portadores de cargas libres, como los electrones en un conductor, los electrones y huecos en un semiconductor o los iones en un electrólito, también se presentarán pérdidas óhmicas. Por lo tanto estas anomalías repercuten posteriormente en la lectura de productos, pues alteran la potencia y frecuencia de la señal de respuesta generada desde la etiqueta (Cheng, D, 2006).

Un parámetro que aporta información sobre las propiedades constitutivas de los medios tomando en cuenta los parámetros  $\sigma$  y  $\epsilon$ , anteriormente descritos, es la tangente de pérdidas, la cual representa una medida de pérdida de potencia en el medio, y viene expresada por la ecuación Ec. 1.

$$\tan \delta_c = \frac{\sigma}{\omega \epsilon} \quad (\text{Ec. 1})$$

Siendo:

conductividad eléctrica. (S/m)

permitividad dieléctrica. (F/m)

frecuencia angular. (rad/s)

ángulo de pérdidas.

Acotando que, la frecuencia angular se relaciona directamente con la frecuencia de operación mediante:

$$\omega = 2\pi f \quad (\text{Ec. 2})$$

Para asumir que un medio material es un buen conductor o un buen aislante se recurre al análisis de la tangente de pérdidas de la siguiente manera:

Si  $\frac{\sigma}{\omega \epsilon} \gg 1$  se está en presencia de un medio conductor

Si  $\frac{\sigma}{\omega \epsilon} \ll 1$ ; se está en presencia de un medio aislante o dieléctrico.

Cabe destacar que la tangente de pérdidas depende de la frecuencia, por lo que no resulta un valor constante en variación de condiciones.

No obstante para un análisis completo sobre las consecuencias que produce la incidencia de ondas de radiofrecuencia en objetos que comúnmente se encontrarían en locales comerciales o supermercados, tales como: envases metálicos, envoltorios aluminizados, enlatados, jugos, refrescos, etc. Es necesario mencionar conceptos adicionales, como la impedancia intrínseca de un medio para, posteriormente, calcular el coeficiente de reflexión y conocer la razón fundamental de por qué la tecnología RFID presenta inconvenientes con dichos elementos.

Por definición, la impedancia intrínseca viene dada por una ecuación dependiendo del tipo de medio material.



$$\eta_c = \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}} \left( 1 + j \frac{\sigma}{2\omega\epsilon} \right) \Omega \rightarrow (\text{Ec.3}) \text{ Para medios dieléctricos con pocas pérdidas}$$

$$\eta_c = (1 + j) \frac{\sqrt{\pi f \sigma \mu}}{\sigma} \Omega \rightarrow (\text{Ec.4}) \text{ Para medios buenos conductores}$$

Siendo:

$f$ : Frecuencia de la onda incidente

Mientras que, los coeficientes de reflexión y refracción se definen mediante las ecuaciones 5 y 6:

$$\Gamma = \frac{E_r}{E_i} = \frac{\eta_2 - \eta_1}{\eta_2 + \eta_1} \rightarrow (\text{Ec.5}) \text{ Coeficiente de reflexión}$$

$$\tau = \frac{E_t}{E_i} = \frac{2\eta_2}{\eta_2 + \eta_1} \rightarrow (\text{Ec.6}) \text{ Coeficiente de refracción}$$

Donde:

$E_r$ : Intensidad campo eléctrico reflejado

$E_i$ : Intensidad campo eléctrico incidente

$E_t$ : Intensidad campo eléctrico transmitido o refractado

$\eta_1$ : Impedancia intrínseca del medio 1

$\eta_2$ : Impedancia intrínseca del medio 2

### II.3.2 Arquitectura de un sistema RFID

En principio, resulta casi imposible poder definir una arquitectura estándar que se adapte a todas las necesidades de los sistemas RFID que han ido evolucionando a lo largo de los últimos años. Sin embargo, ciertas características son

requeridas por cualquier sistema que implemente esta tecnología. En términos generales, un sistema RFID debe proveer las siguientes capacidades:

- **Capacidad de codificar etiquetas RFID:** La identificación permite reconocer la identidad de un objeto o artículo. Un objeto puede tener múltiples identificadores. (Glover, B & Bhatt, H, 2006)
- **Capacidad de adherir o vincular las etiquetas RFID codificadas a los artículos:** Este es un proceso que requiere tiempo, debido a la sensibilidad y delicadeza que pueden llegar a tener algunos tipos de etiquetas RFID. (Glover, B & Bhatt, H, 2006)
- **Capacidad para rastrear el movimiento de los artículos etiquetados:** Una etiqueta RFID se comunica con el mundo exterior enviando y recibiendo señales electromagnéticas. Las etiquetas activas tienen una batería que le permite impulsar la comunicación mientras que las etiquetas pasivas reflejan la señal que reciben de la lectora. (Glover, B & Bhatt, H, 2006)

## II.4 Etiquetas RFID

Como se ha mencionado anteriormente, un sistema RFID es capaz de reconocer mediante un lector, la presencia de otro dispositivo electrónico como una etiqueta, o *tag*, utilizando mecanismos de transmisión inalámbricos. Una etiqueta RFID está formada por dos partes principales: un chip o circuito integrado CMOS, y una antena. El chip es un pequeño microcontrolador que almacena una serie de números únicos, mientras que la antena permite al chip recibir la energía proveniente de la lectora y transmite la información almacenada en el chip. Algunas de las características más importantes de las etiquetas RFID son las siguientes:

- **Energía:** Algunas etiquetas RFID emplean un sistema pasivo, donde la energía de la radiofrecuencia emitida por el lector, la activa. Otras etiquetas emplean un sistema activo, en el que una batería suministra energía a un microchip incorporado. (Glover, B & Bhatt, H, 2006)
- **Capacidad de almacenamiento:** Las etiquetas RFID varían de acuerdo a su capacidad de almacenamiento. Las etiquetas de sólo lectura permiten el almacenamiento de un solo valor, mientras que las re-escribibles permiten sobrescribir varios valores. La capacidad va de 1 bit hasta miles de bytes. (Glover, B & Bhatt, H, 2006)
- **Anticolisión:** Cuando muchas etiquetas se encuentran muy cercanas, el lector puede tener dificultades en reconocer a cada una de ellas. Algunas etiquetas emplean mecanismos de anticolisión, donde cada una espera un turno específico para responder a la lectora. (Glover, B & Bhatt, H, 2006)

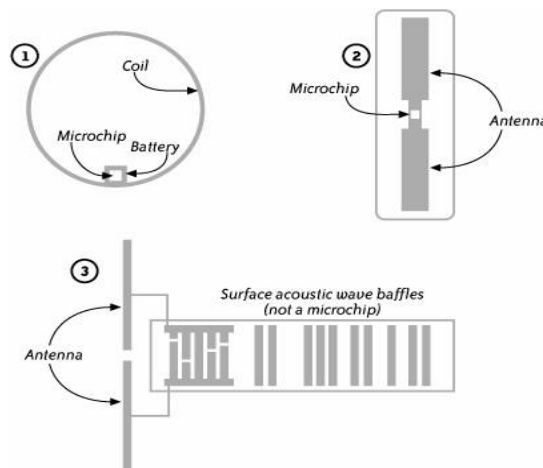


Figura 4. Etiqueta típica RFID

(Fuente Glover, B & Bhatt, H, 2006)

Para entender como una etiqueta RFID notifica a la lectora acerca de su presencia e identificación, se puede considerar el escenario mostrado en la Figura 5.

La lectora RFID transmite una señal a una determinada frecuencia e intervalo (generalmente cientos de veces por segundo), luego, cualquier etiqueta RFID que se encuentre dentro del rango de lectura va a responder debido a la resonancia que produce la circuitería interna de la etiqueta por efecto del proceso de absorción y radiación de energía realizada por la antena. En síntesis las etiquetas usan la energía de la señal que transmite la lectora para reflejarla. (Glover, B & Bhatt, H, 2006)

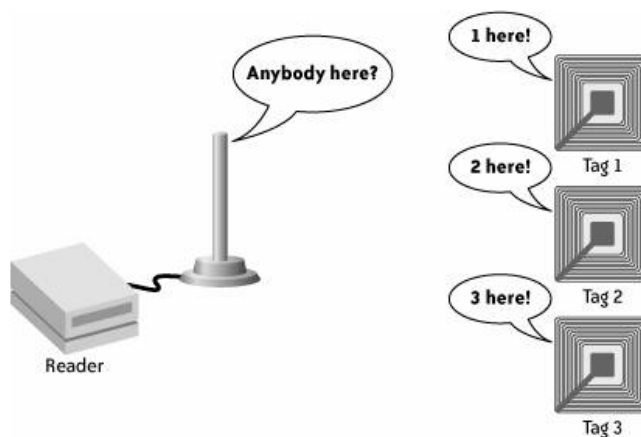


Figura 5. Comunicación entre una etiqueta RFID y un lector

(Fuente Glover, B & Bhatt, H, 2006)

Las etiquetas RFID, a su vez, pueden modular la señal a transmitir. La modulación consiste en transportar la información sobre una onda portadora, generalmente una onda sinusoidal, permitiendo un mejor aprovechamiento del canal de comunicación lo que posibilita transmitir más información en forma simultánea, además, de mejorar la resistencia al ruido e interferencia. Además, la modulación permite alcanzar mayores distancias. (Tomasi, W. 2009)

#### II.4.1 Etiquetas pasivas

La mayor parte de las etiquetas producidas hoy día son pasivas. El único momento en las que estas se comunican es cuando están cerca de la presencia del lector, ó, cuando se encuentran dentro del campo electromagnético del lector. No

poseen ningún tipo de alimentación, por lo tanto aprovecha la energía del campo eléctrico, o magnético, para alimentarse y así poder transmitir su información. La lectora envía ondas electromagnéticas a una frecuencia determinada y luego éstas impactan sobre la etiqueta RFID, que a su vez responde con una onda a la misma frecuencia con la información almacenada en el chip. Esta técnica de comunicación recibe el nombre de *backscatter*.

#### **II.4.2 Etiquetas activas**

Una etiqueta activa tiene una batería propia con la que se puede comunicar con el lector. La energía de la batería es usada para poner en funcionamiento su microchip y poder transmitir la señal a más de 1 kilómetro de distancia. Son más grandes que las pasivas y pueden almacenar más información. Todo lo descrito anteriormente hace que las etiquetas activas sean mucho más costosas comparadas con las pasivas.

#### **II.4.3 Etiquetas asistidas por batería**

Este tipo de etiquetas, también denominadas semi-pasivas, emplean una batería para alimentar el chip pero no para transmitir una señal. Para comunicarse, emplean el mismo mecanismo que las etiquetas pasivas (*backscatter*). El hecho de poseer una batería hace que esta responda más rápido que las etiquetas pasivas ya que no tienen que ejecutar mecanismos para reflejar la energía proveniente del lector RFID.

### **II.5 Lectores**

Como se mencionó anteriormente, los lectores se comunican con las etiquetas usando radiofrecuencia. En este sentido, los lectores están compuestos por una o varias antenas para poder lograr esto. Por otra parte, los lectores poseen una interfaz de red a través de la cual pueden ser capaces de comunicarse con otros dispositivos,

como puede ser el caso de un servidor, y, para poder controlar e implementar los protocolos de comunicación. Los sistemas RFID utilizan el cifrado y la autenticación para evitar lecturas no autorizadas. Un lector puede escanear una etiqueta RFID sin necesariamente tenerla a la vista, lo cual ocurre con los códigos de barra. Del mismo modo, se pueden procesar varios *tags* de forma simultánea, representando un aumento considerable en cuanto a lectura o identificación. (Glover, B & Bhatt, H, 2006)

## II.6 Subsistema de antenas

Algunos lectores poseen una o dos antenas adaptadas directamente, otros son capaces de manejar varias antenas ubicadas remotamente. La principal limitación del número de antenas que un lector puede controlar es la atenuación en los cables. Algunas especificaciones establecen que el lector debe estar a una distancia no mayor a 2 metros de las antenas. (Glover, B & Bhatt, H, 2006)

## II.7 Controlador

Los protocolos de comunicación entre el lector y las etiquetas RFID son controlados por una máquina de estados o un chip.

## II.8 Interfaz de red

Una vez que una lectora reconoce el evento, este debe ser procesado de alguna forma. Para comunicarse con la red y otros dispositivos, se emplean una variedad de interfaces. Las más comunes son RS-232, RS-422, RS-485. Los lectores más recientes soportan *Ethernet*, *Bluetooth* y *Wi-Fi*.

- **RS-232:** Este protocolo provee sistemas de comunicación confiables de corto alcance. Tiene ciertas limitantes como una baja velocidad de comunicación, que va de 9600 bps a 115.2 Kbps El largo del cable está limitado a 30 metros,

no cuenta con un control de errores y su comunicación es punto a punto. (Forouzan, B, 2008)

- **RS-485:** El protocolo RS-485 es una mejora sobre RS-232, ya que permite longitudes de cables de hasta 1200 metros. Alcanza velocidades de hasta 2.5 Mbps y es un protocolo de tipo bus, lo cual permite a múltiples dispositivos estar conectados al mismo cable. (Forouzan, B, 2008)
- **RS-422:** Estándar utilizado para conectar dispositivos en forma serial. Junto con el RS-423, son mejoras del estándar RS-232, pues soportan mayores velocidades de transferencia, lo cual para RFID resulta un aspecto muy importante cuando se necesita procesar grandes cantidades de información. También permite la compatibilidad hacia atrás, pues es posible conectar dispositivos RS-232 en ellos. (Forouzan, B, 2008)
- **Ethernet:** Las redes Ethernet se ejecutan a través de varios tipos de cables a 10/100 Mbps. Se considera como una buena opción, ya que su velocidad es más que suficiente para los lectores RFID. La confiabilidad del protocolo TCP/IP sobre Ethernet asegura la integridad de los datos enviados, y se trata de una infraestructura común para la mayoría de las redes, lo que permite una instalación más sencilla con menores costos de integración. (Forouzan, B, 2008)
- **Bluetooth:** La tecnología inalámbrica Bluetooth bajo la norma 802.15 es una tecnología de ondas de radio de corto alcance (2.4 gigahertzios de frecuencia) (Forouzan, B, 2008)
- **Wi-Fi 802.11:** Se utiliza en la actualidad en los lectores de RFID móviles. Además de que esta solución reduce los requerimientos de cables y costos. (Forouzan, B, 2008)

## II.9 Componentes lógicos de un lector RFID

Dentro del controlador de un lector RFID, podemos definir cuatro subsistemas separados que manejan responsabilidades diferentes. Estos se definen a continuación:

- **Interfaz de programación de aplicaciones (API):** Permite monitorear el estado del lector, controlar los parámetros de configuración como pueden ser los niveles de energía. Crea mensajes que son enviados al *RFID Middleware*. (Glover, B & Bhatt, H, 2006)
- **Comunicaciones:** Este subsistema maneja los detalles de la comunicación sobre cualquier protocolo de transporte entre la lectora y el *RFID Middleware*. (Glover, B & Bhatt, H, 2006)
- **Manejo de eventos:** Cuando una lectora ve a una etiqueta, se denomina una “observación”. Una observación que difiere de otras observaciones previas es llamado un “evento”. Este subsistema es el encargado de determinar qué información capturada puede ser procesada enviándola a una aplicación externa. (Glover, B & Bhatt, H, 2006)
- **Antena:** Permite el control físico de cada una de las antenas del lector. (Glover, B & Bhatt, H, 2006)

## II.10 Disposición de lectores y antenas

Las variaciones en cuanto a la ubicación de los lectores en el diseño de un sistema RFID pueden llegar ser infinitas. Lo primero que se debe decidir es el área de cobertura y el número de antenas a utilizar. Sin embargo, alguna de las disposiciones más comunes son las siguientes:



### ➤ Portales

Un portal RFID en un arco formado por un arreglo de antenas y lectores diseñado para reconocer a las etiquetas a medida que pasan a través del mismo. Esta es una configuración típica de un almacén, dónde los artículos entran y salen a través del muelle de carga/descarga. También es común para artículos que se mueven entre diferentes secciones dentro de una fábrica, por ejemplo desde el almacén hacia el ensamblado. Normalmente será una configuración fija, pero también se pueden encontrar portales móviles sobre estructuras con ruedas fácilmente movibles de un muelle a otro. La Figura 6 muestra la típica configuración de portal RFID. (Glover, B & Bhatt, H, 2006)

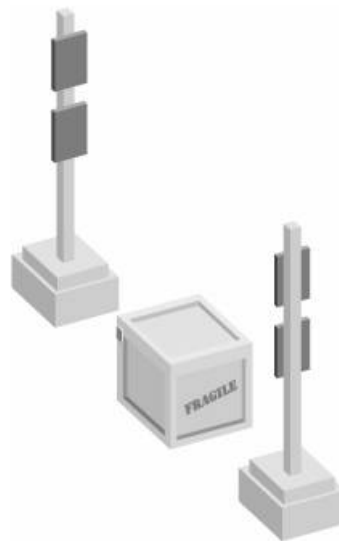


Figura 6. Portal RFID

(Fuente Glover, B & Bhatt, H, 2006)

### ➤ Túneles

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

antenas RF en el entorno. Es normal encontrarlo en líneas de ensamblado o de empaquetado, dónde el lector identifica por cual estación, o proceso de ensamblado está pasando el artículo etiquetado. La Figura 7 muestra la disposición típica de un túnel RFID. (RFID Journal, 2012)

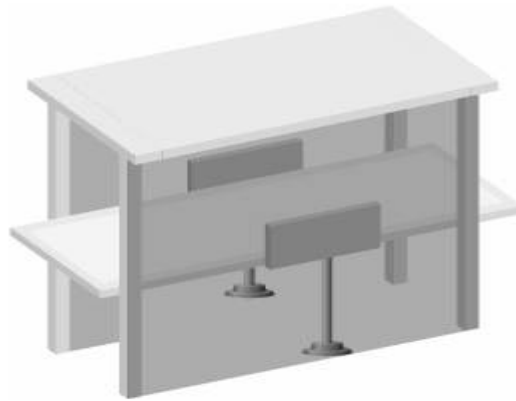


Figura 7. Túnel RFID

(Fuente: Glover, B & Bhatt, H, 2006)

## II.11 Componentes *Software* de un sistema RFID

### II.11.1 RFID *Middleware*

El RFID *Middleware* es el encargado de procesar la ráfaga de información capturada por los lectores, de modo que las aplicaciones que darán uso a estos datos, cuenten sólo con la información relevante, filtrando y agrupando esa ráfaga de observaciones provenientes de los lectores. Es un *Software* que reside en un servidor, entre los componentes del sistema RFID y el *Software* de aplicación o gestión. También es el encargado de todas las configuraciones de *Hardware*. (J. Sweeney, P, 2005)

Tomando en consideración la lectura de una etiqueta RFID pasiva, un sistema RFID trabajaría de la siguiente manera con el RFID *Middleware*:

- La etiqueta es activada cuando pasa por el campo de radiofrecuencia que ha sido generado por la antena y el lector.
- La etiqueta responde mandando la información almacenada en su chip.
- La antena del lector que genera el campo recibe la respuesta de la etiqueta.
- El lector envía la información al *Middleware*.
- El *Middleware* envía la información contenida en la etiqueta al sistema correspondiente que requiera la información. (Glover, B & Bhatt, H, 2006)

La Figura 8 muestra el proceso de lectura de una etiqueta descrito anteriormente con el *Middleware* incorporado.

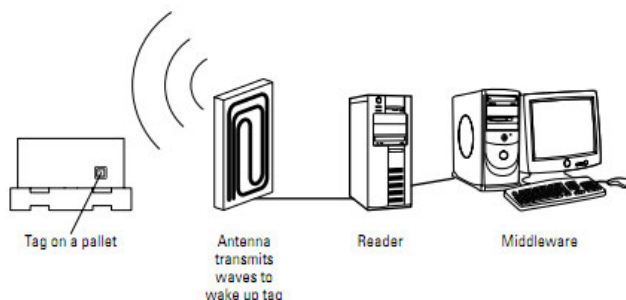


Figura 8. Proceso de lectura de un sistema RFID

(Fuente J. Sweeney, P, 2005)

El RFID *Middleware* juega también un papel muy importante para conectar tecnologías de auto identificación, como es el caso de los lectores de códigos de barra y los lectores RFID. Esto es posible debido a que el *Middleware* está posicionado directamente en contacto con los elementos físicos del sistema RFID, permitiendo filtrar toda la información obtenida de los lectores y sensores. (RFID Journal, 2012)

Actualmente, las licencias de *Software* RFID *Middleware* son muy costosas, y obstaculizan la implementación de esta tecnología. La primera generación de lectores carecía de inteligencia propia, ya que todas sus capacidades debían ser controladas

por un *Software* intermedio. Hoy día, se han diseñado los llamados “lectores inteligentes”, capaces de interrogar, filtrar y procesar los datos de manera independiente. (RFID Journal, 2012)

### **II.11.2 Software del sistema RFID**

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

### **II.11.3 Lectura/Escritura**

Estas son dos de las operaciones básicas de un *tag*. El dispositivo lector solicita al *tag* una operación de lectura, o escritura, de datos sobre él. El *tag*, accede a su memoria para recuperar la información solicitada por el dispositivo lector y transmite esta información de vuelta a este. También se puede hacer llegar información hacia el *tag* a través la aplicación cliente, para que esta sea almacenada en la memoria del *tag*, siempre que el *tag* tenga la capacidad de escritura. (García, V, 2006)

### **II.11.4 Anticolisión**

Cuando múltiples etiquetas pasan por el campo de un lector RFID simultáneamente, estas deben transmitir su información por turnos para evitar colisiones. Este procedimiento regula los tiempos de respuesta haciéndolos aleatorios, de modo que el lector pueda recopilar la información de todas las etiquetas que estén pasando en ese momento. La mayoría de los métodos anticolisión son implementados

en el dominio del tiempo. Estos a su vez pueden ser clasificados en síncronos y asíncronos: (Glover, B & Bhatt, H, 2006)

- **Síncronos:** En este esquema, el lector transmite una consulta a una etiqueta específica usando un identificador único. Este es un método anticollisión efectivo porque las etiquetas no tienen que tomar turnos para poder comunicarse con el lector. (J. Sweeney, P, 2005)
- **Asíncronos:** Para este esquema, las etiquetas dentro del rango de lectura responden de manera aleatoria como se mencionaba anteriormente. (J. Sweeney, P, 2005)

### II.11.5 Detección y corrección de errores

Un lector puede implementar *Software* sofisticado para la detección y corrección de posibles errores de transmisión desde el *tag*. Este *Software* puede incluir programación para detectar y descartar datos incompletos o información duplicada. Uno de los métodos de control implementados es el de Código de Redundancia Cíclica (CRC). (García, V, 2006)

El Código de Redundancia Cíclica constituye la técnica más potente de verificación. Se añade una secuencia de bits redundantes denominados CRC al final de la unidad de datos de forma que los datos resultantes sean divisibles exactamente por un número binario predeterminado. En el destino, la unidad de datos que se recibe es divisible por este mismo número. Si en este paso no hay resto, se asume que la unidad de datos está intacta y se acepta. La existencia de un resto indica que la unidad de datos ha sufrido daños durante el tránsito y que debe ser rechazada. (Forouzan, B, 2008)

El esquema de información de una etiqueta se muestra en la Figura 9. Los campos *EPC* y *Password* se explicaran un poco más adelante.



Figura 9. Esquema de información de una etiqueta RFID

(Fuente Glover, B & Bhatt, H, 2006)

### II.11.6 Aplicación cliente

La aplicación cliente recibe la información del *tag* procesada y normalizada a través del lector y del *Middleware* RFID. La aplicación cliente, normalmente, es un *Software* que existe en la empresa previa implementación del sistema RFID, como por ejemplo una aplicación de control de inventario, o una aplicación de gestión de almacén. Dependiendo del nivel de sofisticación del *Middleware* RFID y de las capacidades de la aplicación cliente, esta no tiene porque conocer la fuente de origen de información de la que van a llegarle los datos. Por ejemplo, en una aplicación de control de inventario se puede hacer un seguimiento exitoso de todos los productos en las estanterías del punto de venta, sin necesidad de conocer como entra esta información en el sistema. Antes de que el sistema RFID se instale, la información puede introducirse manualmente, ó a través de un lector de código de barras. Si la aplicación cliente tiene una buena interfaz de entrada de datos, el *Middleware* RFID sólo necesitará procesar y formatear la información procedente del *tag* y utilizar el protocolo definido por la aplicación cliente para pasar la información hacia el sistema. (García, V, 2006)

## II.12 Frecuencia

Tanto las etiquetas como las lectoras operan a una determinada frecuencia. El espectro electromagnético en el cual RFID opera está dividido en: *low frequency* (LF), *high frequency* (HF), *ultra-high frequency* (UHF) y microondas. Los sistemas

RFID no deben interferir con otras aplicaciones como la televisión, radio, entre otras. La Tabla 1 muestra los rangos de frecuencia a los que trabaja RFID.

| Nombre    | Rango de frecuencia | Frecuencias ISM                             |
|-----------|---------------------|---------------------------------------------|
| LF        | 30-300 KHz          | < 135 KHz                                   |
| HF        | 3-30 MHz            | 6.78 MHz, 13.56 MHz, 27.127 MHz, 40.680 MHz |
| UHF       | 300 MHz – 3 GHz     | 433.920 MHz, 869 MHz, 915 MHz               |
| Microonda | > 3 GHZ             | 2.45 GHz, 5.8 GHz, 24.125 GHz               |

Tabla 1. Rango de frecuencias RFID

(Fuente Glover, B & Bhatt, H, 2006)

La banda de frecuencias ISM (Industrial, Scientific and Medical) es una banda reservada internacionalmente para uso no comercial en radiofrecuencia en el área industrial, científica y médica. Este rango de frecuencias es de uso libre, no requieren licencia o habilitación, respetando las regulaciones que limitan los niveles de potencia transmitida. Este hecho implica la implementación de mecanismos de protección más cuidadosos contra interferencias.

Cada uno de estos rangos de frecuencia presenta diferentes propiedades. Las señales de baja frecuencia son mejores para viajar a través de líquidos pero no destaca la velocidad de envío de la información, mientras que las altas frecuencias pueden transportar la misma cantidad de información en un intervalo de tiempo más corto pero son más susceptibles a la atenuación. Varios materiales como metales y líquidos pueden interferir con el funcionamiento de las etiquetas pasivas. Las etiquetas activas resultan menos vulnerables pero son más costosas. También, dependiendo del rango, la distancia a la que las etiquetas pueden ser leídas por la lectora, varía tal como se muestra en la Tabla 2.

| Frecuencia | Rango típico de lectura para etiquetas pasivas | Aplicaciones típicas                                                                        |
|------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| LF         | 50 centímetros                                 | Identificación de mascotas y lecturas cercanas de artículos con alto contenido de líquidos. |
| HF         | 3 metros                                       | Control de acceso.                                                                          |
| UHF        | 9 metros                                       | Cajas y paletas.                                                                            |
| Microonda  | > 10 metros                                    | Identificación de vehículos.                                                                |

Tabla 2. Rango de lectura por banda de frecuencia

(Fuente Glover, B & Bhatt, H, 2006)

Organismos reguladores de las telecomunicaciones han escogido diferentes rangos de frecuencia UHF en diferentes partes del mundo. En Europa, América del Sur y la mayor parte de Asia, RFID UHF opera entre 865 MHz a 868 MHz. En América del Norte, operan entre 902 MHz a 928 MHz. En Venezuela, la Comisión Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL) establece los parámetros de operatividad en cuanto a frecuencias de equipos de uso libre en la providencia 863.

| Equipo                                               | Frecuencia (MHz) | Límite máximo de PIRE o de intensidad                         |
|------------------------------------------------------|------------------|---------------------------------------------------------------|
| Sistema de identificación por Radiofrecuencia (RFID) | 0,125 - 0,134    | 20 $\mu\text{V/m}$ @ 300 m, medido con detector cuasi pico    |
|                                                      | 13,110 - 13,410  | 106 $\mu\text{V/m}$ @ 30 m, medido con un detector cuasi pico |
|                                                      | 13,410 - 13,553  | 334 $\mu\text{V/m}$ @ 30 m, medido                            |



|  |                 |                                                                        |
|--|-----------------|------------------------------------------------------------------------|
|  |                 | con un detector cuasi pico                                             |
|  | 13,553 - 13,567 | 15.848 $\mu\text{V/m}$ @ 30 m,<br>medido con un detector<br>cuasi pico |
|  | 13,567 - 13,710 | 334 $\mu\text{V/m}$ @ 30 m, medido<br>con un detector cuasi pico       |
|  | 13,710 - 14,010 | 106 $\mu\text{V/m}$ @ 30 m, medido<br>con un detector cuasi pico       |
|  | 433,5 - 434,5   | 11.000 $\mu\text{V/m}$ @ 3 m,<br>medido con un detector<br>cuasi pico  |
|  | 922 - 928       | 4 W                                                                    |
|  | 2.400 - 2.483,5 | 1 W                                                                    |
|  | 5.725 - 5.875   | 1 W                                                                    |

Tabla 3. Regulación de frecuencia de CONATEL para RFID  
(Fuente CONATEL, 2012)

La PIRE (Potencia Isotrópica Radiada Equivalente) es la potencia equivalente radiada por una antena que emite en todas direcciones. Resulta de la potencia del transmisor y de la ganancia de la antena. La PIRE se expresa en dBW (decibelio referenciado a 1 vatio). Su valor es un factor influyente en la calidad de la recepción.

En síntesis, un sistema RFID usa una señal radiofrecuencia para transmitir la información que tiene almacenada en el chip de la etiqueta RFID o *tag*. Consta de tres componentes principales: una etiqueta RFID, un lector, una antena y un *host*, tal como se muestra en la Figura 10.

## Diseño de un Sistema de Identificación por Radiofrecuencia (RFID) para el control de pago en cadenas de supermercados

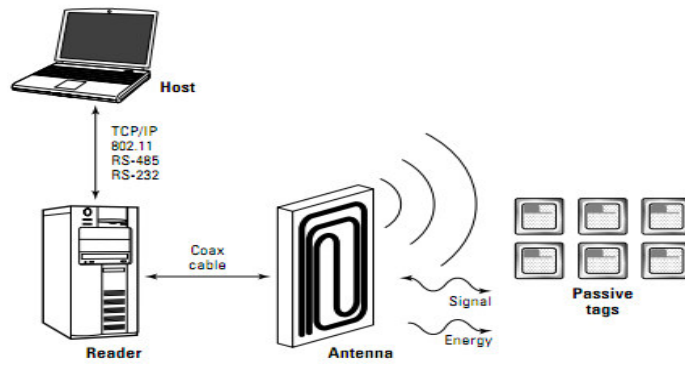


Figura 10. Estructura de un sistema RFID

(Fuente J. Sweeney, P, 2005)

## Capítulo III

### Metodología y Desarrollo

En este capítulo se describen todos los estudios estadísticos, así como todos los procedimientos necesarios para llevar a cabo la elaboración del presente trabajo de investigación. Se consideró para el estudio, el local de cadenas de supermercado *Plan Suárez* ubicado en la urbanización La Urbina de la ciudad de Caracas, Venezuela, para la realización de las pruebas del proyecto piloto y la documentación de los resultados obtenidos. También se describe en detalle, la preparación de las pruebas a realizar en el supermercado; del funcionamiento de equipos en laboratorio y del procedimiento de visitas al supermercado.

#### III.1 Investigación y documentación

En esta fase se realizó un estudio detallado de la tecnología RFID, haciendo mayor énfasis en la información que sería de utilidad para el estudio, diseño, y desarrollo del proyecto piloto, que solucione los problemas para la gestión de pago en cadenas de supermercado.

Para dar inicio a la sección teórica del proyecto, se recurrió primeramente a una búsqueda exhaustiva de bibliografía disponible en distintos medios existentes, tales como: libros, revistas, artículos, textos, notas etc. en cualquier formato bien sea: físico, digital ó web

La obtención de la bibliografía detallada sobre la tecnología RFID resultó complicada en varios aspectos, tal es el caso del tema tratante de los principios físicos. Este tipo de información, luego de una extensa búsqueda se precisó en varias tesis de grado publicadas en Internet, y, a manera de complemento, se recurrió a

consultas realizadas a diversos profesores en las áreas de física, electromagnetismo, radiaciones, ondas guiadas, entre otros.

En este sentido, el Capítulo II correspondiente al marco teórico, comprende el resultado final de esta fase, y contiene toda la información relevante, en la cual, se basaron las decisiones para la elaboración del diseño del sistema piloto RFID.

### **III.2 Visitas al supermercado**

Con el fin de realizar las pruebas del proyecto piloto y hacer un estudio de la factibilidad del proyecto, se realizaron varias visitas al establecimiento *Plan Suárez*, en este sentido la primera visita consistió en el estudio de los siguientes aspectos:

- **Mercancía:** Se realizó una investigación general de los productos en venta en el supermercado. Principalmente, se estudiaron las dimensiones físicas, contenidos, líquidos, envoltorios, así como los posibles lugares donde estos productos deben ser etiquetados, para una lectura óptima por parte del sistema RFID que los identificará.
- **Aspectos físicos y técnicos:** Se recopiló información referente a las características físicas del supermercado, específicamente, en la zona de pago, donde se implementará el proyecto. Se analizaron características tales como: el tipo de suelo, ruidos eléctricos, presencia de tomas de corriente, dimensiones de la zona de pago, temperatura, humedad, sistemas de alimentación ininterrumpida (UPS), número de cajas de pago, entre otros.
- **Gestión de pago:** Se investigó el proceso actual de gestión de pago en el supermercado, el proceso de codificación de los artículos, tiempos de facturación en las cajas de pago, *Software* de facturación, e inventario utilizado.

- Requerimientos y necesidades de los supermercados en el ámbito del proceso de pago: Se llevaron a cabo reuniones con el gerente de compras del establecimiento para determinar cuáles eran las principales necesidades del supermercado en cuanto al control y gestión de pago. También se investigó sobre la opinión del sistema de pago actual para la clientela del supermercado.

Los resultados de esta investigación se detallan en el Apéndice A.

### **III.3 Selección de equipos**

De acuerdo a la investigación teórica realizada, se consideró utilizar equipos RFID que trabajasen en la banda de frecuencia HF, sin embargo, por limitaciones económicas, se utilizaron los equipos disponibles en la universidad, los cuales operan en la banda de frecuencia UHF. Esta banda en específico pudiera causar problemas de atenuación y absorción de la señal, con los productos que contienen líquidos como jugos y refrescos, a pesar de la larga distancia de lectura (7 metros aproximadamente). Por último, las frecuencias bajas (LF) tienen un alcance limitado de unos 50 centímetros aproximadamente, aunque resultan mejores para viajar a través de líquidos. En otra instancia, las altas frecuencias resultan más vulnerables a los metales ya que estos reflejan fácilmente dichas señales. En síntesis, las pruebas y soluciones que se presentan en este proyecto son para una implementación en la banda de frecuencia UHF.

Por otro lado, independientemente de la banda de frecuencia de operación, el equipo a utilizar debe tener las siguientes características:

- El lector debe poseer ajuste de atenuación de radiofrecuencia, para evitar posibles interferencias con los arcos lectores ubicados en las cajas cercanas.

- Antenas direccionales con un ancho de haz en su patrón de radiación de entre los 35° y 45°.
- *Tags* pasivos para la identificación de los productos.

El equipo utilizado para el presente proyecto, perteneciente a la Universidad Católica Andrés Bello (UCAB), fue desarrollado por la empresa *ALIEN Technology* y consta de las siguientes partes:

➤ **Lector fijo RFID ALIEN ALR-9900**

Una de sus mayores ventajas es su tamaño compacto.



Figura 11. Lector ALIEN ALR-9900

(Fuente ALIEN Technology, 2011)

Especificaciones generales:

- Dimensiones: **203mm x 211mm x46mm**
- Protocolos RFID Soportados: **EPC Gen 2; ISO 18000-6c**
- Protocolos de Comunicación del Lector: **Protocolo ALIEN Reader, SNMP, Firmware actualizable**
- Frecuencia: **902.75MHz – 927.25MHz**
- Canales: **50 Canales**
- Distancia entre Canales: **500KHz**
- Potencia Emisión: **4 Watts EIRP con antenas ALIEN**
- Alimentación: **Fuente AC/DC, 45Watts**

- Comunicaciones: **RS232 (DB9), LAN TCP/IP (RJ45)**
- Antenas: **4 Puertos Monostáticos, Polarización Circular o Lineal, conectores TNC macho reverso**

➤ **Antena ALIEN (ALR-9611-CR)**



Figura 12. Antena ALIEN ALR-9611-CR

Fuente: (ALIEN Technology, 2011)

Especificaciones generales:

- Rango de frecuencias: **890 – 930 MHz**
- Polarización: **Circular**
- Ganancia: **6 dBi max**
- Ancho de haz: **40 grados**
- Impedancia de entrada: **50 ohm**
- Pérdidas por retorno: **-15 dB a lo largo del rango de frecuencia**
- Cable: **LMR-195, 50 ohm coaxial**
- Peso: **0,68 K**

➤ **Tags pasivos Clase 2/Gen2 modelo ALN-9640-WR**

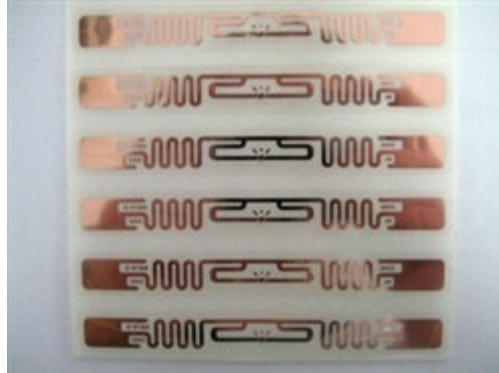


Figura 13. Tags Pasivas ALN-9640-WR

Fuente: (ALIEN Technology, 2011)

Especificaciones generales:

- Frecuencia de operación UHF: **840 – 960 MHz**
- EPC Gen 2 (v.1.2.0)
- Pre-programadas con un único serial inalterable de 64-bit ideal para autenticación
- ISO/IEC 18000-6C
- 512 bits de memoria
- Clave de acceso de 32-bits para prevenir lectura y escritura no autorizadas
- Memoria EPC de 96 bits
- Clave de código muerto de 32 bits
- Temperaturas de -10°C a 50°C aprox.

Los *Tags* constituyen el elemento más delicado dentro del proyecto, ya que a diferencia de otras implementaciones en el área de RFID, se requiere etiquetar una diversidad productos que pueden provocar reacciones o efectos sobre la señal RF y por ende sobre el comportamiento o respuesta de la etiqueta. Además, los productos en el carrito de supermercado se encuentran organizados de manera aleatoria,



dificultando establecer un comportamiento uniforme. Por esta razón, se realizó una investigación acerca de otras etiquetas que puedan funcionar aún mejor en la implementación. Se investigó acerca de etiquetas que tenían un comportamiento más favorable con los metales y líquidos. En el Anexo A, también se incluye esta investigación de manera detallada junto a sus especificaciones de fábrica.

### III.4. Preparación y diseño del sistema

Antes de comenzar con las pruebas de lectura, fue necesario realizar las siguientes actividades:

➤ **Asignación de un código de identificación para cada producto**

Como se mencionó anteriormente, cada etiqueta RFID puede ser identificada con un número hexadecimal. Sin embargo, al momento de comprobar los resultados de las lecturas, la verificación de cada uno de estos números requiere la inversión de un tiempo considerable, y más aún considerando el hecho de que se realizaron numerosas pruebas con distribuciones aleatorias de los productos contenidos en el carrito. En este sentido, se decidió asociar una imagen a cada etiqueta, que esté relacionada con el producto a identificar, con el fin de revisar los resultados de las distintas pruebas de lectura de manera más cómoda y eficiente. Para ello, se usó el *Software ALIEN RFID Gateway*, el cual, a través de la función *Tag Image Wizard*, permite asociar una imagen a las etiquetas RFID. Una vez que se desplaza el carrito por el arco lector, la pantalla del *Software* mostrará la lectura obtenida como se indica en la Figura 14.

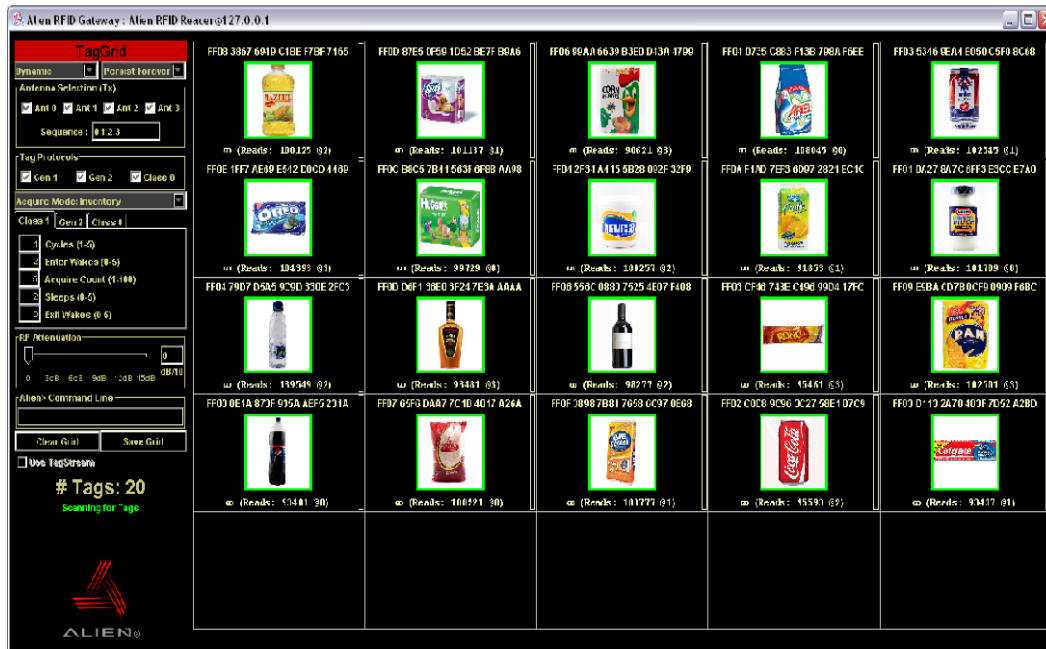


Figura 14. Imagen demostrativa del etiquetado de productos

(Fuente Propia)

El parámetro de configuración *Persist Time*, el cual define la duración entre el tiempo que una etiqueta se leyó por última vez, hasta el tiempo en que es eliminada del *TagList*; se configuró en la posición *Persist Forever*, lo que permitió determinar todos los productos leídos, transcurrido un pequeño instante de tiempo. En este caso, el producto se contabiliza aún así el carrito de desplace rápidamente por el arco.

### ➤ Selección de productos para las pruebas

Para poder determinar el comportamiento del sistema a implementar, se decidió seleccionar tres grupos de productos, tomando en cuenta los productos de la cesta básica complementada con productos de venta masiva, aproximándose esto a un mercado común que puede realizar cualquier persona en un supermercado. El primer grupo constó de 18 productos, el segundo de 30 productos, y el tercero de 50 productos. A continuación se muestran las tablas de cada uno de estos.

Primer Grupo (18 productos)

|                                 |                             |                        |
|---------------------------------|-----------------------------|------------------------|
| Café                            | Champú                      | Pan de Sándwich        |
| Harina                          | Jabón                       | Pañales                |
| Arroz                           | Mayonesa (frasco de vidrio) | Jugo de Cartón         |
| Pasta                           | Caraotas                    | Detergente             |
| Aceite vegetal botella plástica | Cereal                      | Galletas               |
| Agua botella plástica           | Mantequilla                 | Malta botella plástica |

Tabla 4. Grupo de 18 para la realización de pruebas

(Fuente Propia)

Segundo Grupo (30 productos)

|                           |                                  |                                 |
|---------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| Café                      | Mantequilla                      | Leche de Cartón                 |
| Harina                    | Pan de Sándwich                  | Refresco en Lata                |
| Arroz                     | Pañales                          | Yogurt envase de cartón         |
| Pasta                     | Jugo de Cartón                   | Pasta dental                    |
| Agua botella plástica     | Detergente                       | Papel Higiénico                 |
| Champú                    | Galletas                         | Crema de afeitar                |
| Jabón de tocador          | Malta botella plástica           | Vino                            |
| Mayonesa frasco de vidrio | Gatorade                         | Refresco Botella plástica       |
| Caraotas                  | Salsa de Tomate frasco de vidrio | Aceite vegetal botella plástica |
| Cereal                    | Mostaza frasco plástico          | Enjuague Bucal                  |

Tabla 5. Grupo de 30 productos para la realización de pruebas

(Fuente Propia)

Tercer Grupo (50 productos):

|                              |                                        |                              |                                  |                       |
|------------------------------|----------------------------------------|------------------------------|----------------------------------|-----------------------|
| Café                         | Mantequilla                            | Leche de<br>Cartón           | Mermelada<br>frasco de<br>vidrio | Desodorante           |
| Harina                       | Pan de<br>Sándwich                     | Refresco en<br>Lata          | Helados                          | Tintes de<br>Cabello  |
| Arroz                        | Pañales                                | Yogurt envase<br>de cartón   | Tequeños                         | Baños de<br>Crema     |
| Pasta                        | Jugo de Cartón                         | Pasta dental                 | Lata de atún                     | Cepillo de<br>Dientes |
| Agua botella<br>plástica     | Detergente                             | Papel Higiénico              | Ron                              | Cremas<br>corporales  |
| Champú                       | Galletas                               | Crema de<br>afeitar          | Salsa de Soya<br>frasco vidrio   | Talco                 |
| Jabón de<br>tocador          | Malta botella<br>plástica              | Vino                         | Salsa BBQ<br>frasco plástico     | Afeitadoras           |
| Mayonesa<br>frasco de vidrio | Aceite vegetal<br>botella plástica     | Refresco<br>Botella plástica | Jugo de Lata                     | Agua de<br>colonia    |
| Caraotas                     | Salsa de<br>Tomate frasco<br>de vidrio | Salchichas                   | Limpiador<br>envase<br>plástico  | Hilo dental           |
| Cereal                       | Mostaza frasco<br>plástico             | Enjuague Bucal               | Syrup<br>Chocolate               | Verduras              |

Tabla 6. Grupo de 50 productos para la realización de pruebas

(Fuente Propia)

En esta última selección de productos incluyó aquellos que presentan más problemas para el supermercado de acuerdo a la problemática de hurtos, como son los productos de perfumería y licorería.

### ➤ Colocación de etiquetas en cada producto

Una vez asociada una imagen a cada etiqueta, se recurrió a etiquetar cada uno de los productos, verificando en cada caso, su lectura por parte del lector. Cabe destacar que el comportamiento de cada producto puede llegar a ser diferente debido a su contenido, diseño del envoltorio, etc., provocando diversos comportamientos sobre la señal de radiofrecuencia entre la comunicación de la etiqueta con la antena. Como se mencionó en el marco teórico, metales y líquidos pueden interferir con el funcionamiento de las etiquetas pasivas. Los líquidos absorben y dispersan las ondas de radiofrecuencia mientras que los metales las reflejan. Es por ello que el etiquetado de cada producto resulta un tema delicado. Para poder analizar mejor esta situación, se decidió realizar tres distribuciones de acuerdo a la naturaleza de los productos: Productos con contenido líquido, productos con contenido metálico y productos no problemáticos. El proceso de etiquetado de cada producto se analiza en detalle en el Apéndice B. Cabe destacar que esta distribución es referente a los productos usados anteriormente para estas pruebas.

#### • Productos no problemáticos

Son aquellos productos que pueden ser leídos sin importar el lugar donde se etiqueten. La única consideración a tener en cuenta es la de colocar la etiqueta en un lugar donde no sufra daños físicos. En la Tabla 7 se muestran aquellos productos que no presentan problemas en su etiquetado (tomando como referencia al grupo de 50 productos):

|        |             |                 |                    |
|--------|-------------|-----------------|--------------------|
| Harina | Caraotas    | Galletas        | Talco              |
| Arroz  | Cereal      | Pasta dental    | Cepillo de dientes |
| Pasta  | Mantequilla | Papel higiénico | Desodorante        |

|                  |                    |            |         |
|------------------|--------------------|------------|---------|
| Afeitadoras      | Pan de<br>Sándwich | Detergente | Pañales |
| Jabón de tocador |                    |            |         |

Tabla 7. Artículos leídos exitosamente del grupo de 50 productos

(Fuente Propia)

- **Productos de material metálico**

Son aquellos que están compuestos por un envoltorio metálico, tal es el caso de los enlatados. Este tipo de productos resultan ser problemáticos para su lectura debido a que reflejan la señal transmitida entre la etiqueta pasiva y la antena. A continuación se muestra la Tabla 8 con los productos usados que presentaron problemas de lectura debido a su envoltorio metálico (tomando como referencia al grupo de 50 productos):

|                     |              |                  |                                            |
|---------------------|--------------|------------------|--------------------------------------------|
| Café                | Jugo de lata | Refresco de lata | Enlatados (atún,<br>salsa tomate,<br>etc.) |
| Crema de<br>afeitar |              |                  |                                            |

Tabla 8. Artículos no leídos del grupo de 50 productos

(Fuente Propia)

Además, dentro de este grupo se incluyen aquellos productos que tienen un envoltorio de aluminio metalizado, como es el caso de algunas marcas de café, los cuales también resultan ser problemáticos para su lectura.

- **Productos con contenido líquido**

Son aquellos productos que poseen en su interior líquidos que absorben la potencia de la señal transmitida por las antenas del arco lector. Esta absorción, que se traduce en atenuación, va a depender de la densidad del líquido y del área que el mismo ocupe. En la Tabla 9 se muestra los productos usados que presentaron problemas en su etiquetado debido a su contenido líquido (tomando como referencia al grupo de 50 productos):

|                                        |                              |                                   |                              |
|----------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|
| Agua botella<br>plástica               | Mostaza frasco<br>plástico   | Salchichas                        | Salsa BBQ<br>envase plástico |
| Mayonesa<br>frasco de vidrio           | Leche de<br>cartón           | Enjuague bucal                    | Limpiador<br>envase plástico |
| Jugo de cartón                         | Yogurt envase<br>de cartón   | Mermelada<br>frasco de vidrio     | Syrup<br>chocolate           |
| Malta botella<br>plástica              | Vino                         | Helados                           | Cremas<br>corporales         |
| Aceite vegetal<br>botella plástica     | Ron                          | Tequeños                          | Agua de<br>colonia           |
| Salsa de<br>Tomate frasco<br>de vidrio | Refresco<br>botella plástica | Salsa de soya<br>frasco de vidrio | Verduras                     |
| Champú                                 | Tintes de cabello            | Baño de crema                     |                              |

Tabla 9. Artículos líquidos no leídos del grupo de 50 productos

(Fuente Propia)

Muchos productos de este grupo, como los embutidos y las verduras, presentan problemas en su lectura y se les clasifica con contenido líquido, ya que un porcentaje muy alto de su composición puede llegar a ser agua, hasta en un 70%.

En algunos casos, la presencia de productos con contenido líquido o metálico puede llegar a afectar a otros productos, al quedar ubicados sobre ellos, específicamente sobre la etiqueta. Esto es muy probable que ocurra ya que los productos dentro del carrito se encuentran distribuidos de manera aleatoria, tal como lo haría cualquier cliente al momento de seleccionar sus productos e ingresarlos al carrito.



Figura 15. Posición aleatoria de productos en un carrito de supermercado  
(Fuente Propia)

Por esta razón, se realizaron dos tipos de pruebas. Una, etiquetando a cada producto con una sola etiqueta RFID en el lugar menos problemático para su lectura, y una segunda prueba etiquetando a cada producto con dos etiquetas RFID tratando de que quedaran lo más separadas entre sí. Para ello, ambas etiquetas fueron configuradas con el mismo código, y gracias a los algoritmos anti-colisión implementados por el lector, no se toman dos lecturas sino una sola.

#### **III.4.1 Diseño del arco lector**

Respecto al diseño del arco lector, el mismo debe ajustarse para que se pueda desplazar dentro de este, un carrito de supermercado incluyendo a la persona que lo



manipula, adicionalmente debe ser ajustable a las dimensiones de las cajas de pago. Las dimensiones de los carritos en el establecimiento *Plan Suárez*, son las mostradas en la Figura 16.



Figura 16. Medidas de una carrito de supermercado de Plan Suárez  
(Fuente Propia)

Las zonas de pago (cajas), donde se realizaron las pruebas, tienen una anchura de 130 cm.



Figura 17. Caja de pago en el supermercado Plan Suárez  
(Fuente Propia)

En este sentido, un arco lector con 100 cm de ancho resulta suficiente para permitir el paso del carrito de supermercado y a su vez poder ser adaptado a las cajas del supermercado. El diseño del arco usado para las pruebas fue como el mostrado en la Figura 18.

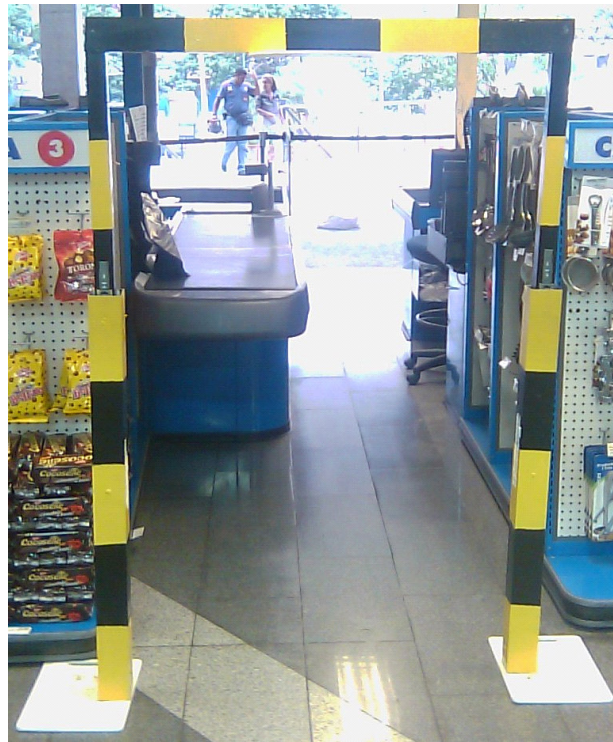


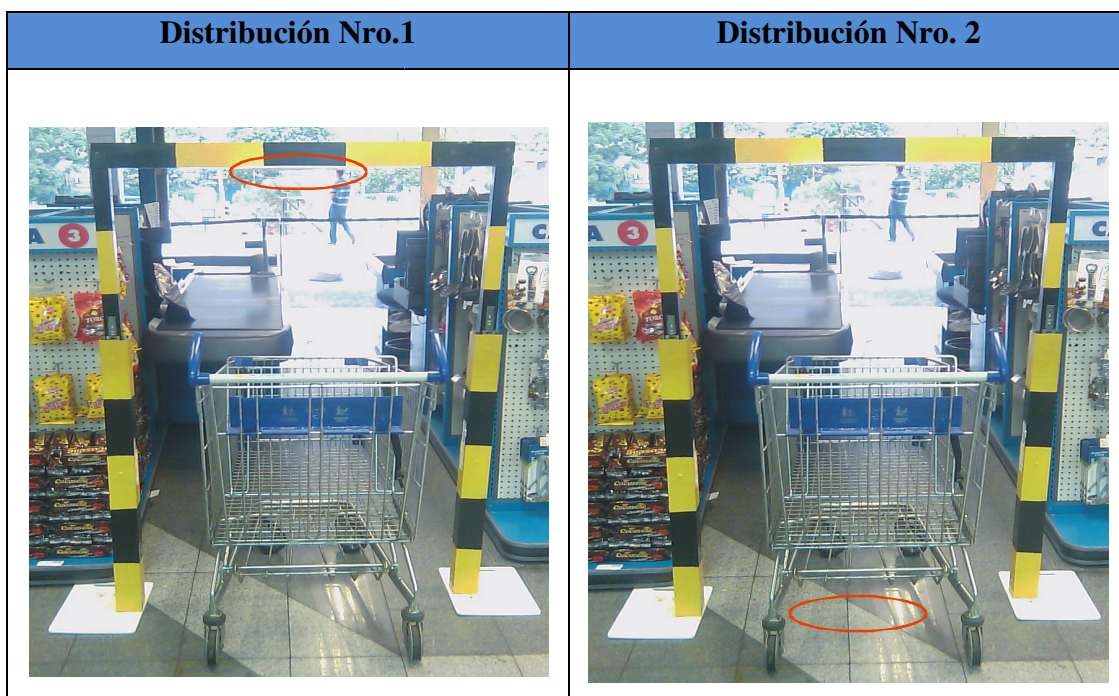
Figura 18. Arco lector colocado en la caja de pago  
(Fuente Propia)

En el local *Plan Suárez* ubicado en la urbanización La Urbina, se contaron 29 cajas de pago, sin embargo, colocar 29 arcos lectores no resulta factible por dos razones. Primero debido al costo de implementación que implica todo el conjunto del sistema (arco, antenas y lector) y segundo, colocar los arcos lectores de manera muy cercana, generan interferencias. Esta implementación, debido al tiempo que ahorra en la gestión de pago, puede reducir el número de cajas, permitiendo que estas estén más separadas entre sí evitando posibles interferencias.

### **III.4.2 Distribución de las antenas en el arco lector**

Se realizaron una serie de pruebas para determinar la mejor distribución de las antenas en el arco lector, así como el número de estas que debían tomarse en cuenta para el diseño final. Para ello, se partió de las especificaciones técnicas de las antenas, específicamente el ancho de haz de sus patrones de radiación, el cual, corresponde a

las direcciones de mayor potencia radiada. La premisa consiste en utilizar la menor cantidad de antenas posibles, debido al costo económico que estas representan. Para ello, se realizaron 8 distribuciones de antenas, contando con un máximo de 4 de estas. En cada una de las distribuciones se realizó una prueba de lectura, que consistió en llenar un carrito con el grupo de los 18 productos mencionados anteriormente, distribuidos de manera aleatoria, y seguidamente desplazar el carrito a través del arco lector, para así medir el porcentaje de precisión de lectura respecto a las distribuciones de antenas. A continuación se presentan cada una de las 8 distribuciones de antenas en el arco lector. Los óvalos rojos en la Figura 19 representan los lugares donde se colocaron las antenas:

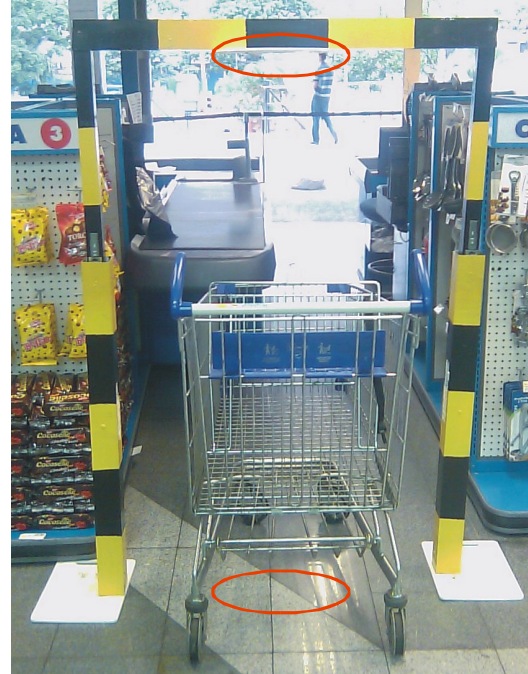




**Distribución Nro. 3**



**Distribución Nro. 4**



**Distribución Nro.5**



**Distribución Nro.6**



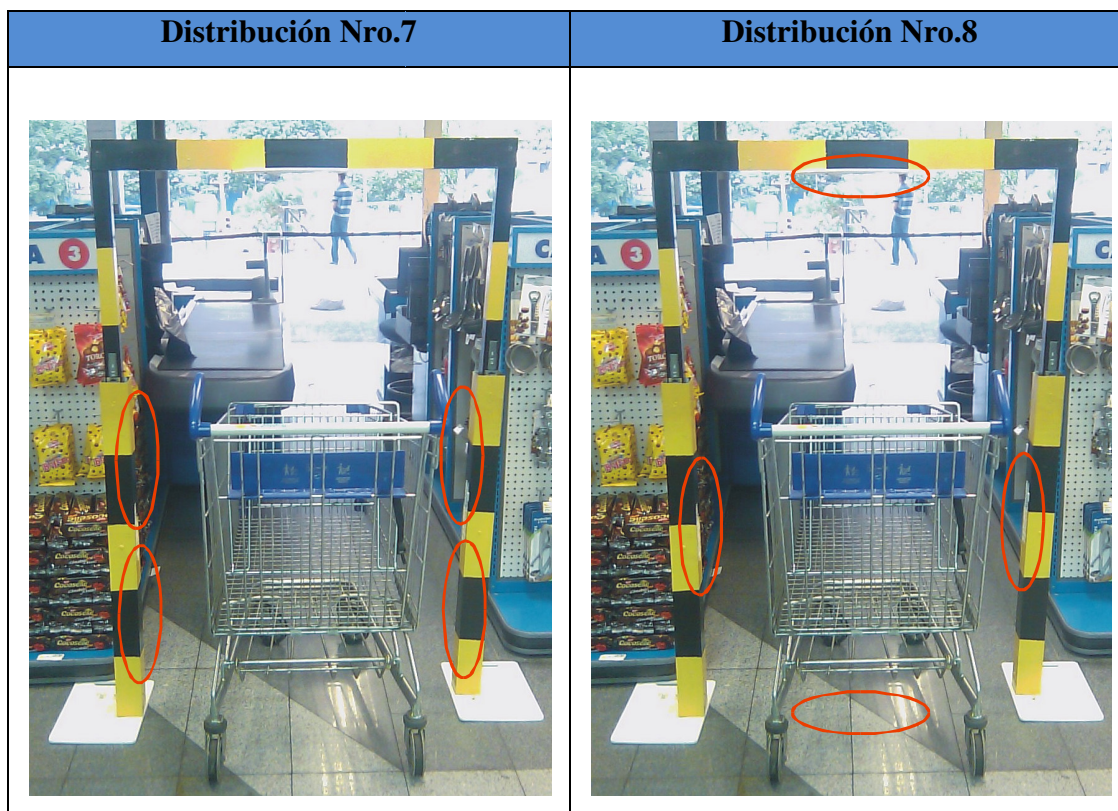


Figura 19. Diferentes distribuciones de antenas

(Fuente Propia)

La mejor distribución que se seleccionó para la continuación del diseño, resultó ser la N° 8. El Apéndice C contempla los resultados obtenidos sobre estas pruebas.

### III.4.3 Pruebas de laboratorio

Una vez que se determinó la mejor distribución de antenas en el arco lector, uno de los problemas que suscitaron a la hora de realizar las pruebas de campo, es que el lector era capaz de reconocer la presencia de etiquetas hasta 7 metros de distancia, considerando nuevamente que la banda de operación es UHF. Esto, representa un inconveniente, ya que, el arco solo debería realizar la lectura de los productos que transiten dentro de él y no aquellos que se encuentren en las cercanías. Un ejemplo de esto puede ser un cliente que con su carrito se desplace cerca de

alguno de los arcos lectores, provocando la contabilización de productos de otro cliente que simultáneamente se esté desplazando por su arco. En este sentido, se debe controlar la potencia emitida por las antenas.

El lector ALIEN, emite 1 watt de potencia para cada antena. Esto si bien genera poder suficiente para abarcar un rango considerable, no siempre es deseable. Si múltiples lectores se encuentran en la vecindad, las señales pueden interferir unas con otras. Mucha potencia implica la lectura de aquellos artículos etiquetados ubicados en las cercanías. Uno de los métodos de control se aplica a través del *Software*, reduciendo la potencia emitida por el lector sin afectar la potencia de respuesta de la etiqueta identificada. Otro método es el de colocar atenuadores en los cables de la antena, sin embargo, este método no es viable para el diseño ya que si bien atenúa la potencia de la señal de salida, también atenúa la entrante que corresponde a la reflejada por la etiqueta y para el caso de estudio, donde se emplean etiquetas pasivas, daría como resultado errores en la lectura ya que la potencia reflejada por estas es mínima.

Dado que este control fue realizado a través de *Software*, el parámetro que se ajustó fue el *RFAttenuation*. Los rangos de valores se incrementan por décadas, en donde cada una representa 1dB de atenuación, teniendo como máximo de 15dB.

Para poder ajustar este parámetro de manera precisa se realizaron una serie de pruebas en donde se midió la capacidad de lectura configurando en cada antena el mismo valor de atenuación. Se realizó una tabla que muestra las lecturas para cada uno de los decibelios de atenuación, variando las distancias. Los datos obtenidos se encuentran en la sección de Resultados.



#### III.4.4. Pruebas de campo

Una vez terminada la fase de preparación y pruebas de laboratorio, se trasladó el arco lector junto con los equipos al supermercado *Plan Suárez*, en donde se realizaron las pruebas de lectura, basándose en las especificaciones y preparaciones previas explicadas anteriormente.

Primeramente, se buscó uno de los carritos usados por el público en el supermercado y, luego, se dispuso de todos los productos considerados para su evaluación. Se procedió a etiquetar cada uno de estos productos de manera cuidadosa con el fin de no dañar los empaques. En el Apéndice B se incluye de manera detallada todo el proceso de etiquetado.

Debido a la considerable afluencia de clientes en el área de pago (en las cajas del supermercado), se realizaron las pruebas en un área menos concurrida asignada por los supervisores del supermercado, donde se pudiesen realizar las pruebas de manera de no interrumpir las actividades del establecimiento. En esta área se preparó el arco lector con las antenas respectivas, de acuerdo a la distribución seleccionada anteriormente.







Figura 20. Preparación de las pruebas en el supermercado

(Fuente Propia)

Para poder obtener información precisa sobre la capacidad de detección de los productos contenidos en el carrito, y poder obtener conclusiones estadísticas, se realizó para cada una de las pruebas, 30 distribuciones aleatorias. Esto se hizo con los grupos de 18, 30 y 50 productos. La premisa para esta prueba consistió en simular la colocación de artículos en el carrito por parte de los compradores, en distribuciones aleatorias hasta cumplir con los 30 intentos. Sin embargo, hay que tomar en cuenta que mientras mayor sea la cantidad de pruebas, menor será el margen de error en la determinación del porcentaje de eficiencia de lectura.

Una vez terminado este proceso, se procedió a etiquetar cada producto perteneciente al grupo de los no problemáticos, con 2 etiquetas RFID, con el fin de mejorar los resultados obtenidos, correspondientes a la colocación de una sola etiqueta.

### **III.4.5 Diseño de la red y adaptación del sistema**

El sistema diseñado debe contar con la posibilidad no sólo de reconocer los artículos contenidos en el carrito del cliente, sino también de poder emitir una factura

personalizada para cada uno. Para llevar a cabo este punto se decidió desarrollar una aplicación de control básico que fuera capaz de realizar las siguientes funciones:

- Recolección de los códigos de identificación de los *tags*, correspondientes a cada producto.
- Ordenamiento y almacenamiento de los datos obtenidos.
- Cálculo del monto total de la compra.

Respecto a la aplicación, se hizo uso del lenguaje de programación *Visual Basic* dada su facilidad para el desarrollo de interfaces gráficas. Además, el equipo RFID *ALIEN ALR-9900* posee un banco de funciones que pueden ser usados como librerías dentro de la programación en *Visual Basic*.

Sin embargo, en un entorno real, esta aplicación no cubre las necesidades de los supermercados, por lo que necesitan de un *Software* especializado para la gestión y la administración interna del establecimiento. Como parte de la solución, se averiguó que el *Software* utilizado en *Plan Suárez* y *Excélsior Gama*, para la gestión y administración empresarial es el sistema de información *SAP*. Adicionalmente se investigó la manera en que las lectoras de códigos de barras intercambian información con *SAP*, y de cómo pudiera sustituirse la misma por una lectora RFID con el fin de lograr la adaptación con el supermercado. En la sección de Resultados se detalla este procedimiento.

Una de las dificultades encontradas en este *Software*, es que resulta bastante delicado en cuanto a su manejo, instalación y configuración. El personal tanto en *Plan Suárez* como en *Excélsior Gama*, solo está capacitado para operar determinados módulos del programa de acuerdo a la función que desempeñe. Estas empresas, por lo general, cuentan con otras contratistas que se encargan de darles soporte técnico a la

hora de fallas y resultan ser bastante herméticas en estos asuntos. Por lo tanto, el proyecto solo se limita a sugerir, mediante fundamentos teóricos y asesorías técnicas, cómo se pudiera lograr la adaptación de ambos sistemas: el RFID y el *SAP*.

En otra instancia, con el fin de reducir el impacto técnico del nuevo sistema, se investigó la posibilidad de hacer uso de la red de datos existente, sin la necesidad de realizar cambios significativos. El único cambio que se plantea desde el punto de vista físico, se encuentra en el área de pago, que dispone de 29 cajas de pago, las cuales se reducirían notablemente con esta implementación.

## Capítulo IV

### Resultados

El sistema piloto diseñado en el presente Trabajo Especial de Grado, consiste principalmente en el desarrollo de una solución que permita hacer más eficiente el proceso de gestión de pago en cadenas de supermercado, específicamente en la contabilización de productos, haciendo uso de la tecnología RFID. Cabe mencionar que durante el proceso, se realizaron varios procedimientos con los cuáles se determinó la factibilidad y la efectividad de este proyecto. En el presente capítulo se detalla con más detenimiento los resultados obtenidos en relación con los objetivos específicos, para esto, se tomarán en cuenta las pruebas ejecutadas y se realizarán los análisis puntuales respectivamente.

#### **IV.1 Necesidades básicas de los supermercados desde el punto de vista administrativo y comercial en el ámbito del proceso de pago de los clientes**

De acuerdo a las reuniones llevadas a cabo con gerentes de compras en las cadenas de supermercado *Plan Suárez* y *Excelsior Gama*, se realizaron una serie de encuestas y entrevistas acerca de las necesidades que estas cadenas requerían en el ámbito de control y gestión de pago. En principio, se consideró que estos requerimientos pueden ser extrapolados a las restantes cadenas de supermercados.

Una de las inquietudes, desde el punto de vista administrativo, que manifestó el equipo gerencial, es la de adaptar el sistema propuesto al existente. Actualmente, en promedio, cada una de estas cadenas de supermercados tiene aproximadamente unos 4.000 rubros. Sin embargo, dependiendo de la presentación de cada uno de ellos, se generan códigos extra, que incrementan considerablemente el número de productos. Por ejemplo, en el rubro de café, existen diferentes marcas, y cada una de

ellas posee diferentes presentaciones (pequeña, mediana, grande). Cada una de estas tiene asociado un código de barra, resultando un aproximado entre 12.000 y 15.000 códigos, considerando de manera general que de los 4000 rubros cada uno de ellos tenga tres presentaciones. Estos códigos se encuentran almacenados en la base de datos, que a su vez tienen asociados datos de los proveedores de los mismos. En este sentido, se insistió en la posibilidad de usar la misma codificación utilizada en los códigos de barra para las etiquetas RFID, con las que se identificará cada uno de los artículos en el supermercado, ya que establecer una nueva codificación para cada uno de estos rubros sería un proceso que consumiría demasiado tiempo e implicaría la pérdida de todo el trabajo realizado con anterioridad relacionado a este tema.

Otro de los problemas que presentan las cadenas de supermercados en el proceso de pago es la subfacturación. Nuevamente, el equipo gerencial planteó que se presentaron inconvenientes relacionados a este tema, los cuales vinculan complicidad entre cajeros, personal de seguridad y clientes. En todos los casos, el cliente carga su carrito de mercado con una gran cantidad de productos, sobretodo de alto valor, y al momento de llegar a la caja, los descarga en la banda transportadora, sin embargo, el cajero, estando en complicidad con el comprador, hace la simulación de pasar los productos por la lectora de códigos de barra, sin hacerlo realmente. Sólo pasando algunos productos, y al momento de generar la factura, esta es emitida por un monto mucho menor al que realmente es. Este tipo de actos ha generado por parte de las cadenas de supermercados, la colocación de cámaras de seguridad en cada una de las cajas, personal extra en monitorización tanto en las cámaras como en las mismas cajas, lo cual representa un gasto considerable. Por esta situación, el diseño piloto planteado supondría una considerable reducción en cuanto a esta vulnerabilidad del sistema, tal como se había previsto desde un principio.

Un nuevo requerimiento por parte de las cadenas de supermercados es el de la reducción de los hurtos. Actualmente, el porcentaje de pérdida, por este motivo representa entre un 3% y un 5% de las ventas totales, y dado el volumen de ventas que manejan estas cadenas, este porcentaje resulta realmente considerable. Las

cadenas de supermercados para controlar esto, han invertido mucho dinero en personal de seguridad, que constantemente se encuentra vigilando a la clientela, y que en muchos casos puede resultar intimidante para el comprador. Debido a esto, un requerimiento específico es el de la reducción de los hurtos sin necesidad de incomodar a los compradores con estas medidas de seguridad. En averiguaciones realizadas, las áreas del supermercado que presentan mayor problema en el tema de hurtos son la licorería y la perfumería. En la licorería, los rubros de esta área son altamente costosos, y aparte, resultan productos muy preciados por un porcentaje alto de clientela, lo que hace que esta área resulte potencialmente vulnerable. En la perfumería, entre los productos más vulnerables, destacan los cosméticos: lápices labiales, cremas faciales, lociones corporales, perfumes, hojillas de afeitar (productos de afeitado en general), cepillos de dientes, equipos médicos electrónicos, desodorantes, pasta dental, champú, y otros productos de salud y belleza, los cuales, siendo más manejables resultan aún más sensibles a hurtos que los mismos productos de la licorería. En estas áreas, sería muy útil esta implementación RFID. Hoy día dichas áreas se encuentran bajo estricta vigilancia, lo que acarrea incomodidad para el comprador. La Tabla 10 presenta en orden de vulnerabilidad, los productos del supermercado más susceptibles a hurtos. El número 1 representa mayor vulnerabilidad

| Clasificación                                  | 1                                                                        | 2                             | 3                                                    | 4                                                                             | 5              | 6                          |
|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|----------------|----------------------------|
| Salud y belleza,<br>Perfumes                   | Cosméticos,<br>lápices de<br>labios, crema<br>facial, loción<br>corporal | Perfumes                      | Cuchillas de<br>afeitar,<br>productos de<br>afeitado | Cepillos de dientes<br>eléctricos, equipos<br>médicos eléctricos              | Desodorantes   | Medicamentos<br>sin receta |
| Supermercados,<br>hipermercados y<br>alimentos | Cuchillas de<br>afeitar,<br>productos de<br>salud y belleza              | Whisky,<br>alcohol,<br>tabaco | Carne fresca,<br>productos<br>alimenticios<br>caros  | Preparados<br>alimenticios para<br>bebés, café,<br>medicamentos sin<br>receta | DVD's,<br>CD's | Camisas y ropa             |

Tabla 10. Clasificación de productos propensos a hurtos

(Fuente Propia)

Otro de los aspectos a resaltar es el de conservar la estética del producto. Las etiquetas RFID colocadas en cada uno de ellos debe estar de tal manera que no sea fácilmente removible y que permanezca lo más discreta posible.

Desde el punto de vista de los compradores o clientela, en la mayoría de los casos manifestaron su inconformidad respecto a la lentitud del proceso de pago debido a que generan largas colas de espera. Gran cantidad de los compradores encuestados plantearon que realizaban sus compras durante los fines de semana, debido a que su horario de trabajo no les permitía hacerlo en otra ocasión. Reducir las colas implicaría un gran alivio a los clientes, primero, por el ahorro de tiempo que implicaría, y segundo, para hacer más agradable la estadía del cliente en el establecimiento, lo que evitaría que estos busquen otras alternativas donde realizar sus compras más cómodamente.

En síntesis, los requerimientos de los supermercados en cuanto al proceso de gestión de pago son los siguientes:

- 1) Adaptación de la codificación existente en los códigos de barra a la tecnología RFID.
- 2) Suprimir la subfacturación de artículos.
- 3) Reducir la pérdida generada por hurtos.
- 4) Reducir los tiempos en el proceso de pago por parte de los clientes.
- 5) Utilización de personal únicamente necesario.
- 6) Conservar en la medida de lo posible la estética de los productos.

**IV.2 Diseñar un sistema piloto RFID para su implementación en un supermercado, basándose en los procesos investigados, evaluando la ubicación de lectores y etiquetas.**

Para dar cabida al diseño del sistema, en primer lugar, como se explicó en el Capítulo III, se buscó la mejor distribución de las antenas en el arco lector. Para ello se etiquetaron con una sola etiqueta RFID, la selección de 18 productos, y luego se distribuyeron de manera aleatoria en el carrito de supermercado. Estos productos fueron pasados por cada una de las 8 distribuciones de antenas. En el Apéndice C, se muestran las tablas en donde se indica, de la selección de 18 productos, aquellos que fueron leídos. Los resultados, en porcentaje de eficiencia de cada una de las distribuciones de antenas se encuentran en la Tabla 11.

| Distribución de antenas | Porcentaje de lectura |
|-------------------------|-----------------------|
| 1                       | 66,66 %               |
| 2                       | 66,66 %               |
| 3                       | 88,89 %               |
| 4                       | 72,22 %               |
| 5                       | 94,44 %               |
| 6                       | 94,44 %               |
| 7                       | 88,89 %               |
| 8                       | 100 %                 |

Tabla 11. Porcentaje de lectura de productos para las distintas distribuciones de antenas

(Fuente Propia)

Cabe destacar que se realizó la misma prueba, sin alterar ningún factor, en cada una de las distribuciones de antenas. En este sentido, la Distribución Nro. 8 representa la mejor opción ya que presenta un mayor porcentaje de lectura.

Para evitar interferencias con las cajas cercanas, o clientes que transcurran en las cercanías de los puntos de pago donde se encuentra el arco lector, se debe ajustar la atenuación en las antenas de manera que la potencia emitida por estas no se perciba en un arco lector diferente correspondiente a otra caja de pago. Los resultados de



lectura de las etiquetas, a partir de las variaciones en decibelios, se presentan en la Tabla 12.

| dB/m  | 0,5 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 3 | 3,5 | 4 | 4,5 | 5 | 5,5 | 6 | 6,5 |
|-------|-----|---|-----|---|-----|---|-----|---|-----|---|-----|---|-----|
| 0 dB  | ✓   | ✓ | ✓   | ✓ | ✓   | ✓ | ✓   | ✓ | ✓   | ✓ | ✓   | ✓ | ✓   |
| 3 dB  | ✓   | ✓ | ✓   | ✓ | ✓   | ✓ | ✓   | ✓ | ✓   | ✓ | ✓   | X | X   |
| 6 dB  | ✓   | ✓ | ✓   | ✓ | ✓   | ✓ | ✓   | ✓ | ✓   | X | X   | X | X   |
| 9 dB  | ✓   | ✓ | ✓   | ✓ | ✓   | X | X   | X | X   | X | X   | X | X   |
| 12 dB | ✓   | ✓ | ✓   | X | X   | X | X   | X | X   | X | X   | X | X   |
| 15 dB | ✓   | ✓ | X   | X | X   | X | X   | X | X   | X | X   | X | X   |

Tabla 12. Distancia de lectura con distintas atenuaciones

(Fuente Propia)

De acuerdo a estos resultados, se consideró que la mejor selección de atenuación es la de 9 dB para cada una de las antenas del arco lector. Se descartan las pruebas mayores de 9 dB de atenuación, ya que los líquidos provocan absorción de la señal transmitida y esto daría lugar a muchos errores de lectura.

Debido a las posibles interferencias entre las cajas se consideró que la separación entre un arco lector y otro, no debe ser menor a los 5 metros. Con el nivel de atenuación seleccionado, el arco es capaz de captar la presencia de etiquetas en un rango no mayor a 2,5 metros, tal como se reflejó en las pruebas de atenuación. En este sentido, el área de pago de cada cliente debe estar delimitada a un radio de 2,5 metros. Esta área debe ser exclusiva para el cliente que esté realizando su pago, evitando la contabilización de productos de otros clientes adyacentes en el proceso de pago. El esquema para un supermercado sería el mostrado en la Figura 21.

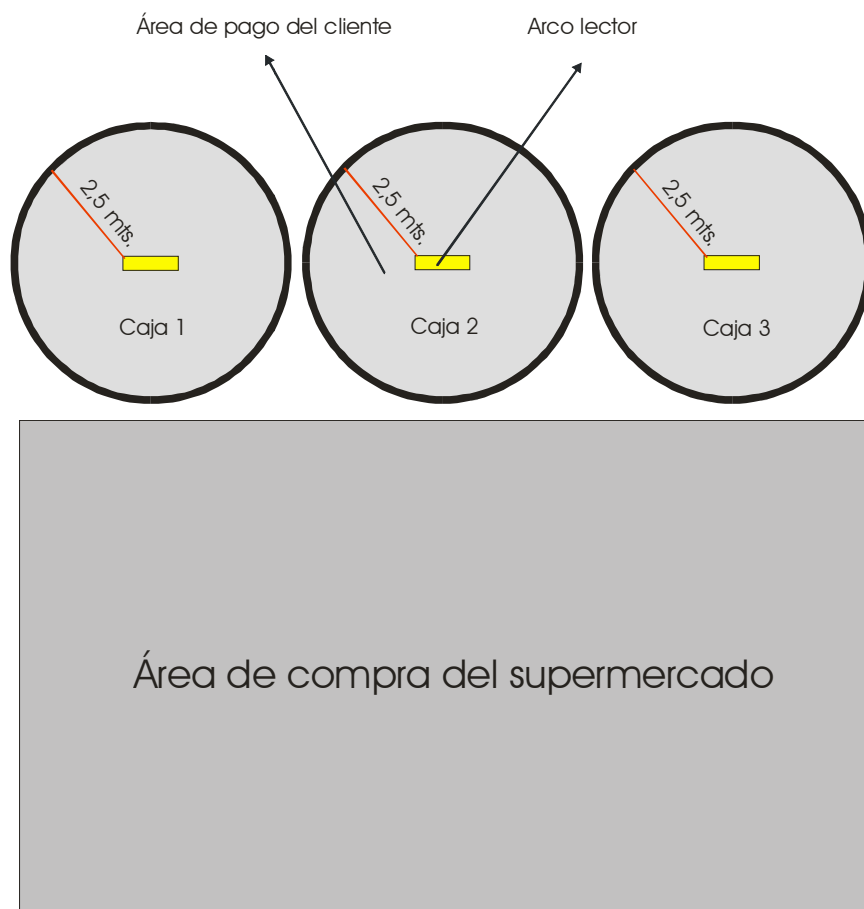


Figura 21. Esquema de implementación de cajas de pago  
 (Fuente Propia)

Respecto al número de cajas implementadas, este número se reducirá considerablemente dadas las mediciones especificadas. La longitud del área de pago es de aproximadamente 50 metros, y, considerando el doble del radio de 2,5 metros de lectura por cada arco, resulta un diámetro total de 5 metros, por lo tanto, se tendría una capacidad para colocar 10 cajas en el supermercado con esta nueva tecnología. Cabe destacar que en las pruebas realizadas, los productos fueron reconocidos por el lector en un tiempo no mayor a 10 segundos. Si se compara este tiempo con el empleado por un cliente promedio, que descarga sus productos en la banda transportadora y que luego los contabiliza el cajero manualmente uno a uno, se hace notorio que no es necesario el número de cajas que se disponen actualmente debido al ahorro de tiempo que implica esta implementación. El Apéndice A detalla los tiempos

consumidos por los clientes en el área de pago, justificando así el número de cajas a implementar.

En cuanto al tema de etiquetado de productos, el mismo resulta un proceso sumamente delicado, ya que cada uno de estos puede llegar a tener un comportamiento específico sobre el intercambio de información entre la etiqueta y el lector. El Apéndice B explica el proceso de etiquetado de todos los productos usados en para estas pruebas, de manera más detallada.

### **IV.3 Evaluar el funcionamiento del sistema diseñado desde el punto de vista de lectura y posibles errores**

Una vez seleccionada la mejor distribución de antenas para el arco lector, se realizaron las pruebas de lectura con los artículos etiquetados. Para ello, de cada una de las tres selecciones de productos (18, 30 y 50 productos), se realizaron 30 distribuciones aleatorias. En cada una de ellas se determinaron los artículos que fueron leídos y aquellos que no. También se calculó para cada prueba, la eficiencia de lectura total así como el porcentaje de lectura por producto. La eficiencia de lectura total se estimó mediante el promedio de las eficiencias de lecturas individuales de cada una de las 30 pruebas. En el Apéndice C se encuentran las tablas detalladas en donde se muestra aquellos productos que fueron leídos y los que no.

➤ Productos etiquetados con 1 tag RFID:

Selección de 18 productos:

| Producto | Porcentaje de lectura por producto (%) | Producto    | Porcentaje de lectura por producto (%) |
|----------|----------------------------------------|-------------|----------------------------------------|
| Café     | 90                                     | Caraotas    | 86                                     |
| Harina   | 76                                     | Cereal      | 96                                     |
| Arroz    | 90                                     | Mantequilla | 76                                     |

|                                            |     |                           |     |
|--------------------------------------------|-----|---------------------------|-----|
| Pasta                                      | 80  | Pan de Sándwich           | 83  |
| Aceite vegetal<br>botella plástica         | 93  | Pañales                   | 93  |
| Agua botella<br>plástica                   | 100 | Jugo de cartón            | 100 |
| Champú                                     | 76  | Detergente                | 96  |
| Jabón de tocador                           | 76  | Galletas                  | 80  |
| Mayonesa frasco<br>vidrio                  | 96  | Malta botella<br>plástica | 93  |
| <b>Eficiencia de lectura total: 88,26%</b> |     |                           |     |

Tabla 13. Porcentaje de lectura por artículo para la selección de 18 productos  
(Fuente Propia)

Selección de 30 productos:

| Producto                  | Porcentaje de<br>lectura por<br>producto (%) | Producto                            | Porcentaje de<br>lectura por<br>producto (%) |
|---------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------|
| Café                      | 76                                           | Galletas                            | 76                                           |
| Harina                    | 76                                           | Malta botella<br>plástica           | 86                                           |
| Arroz                     | 83                                           | Gatorade                            | 83                                           |
| Pasta                     | 80                                           | Salsa de Tomate<br>frasco de vidrio | 86                                           |
| Agua botella<br>plástica  | 90                                           | Mostaza frasco<br>plástico          | 73                                           |
| Champú                    | 76                                           | Leche de Cartón                     | 86                                           |
| Jabón de tocador          | 73                                           | Refresco en Lata                    | 86                                           |
| Mayonesa frasco<br>vidrio | 86                                           | Yogurt envase<br>cartón             | 86                                           |
| Caraotas                  | 83                                           | Pasta dental                        | 83                                           |
| Cereal                    | 90                                           | Papel Higiénico                     | 86                                           |
| Mantequilla               | 56                                           | Crema de afeitar                    | 93                                           |

|                                            |    |                                 |    |
|--------------------------------------------|----|---------------------------------|----|
| Pan de Sándwich                            | 83 | Vino                            | 93 |
| Pañales                                    | 90 | Refresco Botella plástica       | 86 |
| Jugo de Cartón                             | 90 | Aceite vegetal botella plástica | 83 |
| Detergente                                 | 90 | Enjuague Bucal                  | 83 |
| <b>Eficiencia de lectura total: 82,83%</b> |    |                                 |    |

Tabla 14. Porcentaje de lectura por artículo para la selección de 30 productos  
(Fuente Propia)

Selección de 50 productos:

| Producto               | Porcentaje de lectura por producto (%) | Producto                    | Porcentaje de lectura por producto (%) |
|------------------------|----------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------|
| Café                   | 76                                     | Crema de afeitar            | 90                                     |
| Harina                 | 70                                     | Vino                        | 86                                     |
| Arroz                  | 83                                     | Refresco Botella plástica   | 83                                     |
| Pasta                  | 73                                     | Salchichas                  | 90                                     |
| Agua botella plástica  | 86                                     | Enjuague Bucal              | 83                                     |
| Champú                 | 70                                     | Mermelada frasco vidrio     | 80                                     |
| Jabón de tocador       | 73                                     | Helados                     | 86                                     |
| Mayonesa frasco vidrio | 80                                     | Tequeños                    | 86                                     |
| Caraotas               | 86                                     | Lata de atún                | 86                                     |
| Cereal                 | 80                                     | Ron                         | 86                                     |
| Mantequilla            | 63                                     | Salsa de Soya frasco vidrio | 90                                     |
| Pan de                 | 83                                     | Salsa BBQ frasco            | 93                                     |

|                                         |    |                           |    |
|-----------------------------------------|----|---------------------------|----|
| Sándwich                                |    | plástico                  |    |
| Pañales                                 | 83 | Jugo de Lata              | 86 |
| Jugo de Cartón                          | 86 | Limpiador envase plástico | 86 |
| Detergente                              | 80 | Syrup Chocolate           | 83 |
| Galletas                                | 70 | Desodorante               | 86 |
| Malta botella plástica                  | 86 | Tintes de Cabello         | 80 |
| Aceite vegetal botella plástica         | 80 | Baños de Crema            | 83 |
| Salsa de Tomate frasco de vidrio        | 80 | Cepillo de Dientes        | 73 |
| Mostaza frasco plástico                 | 70 | Crema corporales          | 80 |
| Leche de Cartón                         | 86 | Talco                     | 73 |
| Refresco en Lata                        | 83 | Afeitadoras               | 86 |
| Yogurt envase de cartón                 | 80 | Agua de colonia           | 80 |
| Pasta dental                            | 73 | Hilo dental               | 90 |
| Papel Higiénico                         | 80 | Verduras                  | 63 |
| <b>Eficiencia de lectura total: 81%</b> |    |                           |    |

Tabla 15. Porcentaje de lectura por artículo para la selección de 50 productos  
(Fuente Propia)

Una vez obtenidos los resultados de las lecturas de los artículos etiquetados con una sola etiqueta RFID, se analizó para cada prueba aquellos productos que no fueron leídos. En algunos casos ocurrió que la etiqueta quedó orientada hacia la rejilla metálica del carrito impidiendo la comunicación entre el lector y la etiqueta, incluso

con la antena teniendo línea de vista directa con la etiqueta, tal como se muestra en la Figura 22.

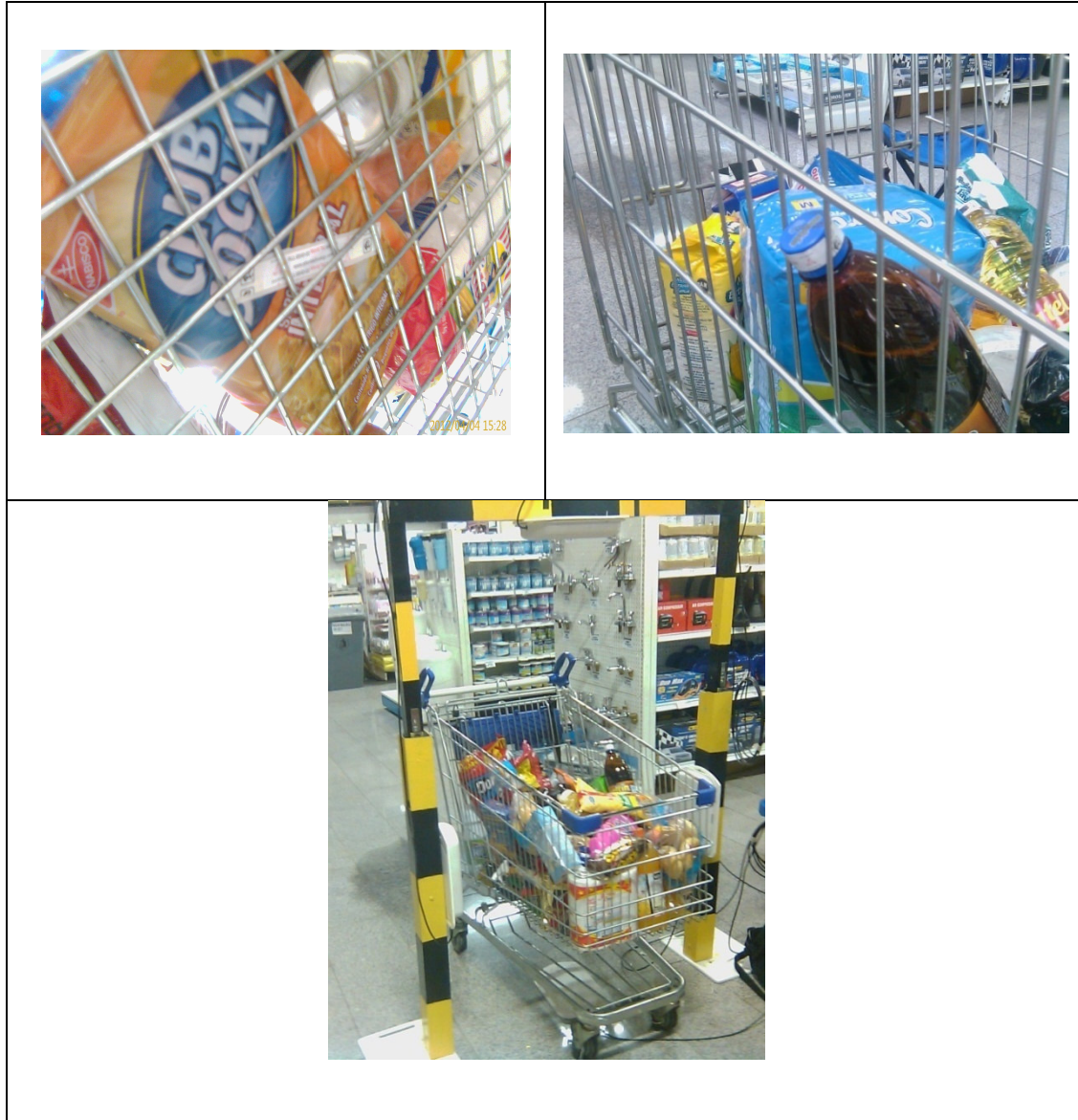


Figura 22. Productos con su etiqueta orientada a la rejilla metálica  
(Fuente Propia)

Este fenómeno se debe a las siguientes circunstancias. Las etiquetas RFID tienen en su interior una antena. Toda antena se modela como un circuito resonante. Cuando este circuito se encuentra cerca del campo de radiofrecuencia del lector, se

induce un voltaje que es rectificado y que luego alimenta al chip de la etiqueta. Si este circuito se encuentra en resonancia, una parte de la señal enviada por el lector más la inducida por el circuito, se devuelve al mismo lector como una señal detectable que contiene la información grabada en la etiqueta que identifica a cada producto. Así, cuando el circuito está fuera de resonancia, el lector no “ve” la etiqueta.

A manera de puntualizar, un circuito resonante se modela mediante una bobina y un condensador. El problema se presenta cuando se coloca la etiqueta sobre un material conductor, como es el caso del aluminio de una lata de refresco, o incluso la rejilla metálica del carrito, que afectan los valores de inductancia y capacitancia del circuito en cuestión. Como se mencionó en el Marco Teórico, las etiquetas usadas para el etiquetado de los productos del presente proyecto tienen la forma expuesta en la Figura 23.

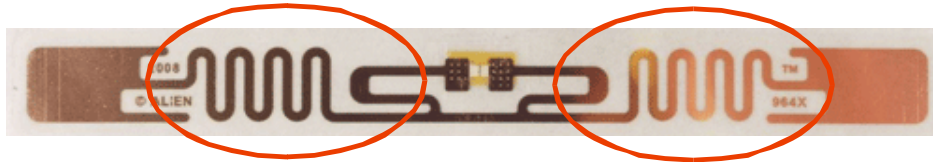


Figura 23. Antena en Tags Pasivas ALN-9640-WR

(Fuente Propia)

Las partes de la etiqueta encerradas en los óvalos rojos representan líneas de transmisión diseñadas para alargar eléctricamente la antena, actuando como una bobina. Estas líneas de transmisión poseen parámetros distribuidos cuyos valores se verán afectados dependiendo del material sobre el cual se coloque la etiqueta. Entonces por deducción y de manera genérica, la transmisión de señales entre lector y etiqueta va a depender de la permeabilidad ( $\mu$ ), permitividad ( $\epsilon$ ) y conductividad ( $\sigma$ ) características de los productos seleccionados. Todos los materiales poseen parámetros diferentes, y el caso de los metales y los líquidos repercuten en gran medida sobre la eficiencia de lectura de los productos debido a la reflexión y



dispersión de ondas de RF. A continuación se exponen los argumentos que conllevaron a esta deducción.

Se resalta nuevamente, que la frecuencia de trabajo para este piloto se encuentra ubicada en la banda UHF (300 a 3000 MHz), específicamente en 915 MHz. Los datos referentes a los elementos que dan lugar al problema se presentan en la Tabla 16.

| Aluminio                                        | Agua                                            |
|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| $\sigma = 3,54 \times 10^7 \text{ S/m}$         | $\sigma = 10^{-3} \text{ S/m}$                  |
| $\mu = 1,000021$                                | $\mu = 1$                                       |
| $\epsilon = 1$                                  | $\epsilon = 78,5$                               |
| $\omega = 5,75 \times 10^9 \text{ rad/s}$       | $\omega = 5,75 \times 10^9 \text{ rad/s}$       |
| $\mu_o = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m}$       | $\mu_o = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m}$       |
| $\epsilon_o = 8,84 \times 10^{-12} \text{ F/m}$ | $\epsilon_o = 8,84 \times 10^{-12} \text{ F/m}$ |
| $\eta_o = 120\pi \Omega$                        | $\eta_o = 120\pi \Omega$                        |

Tabla 16. Parámetros característicos del Aluminio y Agua  
(Fuente Propia)

Se realizó un estudio básico sobre estos dos materiales ya que se consideró que los resultados pueden extrapolarse a los demás medios en cuestión.

Para demostrar que los materiales pertenecen a los grupos de medios conductores o dieléctricos con pocas pérdidas se recurre al análisis de la tangente de pérdidas, mediante la aplicación de la ecuación Ec.1.

| Aluminio                                                                                                            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\tan \delta_c = \frac{3,54 \times 10^7}{5,75 \times 10^9 \times 8,84 \times 10^{-12} \times 1} = 6,96 \times 10^8$ |

| Agua                                                                                                             |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\tan \delta_c = \frac{10^{-3}}{5,75 \times 10^9 \times 8,84 \times 10^{-12} \times 78,5} = 2,51 \times 10^{-4}$ |

Queda evidenciado que el aluminio pertenece al grupo de medios buenos conductores según lo estipulado en la teoría, por resultar su tangente de pérdidas mucho mayor que 1, mientras que el agua pertenece al grupo de dieléctricos con pocas pérdidas pues su tangente de pérdida es mucho menor a 1

Ahora se procede a obtener la impedancia intrínseca de ambos materiales, aplicando las ecuaciones Ec. 3 y Ec. 4.

| Aluminio                                                                                                                       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\eta_c = (1 + j) \frac{\sqrt{\pi(915 \times 10^6)(3,54 \times 10^7)(4\pi \times 10^{-7} \times 1,000021)}}{3,54 \times 10^7}$ |
| $ \eta_c  = 0,0143 \Omega$                                                                                                     |

| Agua                                                                                                                                                                               |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\eta_c = \sqrt{\frac{4\pi \times 10^{-7} \times 1}{8,84 \times 10^{-12} \times 78,5}} \left( 1 + j \frac{10^{-3}}{2(5,75 \times 10^9)(8,84 \times 10^{-12} \times 78,5)} \right)$ |
| $ \eta_c  = 42,5544 \Omega$                                                                                                                                                        |

Con estos datos se puede obtener los coeficientes de reflexión y refracción respectivos de cada material, usando las ecuaciones Ec. 5 y Ec. 6

| Aluminio                                                                          |
|-----------------------------------------------------------------------------------|
| $\Gamma = \frac{E_r}{E_i} = \frac{0,0143 - 120\pi}{0,0143 + 120\pi} = -0,9999$    |
| $\tau = \frac{E_t}{E_i} = \frac{2(0,0143)}{0,0143 + 120\pi} = 7,5 \times 10^{-5}$ |

| Agua                                                                             |
|----------------------------------------------------------------------------------|
| $\Gamma = \frac{E_r}{E_i} = \frac{42,5544 - 120\pi}{42,5544 + 120\pi} = -0,7971$ |
| $\tau = \frac{E_t}{E_i} = \frac{2(42,5544)}{42,5544 + 120\pi} = 0,2029$          |

Al analizar los cálculos obtenidos se concluye que el aluminio es un material muy reflexivo debido a que el coeficiente de reflexión es muy cercano a -1, el signo menos es debido al cambio de orientación del vector campo eléctrico cuando éste se refleja en el objeto, mientras que su coeficiente de refracción es casi nulo debido a que el material absorbe muy poca energía debido a su alta conductividad, provocando un efecto “cortocircuito”.

Se infiere también que el agua es un medio que refleja menos que el aluminio pero a su vez absorbe más energía de la onda incidente que este último, debido a sus características constitutivas, pues el agua es un medio dieléctrico y es más propensa a disipar la potencia de las ondas de radiofrecuencia.

Asimismo los materiales encontrados en locales de supermercados pueden seguir fácilmente el comportamiento de los medios materiales básicos estudiados debido a las similitudes físicas que guardan entre sí, por lo tanto se deduce que los grupos de materiales del tipo envase metálico, envoltorio aluminizado, enlatados, bebidas, artículos de limpieza, yogurts, alimentos congelados, etc. tienen tendencia a reflejar y absorber las ondas de radiofrecuencia.

Una posible solución a este problema es colocar un material dieléctrico entre el metal y la etiqueta, como es el caso de la ferrita, la cual se comporta como una pared magnética, haciendo que la onda de radiofrecuencia no llegue al metal, evitando el efecto de reflexión. Sin embargo, las ferritas también son resonantes, su frecuencia de resonancia va a depender de los materiales con los que este construida y de su tamaño. Principalmente, la ferrita está constituida por silicio, calcio, hierro y aluminio. El hierro tiene propiedades ferromagnéticas y el aluminio tiene propiedades paramagnéticas y es la combinación de estos dos lo que hace que se comporte como una pared magnética.

El problema de esto reside en que la ferrita debe formar parte de la antena de la etiqueta para ejecutar el efecto deseado. Se debe tomar en cuenta el cálculo de la frecuencia de resonancia de la etiqueta para diseñar una lámina de ferrita que se ajuste a las necesidades. Por otra parte, este tipo de materiales resulta muy costoso y poco factible tomando en cuenta que será colocado en productos relativamente económicos. Cabe destacar también que, las etiquetas no serán reusables, ya que la idea de la implementación es agilizar el proceso de pago, y reutilizarlas implicaría tener a varios empleados del supermercado haciendo esta labor en la salida. Por este motivo, el etiquetado debe ser desechable. En el Anexo A, se incluye una investigación de algunas etiquetas que pueden ser usadas para metales y líquidos.

Continuando con el tema de las pruebas, cabe acotar que varios productos no se leyeron debido a que otros con contenido líquido, o con envoltorios metálicos se encontraban colocados sobre las etiquetas de los productos convencionales, impidiendo su lectura. Por esta razón, para mejorar el porcentaje de eficiencia en la lectura, se realizaron las mismas pruebas pero etiquetando los productos con dos etiquetas RFID, colocadas lo más separadas posible. También se consideró que un carrito plástico sería una mejor opción para esta implementación, sin embargo, dada la indisponibilidad de un carrito de este tipo, se decidió realizar las pruebas de lectura con el mismo carrito metálico usado en las pruebas anteriores pero esta vez con los

productos etiquetados dos veces. Para estas pruebas, se obtuvieron los siguientes resultados.

➤ Productos etiquetados con 2 etiquetas RFID:

Selección de 18 productos:

| Producto                                  | Porcentaje de lectura por producto (%) | Producto               | Porcentaje de lectura por producto (%) |
|-------------------------------------------|----------------------------------------|------------------------|----------------------------------------|
| Café                                      | 96                                     | Caraotas               | 96                                     |
| Harina                                    | 100                                    | Cereal                 | 96                                     |
| Arroz                                     | 96                                     | Mantequilla            | 90                                     |
| Pasta                                     | 96                                     | Pan de Sándwich        | 100                                    |
| Aceite vegetal botella plástica           | 96                                     | Pañales                | 96                                     |
| Agua botella plástica                     | 93                                     | Jugo de cartón         | 93                                     |
| Champú                                    | 96                                     | Detergente             | 96                                     |
| Jabón de tocador                          | 96                                     | Galletas               | 96                                     |
| Mayonesa frasco vidrio                    | 96                                     | Malta botella plástica | 96                                     |
| <b>Eficiencia de lectura total: 96,1%</b> |                                        |                        |                                        |

Tabla 16. Porcentaje de lectura por artículo para la selección de 18 productos con doble etiquetado  
(Fuente Propia)

Selección de 30 productos:

| Producto | Porcentaje de lectura por producto (%) | Producto               | Porcentaje de lectura por producto (%) |
|----------|----------------------------------------|------------------------|----------------------------------------|
| Café     | 96                                     | Galletas               | 93                                     |
| Harina   | 96                                     | Malta botella plástica | 90                                     |

|                                            |     |                                     |     |
|--------------------------------------------|-----|-------------------------------------|-----|
| Arroz                                      | 96  | Gatorade                            | 93  |
| Pasta                                      | 93  | Salsa de Tomate<br>frasco de vidrio | 93  |
| Agua botella<br>plástica                   | 93  | Mostaza frasco<br>plástico          | 93  |
| Champú                                     | 90  | Leche de Cartón                     | 93  |
| Jabón de tocador                           | 96  | Refresco en Lata                    | 96  |
| Mayonesa frasco<br>vidrio                  | 93  | Yogurt envase<br>cartón             | 90  |
| Caraotas                                   | 96  | Pasta dental                        | 100 |
| Cereal                                     | 100 | Papel Higiénico                     | 96  |
| Mantequilla                                | 86  | Crema de afeitar                    | 93  |
| Pan de Sándwich                            | 100 | Vino                                | 93  |
| Aceite vegetal<br>botella plástica         | 90  | Refresco Botella<br>plástica        | 100 |
| Jugo de Cartón                             | 93  | Pañales                             | 100 |
| Detergente                                 | 100 | Enjuague Bucal                      | 90  |
| <b>Eficiencia de lectura total: 93,96%</b> |     |                                     |     |

Tabla 17. Porcentaje de lectura por artículo para la selección de 30 productos con  
doble etiquetado  
(Fuente Propia)

Selección de 50 productos:

| Producto                 | Porcentaje de<br>lectura por<br>producto (%) | Producto         | Porcentaje de<br>lectura por<br>producto (%) |
|--------------------------|----------------------------------------------|------------------|----------------------------------------------|
| Café                     | 90                                           | Crema de afeitar | 86                                           |
| Harina                   | 90                                           | Vino             | 93                                           |
| Arroz                    | 90                                           | Champú           | 86                                           |
| Pasta                    | 86                                           | Salchichas       | 93                                           |
| Agua botella<br>plástica | 90                                           | Enjuague Bucal   | 90                                           |

|                                         |     |                             |    |
|-----------------------------------------|-----|-----------------------------|----|
| Refresco Botella plástica               | 93  | Mermelada frasco de vidrio  | 93 |
| Jabón de tocador                        | 86  | Helados                     | 93 |
| Mayonesa frasco vidrio                  | 86  | Tequeños                    | 93 |
| Caraotas                                | 90  | Lata de atún                | 96 |
| Cereal                                  | 93  | Ron                         | 96 |
| Salsa de Tomate frasco de vidrio        | 93  | Salsa de Soya frasco vidrio | 93 |
| Limpiador envase plástico               | 90  | Salsa BBQ frasco plástico   | 86 |
| Pañales                                 | 100 | Jugo de Lata                | 93 |
| Jugo de Cartón                          | 90  | Pan de Sándwich             | 93 |
| Detergente                              | 93  | Syrup Chocolate             | 90 |
| Galletas                                | 90  | Desodorante                 | 90 |
| Malta botella plástica                  | 90  | Tintes de Cabello           | 90 |
| Aceite vegetal botella plástica         | 90  | Baños de Crema              | 93 |
| Mantequilla                             | 83  | Cepillo de Dientes          | 90 |
| Mostaza frasco plástico                 | 86  | Cremas corporales           | 90 |
| Leche de Cartón                         | 90  | Talco                       | 90 |
| Refresco en Lata                        | 93  | Afeitadoras                 | 90 |
| Yogurt envase cartón                    | 90  | Agua de colonia             | 93 |
| Pasta dental                            | 93  | Hilo dental                 | 93 |
| Papel Higiénico                         | 100 | Verduras                    | 80 |
| <b>Eficiencia de lectura total: 91%</b> |     |                             |    |

Tabla 18. Porcentaje de lectura por artículo para la selección de 50 productos con  
doble etiquetado  
(Fuente Propia)

Luego de esta segunda prueba se descubrió que aquellos productos que no fueron leídos, en la mayoría de los casos, se encontraron con una de sus etiquetas orientada hacia la rejilla metálica del carrito, mientras que la otra quedó obstruida por algún otro artículo con contenido líquido o envoltorio metálico. En otros casos, resultó imposible la colocación de dos etiquetas en el producto, como por ejemplo la botella plástica de malta, el enjuague bucal, el aceite vegetal, entre otros. Esto es debido a que el único lugar donde se les podía colocar una etiqueta que pudiese ser leída era en la tapa del producto, ya que en el cuerpo la señal de radiofrecuencia era absorbida por el líquido contenido en este.

Debido a la imposibilidad de conseguir un carrito plástico, como el que disponen algunos establecimientos, se decidió ensayar en una cesta plástica para comprobar la mejoría en el porcentaje de lectura.







Figura 24. Pruebas de etiquetado de productos con cesta plástica

(Fuente Propia)

Debido a sus dimensiones, se realizaron las pruebas de lectura sólo con el grupo de 18 productos. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

| Producto                        | Porcentaje de lectura por producto (%) | Producto        | Porcentaje de lectura por producto (%) |
|---------------------------------|----------------------------------------|-----------------|----------------------------------------|
| Café                            | 100                                    | Caraotas        | 100                                    |
| Harina                          | 100                                    | Cereal          | 100                                    |
| Arroz                           | 100                                    | Mantequilla     | 96                                     |
| Pasta                           | 100                                    | Pan de Sándwich | 100                                    |
| Aceite vegetal botella plástica | 100                                    | Pañales         | 100                                    |
| Agua botella plástica           | 100                                    | Jugo de cartón  | 100                                    |
| Champú                          | 96                                     | Detergente      | 96                                     |
| Jabón de tocador                | 100                                    | Galletas        | 100                                    |

|                                           |    |                           |     |
|-------------------------------------------|----|---------------------------|-----|
| Mayonesa frasco<br>de vidrio              | 96 | Malta botella<br>plástica | 100 |
| <b>Eficiencia de lectura total: 99,4%</b> |    |                           |     |

Tabla 19. Porcentaje de lectura por artículo para la selección de 18 productos con  
doble etiquetado utilizando una cesta plástica

(Fuente Propia)

Se observa en esta prueba como el porcentaje de eficiencia mejora considerablemente, logrando leer casi la totalidad de los productos.

La Tabla 21 mostrada a continuación resume los porcentajes de eficiencia de lectura de acuerdo a la prueba:

|              | Carrito Metálico   |                     |         | Cesta Plástica      |
|--------------|--------------------|---------------------|---------|---------------------|
| Selección    | 1 Etiqueta<br>RFID | 2 Etiquetas<br>RFID | Mejora  | 2 Etiquetas<br>RFID |
| 18 productos | 88,26 %            | 96,10 %             | 7,84 %  | 99,40 %             |
| 30 productos | 82,83 %            | 93,96 %             | 11,13 % | ---                 |
| 50 productos | 81,00 %            | 91,00 %             | 10,00 % | ---                 |

Tabla 20. Resumen de las pruebas de etiquetado de productos

(Fuente Propia)

#### IV.4 Proponer las adaptaciones al sistema de pago del supermercado

Otro de los aspectos importantes de la implementación, es la capacidad del sistema para adaptarse al sistema actual de pago. En el caso de las cadenas de supermercados *Plan Suárez* y *Excelsior Gama*, estas utilizan el *Software* de gestión y administración empresarial *SAP*, específicamente el *SAP FrontEnd* versión 7100.4.14.3136.

Actualmente *Plan Suárez* maneja un estimado de 4000 rubros. En la mayoría de los casos, estos vienen en varias presentaciones y cada uno de ellos tiene asociado un código de barra, que para el caso del *Software* de gestión es conocido como “código SAP”. En total, el cálculo da un aproximado entre 12.000 y 15.000 códigos. Además, cada código SAP puede almacenar a su vez hasta 6 asociaciones distintas con referencia a un mismo artículo. Todo esto conlleva a la extensa base de datos que posee el supermercado para la codificación de productos, la cual no puede ser modificada fácilmente.

Consecuentemente, la propuesta reside en conservar dicha codificación, pero en este caso asignando estos códigos a las etiquetas RFID, específicamente al código EPC (*Electronic Product Code*), que tiene una estructura similar a los códigos de barras UPC (*Universal Product Code*). Esta estructura se esquematiza en la Figura 26.

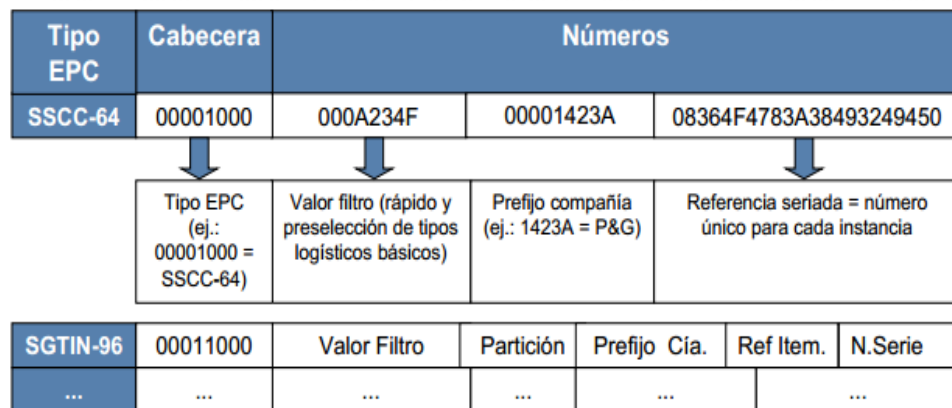


Figura 25. Estructura del código EPC

(Fuente Propia)

El código EPC en RFID es un número único diseñado para identificar de manera inequívoca a cualquier producto. A diferencia de los códigos de barra, donde a varios productos del mismo tipo (Ej. Refresco de botella plástica de 1L) se le asigna un mismo código, en esta implementación RFID no será posible. Si se asigna a los

productos el mismo código EPC, los algoritmos anti-colisión del lector, en caso de haber presencia de varios artículos del mismo tipo (código) en el carrito, se considerarán como uno solo, lo cual sería incorrecto pues un código EPC identifica uno y sólo un artículo en cuestión. Un esquema de esta situación se observa en la Figura 27.

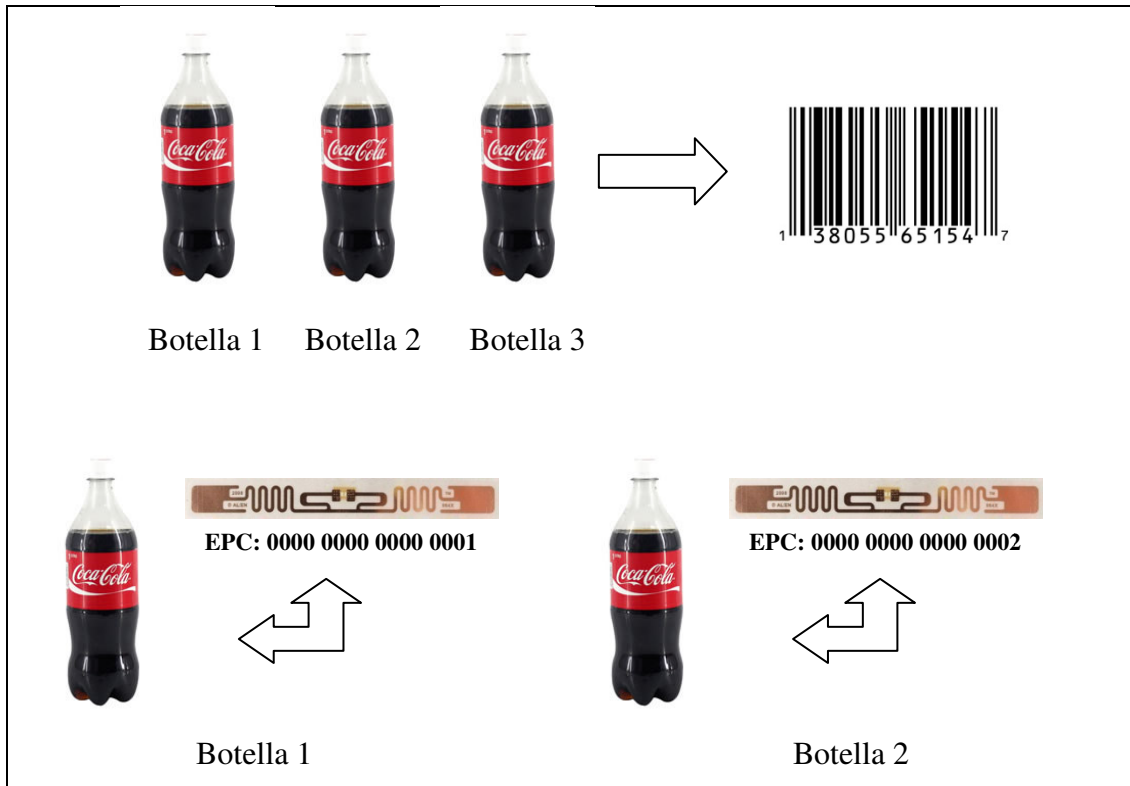


Figura 26. Esquema de asignación del código EPC a un producto

(Fuente Propia)

Dejar esta labor del etiquetado al supermercado sería una tarea extenuante, por lo que se propone, que el mismo venga de fábrica, siendo cada código EPC estándar para todos los supermercados. Esto mismo ocurre con los códigos de barras. Cada fabricante asigna a su producto, específicamente a una presentación, un determinado código de barra. Este va a ser igual para todos los supermercados que lo adquieran. Estos, simplemente van a almacenar el código en su base de datos.

Tal y como se mencionó al inicio del desarrollo de este objetivo, un código SAP puede tener hasta 6 asociaciones equivalentes a un mismo producto, en la versión *FrontEnd*. Sin embargo, esto puede ser modificado en la *API (Application Programming Interface)* correspondiente del programa. La premisa sería aumentar este número de asociaciones a un número que cubra las cantidades existentes del producto a codificar. A manera de ejemplo: si se tiene una existencia de 600 botellas de refresco en botella plástica de 1L, se debería tener la capacidad de almacenar 600 asociaciones de manera automática, fijando un rango de numeración. El fabricante, al momento de hacer la entrega al supermercado del pedido, entregará también el rango de codificación de los productos.

La implementación de la tecnología RFID propuesta en este proyecto no pretende eliminar por completo a la tecnología de código de barra. Si bien es cierto que la idea principal es hacer que todo el proceso de gestión de pago sea mediante la implementación de tecnología RFID, también es cierto que los códigos de barra serían un buen respaldo a la hora de fallas en el sistema. En este sentido, se plantea que los productos sigan teniendo los códigos de barra como hoy en día, pero asociados con el EPC del RFID, es decir, escribiendo el código de barra sobre la etiqueta RFID. Esto también permitiría que establecimientos más pequeños, donde la tecnología RFID no resulta tan viable bien sea por espacio o por costos de implementación, seguirían con la manera tradicional de contabilización. La implementación de este sistema, a largo plazo, supone la creación de un estándar abierto y universal de manera que exista coherencia en los códigos EPC asignados por los fabricantes a sus productos, evitando repeticiones.

Actualmente, la mayoría de los *Software* de gestión y administración empresariales utilizados en cadenas de supermercados, cumplen con la siguiente arquitectura mostrada en la Figura 28.

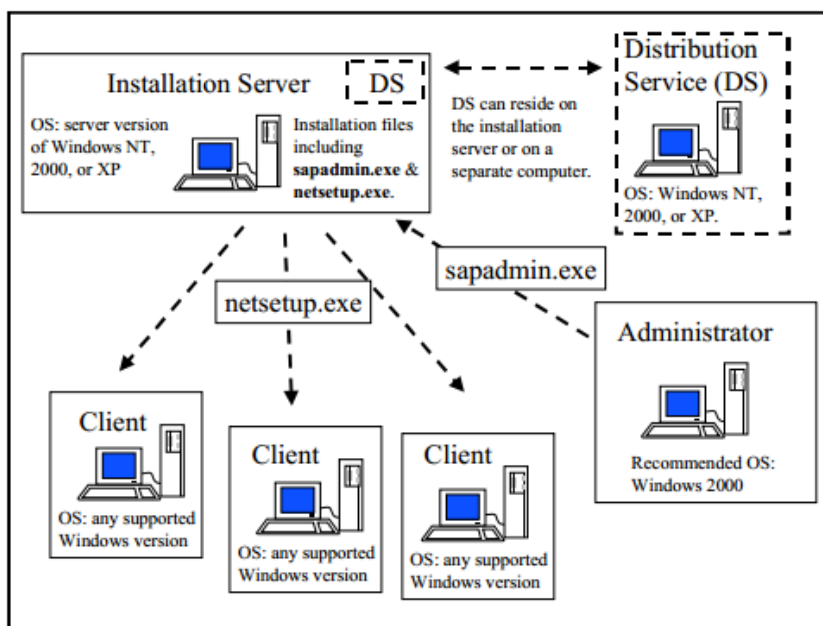


Figura 27. Arquitectura genérica de un *Software* de gestión y administración  
 empresarial  
 (Fuente Propia)

En principio, se propone mantener dicha arquitectura con el fin de generar el menor impacto posible en la red.

Las lectoras de códigos de barra transmiten cada código leído al *Software* de gestión mediante el puerto RS-232. El *Software* está constantemente monitoreando este puerto procesando la información recibida para la contabilización y emisión de la factura legal. El lector RFID utilizado para el proyecto (*Lector RFID ALIEN ALR-990*) se puede conectar al sistema mediante ETHERNET a través de un conector RJ-45, o a través del puerto serial RS-232. En el caso del *SAP FrontEnd*, se puede establecer la conexión a través de las dos interfaces. Dada la mayor velocidad de transmisión de ETHERNET, es recomendable usar esta interfaz. En otra instancia, el lector RFID, una vez que haya leído todos los productos, puede almacenar dicha lectura en un archivo CSV (*Comma Separated Values*) arrojando una pequeña base de datos de la compra del cliente, la cual se puede enviar al *Software* de gestión para su procesamiento.

Debido a temas privativos respecto a la utilización del sistema *SAP* por la adquisición de licencias y con la finalidad de poder realizar una facturación simple a cualquier cliente que se encuentre en caja, se propuso una aplicación realizada en *Visual Basic 2010* que relaciona mediante una base de datos, los identificadores de las etiquetas leídas desde el carrito, con la información dispuesta en el supermercado acerca del valor de sus productos en venta.

Dicha aplicación podrá mostrar una factura personalizada a través de una interfaz dedicada, en donde se colocarán los datos respectivos del cliente (nombre y cédula) y luego se generará un esquema con el desglose del precio de cada producto, para así calcular el importe total, adicionando el 12% de impuesto de valor agregado (IVA).

La herramienta utilizada para gestionar las bases de datos, tanto de clientes como de productos, fue *MICROSOFT ACCESS 2007* ya que proporciona una manera fácil, de poder relacionar, o enlazar información entre una o varias tablas dispuestas en una base de datos. De esta manera, los archivos con extensión *CSV (Comma Separated Values)* generados por el lector *ALIEN 9900*, pueden ser manipulados desde *ACCESS* gracias a su función de importación y ordenación de datos.

La interfaz de la aplicación desarrollada consiste de dos ventanas, una principal y otra secundaria. La ventana principal consta de 2 campos de texto y 5 botones que ejecutan diversas funciones, mientras que la secundaria posee algunos controles básicos para realizar una búsqueda, realizar zoom o imprimir la factura generada. Respecto al código fuente, el mismo puede ser consultado en el Apéndice D

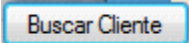
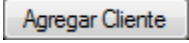
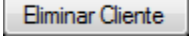
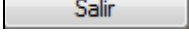


Figura 28. Interfaz principal de aplicación diseñada en Visual Basic

(Fuente Propia)

A continuación se definen las funciones de cada elemento de la interfaz:

| Campo          | Descripción                                                          |
|----------------|----------------------------------------------------------------------|
| <b>C.I:</b>    | Espacio para introducir el número de cédula del cliente (sin puntos) |
| <b>NOMBRE:</b> | Espacio para introducir el nombre y apellido del cliente             |

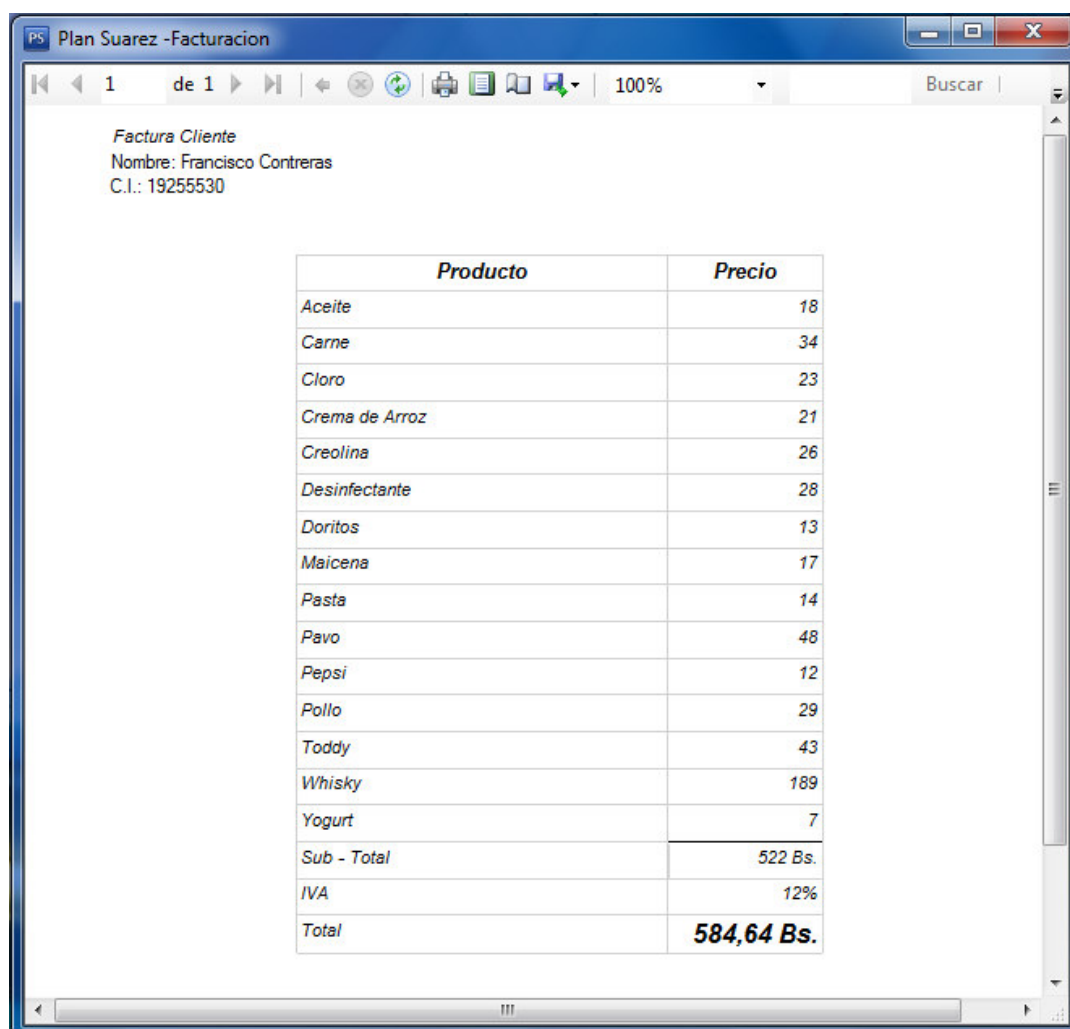
| Botón                                                                               | Función                                                                                                        |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | Genera una búsqueda en la base de datos con los datos especificados en los campos <b>C.I:</b> y <b>NOMBRE:</b> |
|  | Agrega el registro de cliente indicado en los campos <b>C.I:</b> y <b>NOMBRE:</b> en la base de datos          |
|  | Elimina el registro de cliente indicado en los campos <b>C.I:</b> y <b>NOMBRE:</b> de la base de datos         |
|  | Sale de la aplicación                                                                                          |
|  | Conduce a la ventana secundaria en donde se genera una                                                         |



|  |                                                               |
|--|---------------------------------------------------------------|
|  | factura personalizada con los productos leídos por el sistema |
|--|---------------------------------------------------------------|

Tabla 21. Descripción de funciones respectivas a cada botón de la aplicación diseñada en Visual Basic
   
 (Fuente Propia)

Al oprimir el botón “Generar Factura” se despliega la ventana secundaria, la cual muestra un reporte de los productos seleccionados por el cliente y que posteriormente realiza la sumatoria de los precios de cada producto.



| Producto       | Precio            |
|----------------|-------------------|
| Aceite         | 18                |
| Carne          | 34                |
| Cloro          | 23                |
| Crema de Arroz | 21                |
| Creolina       | 26                |
| Desinfectante  | 28                |
| Doritos        | 13                |
| Maicena        | 17                |
| Pasta          | 14                |
| Pavo           | 48                |
| Pepsi          | 12                |
| Pollo          | 29                |
| Toddy          | 43                |
| Whisky         | 189               |
| Yogurt         | 7                 |
| Sub - Total    | 522 Bs.           |
| IVA            | 12%               |
| Total          | <b>584,64 Bs.</b> |

Figura 29. Ejemplo de facturación de la aplicación diseñada en Visual Basic
   
 (Fuente Propia)

Para la administración de los datos se seleccionó por preferencia Microsoft Access 2007 para diseñar dos bases de datos correspondientes a la de los clientes y los productos. Para la de los clientes, se creó una tabla de nombre “ClientesPS” en donde se definieron 2 campos fundamentales: “cédula” y “nombre”, estos campos hacen interacción directa con la aplicación en *Visual Basic*, de manera que al realizar cualquier edición desde la misma se modifica el archivo original de ACCESS.

| ClientesPS |                     |                     |
|------------|---------------------|---------------------|
| cedula     | nombre              | Agregar nuevo campo |
| 4469680    | Alfonso Contreras   |                     |
| 5069261    | Wilmer Torres       |                     |
| 5069262    | Yumaly Torres       |                     |
| 17456184   | Carlos Dugarte      |                     |
| 17632424   | Ender Mejia         |                     |
| 18226279   | Andreina Zambrano   |                     |
| 18899340   | Julio Hernandez     |                     |
| 19255530   | Francisco Contreras |                     |
| *          |                     |                     |

Figura 30. Administración de Base de Datos de clientes a través de MS ACCESS  
 (Fuente Propia)

Para la base de datos de los productos, se elaboraron dos tablas adicionales: una de nombre “t\_productos” que contiene los nombres y precios asociados al identificador de las etiquetas (códigos EPC), y, la última de nombre “t\_rfid” que corresponde a los identificadores de los productos que facturó el cliente. Este inconveniente es debido a que el archivo de la lista de etiquetas exportado por el *Software ALIEN* sólo contiene los *Tag ID* sin otro tipo de información adicional que pueda complementar el proceso de facturación, por lo tanto se hace necesario localizar otra base de datos en donde se logre enlazar y coincidir eficazmente estos datos para poder mostrarlos en la interfaz diseñada.

## Diseño de un Sistema de Identificación por Radiofrecuencia (RFID) para el control de pago en cadenas de supermercados

| t_productos |                               |                 |                 |
|-------------|-------------------------------|-----------------|-----------------|
|             | Id_Etiqueta                   | Nombre_producto | Precio_Producto |
| +           | 0000 0000 0000 109B 5AC9 10B0 | Yogurt          | 7               |
| +           | 0000 0000 0000 10C7 B02C 01FB | Whisky          | 189             |
| +           | 0000 0000 0000 10D7 A4E7 9034 | Crema de Arroz  | 21              |
| +           | 0000 0000 0000 203A F50F DEE9 | Pepsi           | 12              |
| +           | 0000 0000 0000 2059 2F1C 4F80 | Doritos         | 13              |
| +           | 0000 0000 0000 307C FDCC 4D39 | Aceite          | 18              |
| +           | 0000 0000 0000 5019 9948 3961 | Pollo           | 29              |
| +           | 0000 0000 0000 6024 1C73 E0EA | Toddy           | 43              |
| +           | 0000 0000 0000 808E 167F C7A5 | Carne           | 34              |
| +           | 0000 0000 0000 905C B64E 35D8 | Creolina        | 26              |
| +           | 0000 0000 0000 90C5 049F F408 | Maicena         | 17              |
| +           | 0000 0000 0000 C093 6DC8 4E38 | Pavo            | 48              |
| +           | 0000 0000 0000 D00C CC8A 03D7 | Desinfectante   | 28              |
| +           | 0000 0000 0000 D036 F2E8 C139 | Pasta           | 14              |
| +           | 0000 0000 0000 D04E 29C7 915A | Cloro           | 23              |
| +           | 0000 0000 3035 3597 0625 A2AE | Salsa de tomate | 5               |
| +           | 0000 0000 400C D89F A109 D2D2 | Pañales         | 15              |
| +           | 0000 0000 900A 5077 3479 2C71 | Jabón           | 7               |
| +           | 0000 0000 90D5 BFCC 1422 286B | Champú          | 20              |
| +           | 0000 0000 C080 662B 89EB 7BAD | Refresco        | 8               |
| *           |                               |                 |                 |

Figura 31. Base de datos obtenida de la lectura de productos del cliente gestionada  
 por MS ACCESS  
 (Fuente Propia)

| t_rfid                        |         |
|-------------------------------|---------|
| Tag ID                        | Antenna |
| 0000 0000 0000 109B 5AC9 10B0 | 0       |
| 0000 0000 0000 10C7 B02C 01FB | 0       |
| 0000 0000 0000 10D7 A4E7 9034 | 0       |
| 0000 0000 0000 203A F50F DEE9 | 0       |
| 0000 0000 0000 2059 2F1C 4F80 | 0       |
| 0000 0000 0000 307C FDCC 4D39 | 0       |
| 0000 0000 0000 5019 9948 3961 | 0       |
| 0000 0000 0000 6024 1C73 E0EA | 0       |
| 0000 0000 0000 808E 167F C7A5 | 0       |
| 0000 0000 0000 905C B64E 35D8 | 0       |
| 0000 0000 0000 90C5 049F F408 | 0       |
| 0000 0000 0000 C093 6DC8 4E38 | 0       |
| 0000 0000 0000 D00C CC8A 03D7 | 0       |
| 0000 0000 0000 D036 F2E8 C139 | 0       |
| 0000 0000 0000 D04E 29C7 915A | 0       |
| *                             |         |

Figura 32. Base de datos de códigos de producto existente en el supermercado  
 (Fuente Propia)

La información contenida en “t\_productos” en realidad correspondería a la base de datos que posee el supermercado sobre el nombre, tipo, características y precio de todos los productos almacenados y colocados en *stock*. De esta manera, el proceso se resume a la búsqueda automática de los códigos en ambas tablas hasta lograr una coincidencia en los identificadores. Una vez realizado este paso, lo siguiente es ordenar los datos para la visualización del usuario.

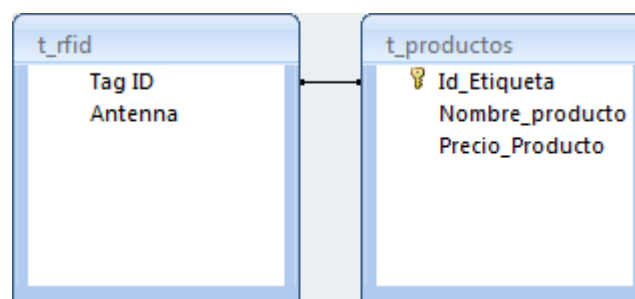


Figura 33. Relación de tablas pertenecientes a la Base de Datos diseñada  
(Fuente Propia)

#### IV.5 Realizar un estimado de costo a nivel técnico-económico para el proyecto diseñado

Tomando como referencia el supermercado *Plan Suárez*, donde se realizaron las pruebas del presente proyecto, los equipos necesarios para una implementación práctica final serían los siguientes:

- 10 Arcos Lectores ubicados en el área de pago bajo las especificaciones indicadas anteriormente.
- 10 Lectores RFID. Uno por cada arco lector.
- 4 antenas por cada Arco Lector. Esto resulta en un total de 40 antenas para cubrir las 10 cajas del supermercado.

- 300 carritos plásticos. Tal y como se explicó, el carrito metálico produce interferencias con la tecnología RFID, reduciendo la fiabilidad.
- Cable UTP. Actualmente, las lectoras de código de barra se encuentran conectadas al sistema a través de conexión serial. Sin embargo, los equipos RFID permiten conexión ETHERNET, la cual permite mayor velocidad de transmisión.

| Producto                                    | Cantidad | Precio Unitario | Precio Total          |
|---------------------------------------------|----------|-----------------|-----------------------|
| Lector <i>RFID Alien ALR-9900+2 antenas</i> | 10       | 6.146,205 Bs.   | 61.462,05 Bs.         |
| Antena <i>Alien ALR-9611-CR</i>             | 20       | 669,596 Bs.     | 13.391,92             |
| Arco de aluminio                            | 10       | 700 Bs.         | 7.000 Bs.             |
| Rollo cable UTP 305 m                       | 1        | 630 Bs.         | 630 Bs.               |
| Carrito plástico                            | 300      | 1.376 Bs.       | 412.800 Bs.           |
|                                             |          | <b>Total</b>    | <b>491.283,97 Bs.</b> |

Tabla 22. Costos para una implementación RFID  
(Fuente Propia)

En principio, dado que se propone utilizar el mismo *Software* de gestión, solo cambiando la lectora de código de barras por una RFID, no resulta necesario un cambio en la estructura de la red ya establecida en el supermercado. Se puede seguir usando la arquitectura actual con el mismo servidor central, switchs, cableado, etc.

En cuanto a las etiquetas, no se consideró el etiquetado de productos por parte del supermercado, sino que este proceso debe ser realizado en fábrica. Por esta razón, el estimado de costos mostrado en la Tabla 23 anterior no presenta el costo de las etiquetas pasivas RFID. Sin embargo, si se quisiera realizar este proceso, se deben tomar en cuenta las consideraciones de etiquetado mostradas en el Apéndice B.

El costo de las etiquetas utilizadas para este proyecto, oscila alrededor de 0,35 Bs. compradas al mayor directamente al fabricante. Esto, incrementaría el costo de los productos en un determinado porcentaje, sobre todo si se considera el doble etiquetado. Sin embargo, el supermercado implementando esta tecnología estaría reduciendo entre otras cosas, los hurtos y personal en las cajas. Estimar la reducción de costos que supone el proyecto resulta complicado, ya que cada supermercado tiene cierto grado de confidencialidad en esta información. Sin embargo, la cadena de supermercado *Plan Suárez* aportó información suficiente para estimar la reducción de costos que supone la implementación del proyecto.

Tomando en cuenta que el beneficio del proyecto, a nivel económico, es la reducción de costos de operación para el supermercado, se realizó una comparación entre el costo que supone la implementación actual de códigos de barra (Opción A), con respecto a la implementación RFID que se propone (Opción B). Para ello, se hizo uso del término financiero Costo Anual Equivalente. Este método es usado para la comparación de opciones de proyectos que suponen un mismo beneficio, consiste en expresar el costo totalitario del proyecto en términos de una cuota anual, tomando como alternativa aceptable aquella que presente un menor costo anual equivalente, el cual se calcula por medio de la ecuación Ec. 7.

$$CAE = VPN \left( \frac{i(1+i)^N}{(1+i)^N - 1} \right) \quad \text{Ec. 7}$$

Donde:

CAE: Costo Anual Equivalente

VPN: Valor Presente Neto

i: Tasa de interés

N: Número de períodos (anual, mensual, semestral, etc.)

A: Anualidad

P: Valor Presente

Los datos conocidos son los siguientes:

- Número de cajeros/as: 24 (a tiempo completo)
- Número de guardias de seguridad (en el área de compra): 20 (a tiempo completo)
- Costo mensual por cajero/a: 3.000 Bs. (Incluye sueldo más beneficios)
- Costo mensual por guardia de seguridad: 3.500 Bs. (Incluye sueldo más beneficios)
- Total anual estimado de clientes: 670.176 clientes
- Promedio de productos por cliente: 30 productos
- Total promedio anual de productos vendidos:  
 $670.176 \text{ clientes} \times 30 \text{ productos} = 20.105.280 \text{ productos}$
- Porcentaje estimado de hurtos: 5%

También es importante conocer el monto aproximado que corresponde a hurtos y subfacturación, ya que la nueva implementación supone una reducción de este problema. La dificultad radica en que esta información no pudo ser consultada debido a motivos de confidencialidad. Sin embargo, se decidió estimar este valor y consultarlo con la administración de *Plan Suárez*, solamente para verificar si se trataba un número razonable, basado en la experiencia que tienen en el área. En consecuencia, el monto anual estimado de hurtos y subfacturación se estableció en 10.000.000 Bs. Sin embargo, para evaluar la factibilidad real del proyecto por parte del supermercado, se procede de la misma manera modificando las variables convenientes para obtener resultados más precisos.

Con estos datos, se calculó el costo anual equivalente para cada opción, tomando como referencia un período de 10 años y una tasa general de interés del 12%.

### **Opción A (Implementación actual de códigos de barra):**

Para esta implementación se suponen los siguientes costos:

- Inversión inicial: 0 Bs.
- Costos totales anuales de los cajeros/as:  
 $3.000\text{Bs.} \times 24\text{cajeros/as} = 72.000\text{Bs.} \times 12\text{meses} = \underline{864.000 \text{ Bs.}}$
- Costos totales anuales del personal de seguridad:  
 $3.500\text{Bs.} \times 20\text{guardias} = 70.000\text{Bs.} \times 12\text{meses} = \underline{840.000 \text{ Bs.}}$
- Costo anual de etiquetado de productos con códigos de barra: 0 Bs.
- Monto anual estimado a hurtos: 10.000.000 Bs.

|                                            |
|--------------------------------------------|
| Costo anual de la opción A: 11.704.000 Bs. |
|--------------------------------------------|

### **Opción B (Implementación propuesta con RFID):**

Esta opción de implementación pretende reducir en gran medida el número de cajeros/as considerados para una facturación manual. En cuanto al personal de seguridad en el área de pago, su labor será evitar que los clientes consuman productos dentro del establecimiento sin haber transitado por la caja, a manera de evitar los conceptos de hurtos. Se estima una reducción de este personal en un 40%.

El etiquetado de productos es un tema que se debe considerar para el estimado de costos, pues cada etiqueta tiene un costo de 0,35Bs. Si se considera colocar 2 etiquetas RFID en cada producto, y que los productos vendidos anualmente son 20.100.000 aproximadamente; se puede estimar el costo anual por etiquetado. Sin embargo, consultando la propuesta con el personal de mercadeo del supermercado, se concluyó que como la implementación supone un beneficio compartido entre los clientes, quienes tendrán una mejor experiencia de compra requiriendo menos tiempo en las cajas, y el supermercado en cuanto a reducción de costos operativos, se puede



compartir también el costo del etiquetado. En un principio, se estimó que un 50% sea aportado por el cliente y el 50% restante por el supermercado. Aún así, este es un tema que requiere de un estudio mucho más profundo por parte de los fabricantes y los supermercados.

En este sentido, para esta implementación se suponen los siguientes costos:

- Inversión inicial: 491.283,97 Bs.
- Costos totales anuales de los cajeros/as:  
 $3.000 \text{ Bs.} \times 2 = 6.000 \text{ Bs.} \times 12 = \underline{72.000 \text{ Bs.}}$
- Costos totales anuales del personal de seguridad:  
 $3.500 \text{ Bs.} \times 12 = 42.000 \text{ Bs.} \times 12 = \underline{504.000 \text{ Bs.}}$
- Costo anual de etiquetado de productos con etiquetas RFID:  
 $20.105.280 \text{ productos} \times 0,35 \text{ Bs.} \times 2 \text{ etiquetas} / 2 = \underline{7.036.848 \text{ Bs.}}$
- Monto anual estimado por hurtos: 1.000.000 Bs.

|                                              |
|----------------------------------------------|
| Costo anual de la opción B: 8.671.802,15 Bs. |
|----------------------------------------------|

Comparando los costos anuales equivalente de cada una de las opciones, se puede observar que la propuesta de implementar RFID en el proceso de contabilización de productos en el supermercado tiene un costo menor. Sin embargo, se debe tomar en cuenta que todos estos estimados de costos son referenciales, aunque, están aproximados a los costos que maneja un supermercado como *Plan Suárez*. La premisa fundamental es establecer la factibilidad económica del proyecto y colocar las bases para que cada supermercado pueda estimar la factibilidad de la solución.

## Capítulo V

### Conclusiones y Recomendaciones

#### V.1 Conclusiones

Según las encuestas realizadas a los clientes de supermercados, se pudo constatar que el proceso para la contabilización y gestión de pago en las cadenas, *Plan Suárez* y *Excelsior Gama*, consumen un tiempo considerable, generando retrasos innecesarios tanto al establecimiento como a otros clientes en cola. Dichos procesos, requieren de personas en el área de pago que facturen individualmente los productos que selecciona el cliente, por una lectora de códigos de barras. Adicionalmente, se trata de un proceso vulnerable a los hurtos y a la subfacturación por parte de los clientes, quienes, en algunos casos, organizan complicidad con el mismo personal del establecimiento. Por este motivo, la tecnología RFID resulta una buena solución a este problema, teniendo el potencial de eliminar esta intervención humana, haciendo el proceso más eficiente.

El diseño final del sistema RFID, constituido por un lector ALIEN 9900 que opera en la banda UHF, y cuatro antenas colocadas individualmente en cada arista del arco lector; conforma una solución óptima para la contabilización de artículos contenidos en un carrito de supermercado, conservando las medidas métricas de las zonas de pago, sin embargo se enfatiza, que cada uno de los arcos lectores debe tener una separación mínima de 5 metros, para evitar interferencias de cajas adyacentes, quedando confinada la zona de pago del cliente a un área circular con radio de 2,5 metros. De esta manera, el proceso regular para la realización de compras por parte del cliente es el siguiente: el usuario, una vez haya elegido todos sus productos, se dirigirá a la caja de su preferencia y se desplazará junto con su carrito, por dentro del arco lector; en este lugar, en menos de 10 segundos, todos los artículos serán contabilizados de manera automática, transmitiendo toda la información al *Software*

de administración y gestión empresarial, el cual emitirá la factura legal con el monto total a cancelar.

Tomando en cuenta los bajos costos que tienen hoy en día las etiquetas pasivas RFID, y con base en las pruebas realizadas sobre el doble etiquetado, donde se observó una mejora notable en cuanto a la eficiencia de lectura, se concluyó, que cada producto debe etiquetarse al menos 2 o 3 veces para aumentar así, las probabilidades de que cada artículo sea leído por el sistema. Si bien es cierto, que las etiquetas resultan económicas, también suponen un costo adicional para el producto en comparación con el sistema de códigos de barras, sin embargo hay que tomar en cuenta la reducción de costos en cuanto a salarios, gastos operacionales y administrativos se refiere.

Basándose en los estudios de etiquetado, se concluyó que cada producto puede tener comportamientos distintos, dependiendo de sus características. Adicionalmente, se recalca que el proceso de etiquetado, se trata de una actividad que resultaría engorrosa para el supermercado, dado el volumen de productos que manejan. En este sentido, se consideró, que este proceso debe venir de fábrica, ya que son ellos, quienes conocen el diseño y comportamiento de cada uno de sus productos. De igual manera, dejar esta labor al supermercado, supondría un etiquetado en la superficie de cada producto, siendo vulnerable a cualquier alteración por parte del cliente de manera relativamente sencilla, por lo tanto, en fábrica, se tendría la posibilidad de etiquetar cada producto en su interior, lo cual daría mayor grado de seguridad y estética.

Respecto a las adaptaciones del sistema RFID, con el de pago dispuesto en el local, se estableció que, el sistema de información *SAP*, el cual forma parte del conjunto de herramientas tecnológicas del supermercado, puede ser fácilmente adaptado a esta nueva tecnología sin realizar muchas modificaciones del sistema principal, debido a la arquitectura similar que manejan los 2 sistemas de auto identificación (Códigos de Barras y RFID). Se estableció la analogía entre los códigos

UPC y EPC, para de esta manera sintetizar la codificación individual de cada producto, sin que repercuta notablemente en la migración del sistema.

En el aspecto económico, se logró determinar, mediante análisis de costos, que la opción de implementar la tecnología RFID en el supermercado *Plan Suárez* para sustituir al sistema de código de barras, resulta conveniente, ya que reduce significativamente los gastos generados por pago de nómina de empleados, aumentando así los ingresos netos del local, tomando como referencia un tiempo de vida útil del sistema de 10 años.

En las pruebas realizadas, usando etiquetas en la banda de frecuencia UHF, se logró un alto porcentaje en la lectura de productos, sin embargo no se alcanzó el 100% de artículos leídos. Mientras mayor sea el porcentaje de lectura, mejor será la eficiencia del sistema; logrando de esta manera una lectura completa de los artículos del cliente, aún así éste haya seleccionado más de 50 productos.

Finalmente, el diseño logrado en este proyecto debe implementarse en cajas de pago con clientes que tengan menos de 18 artículos, ya que fue con esta cantidad, que se garantizó la lectura total de todos los productos sin que ocurriera algún tipo de inconveniente.

## **V.2 Recomendaciones**

Tomando como referencia la investigación teórica realizada, y para una mayor optimización del proceso de pago, se sugiere, adquirir o implementar equipos RFID que operen en la banda HF, debido a la reducción de distancia de lectura, evitando así posibles interferencias con cajas de pago adyacentes, y por ser menos susceptibles a la atenuación producida por líquidos.

En los lugares particulares en donde los clientes seleccionan víveres de su preferencia, tales como: frutas, hortalizas, legumbres, vegetales, entre otros, se propone seguir el mismo proceso de etiquetado que se implementa en la actualidad, mediante una persona encargada para este propósito, en síntesis el proceso consiste en: envolver, pesar y etiquetar; aunque en este caso utilizando etiquetas RFID con su codificación respectiva.

En caso de una implementación final, se debe hacer uso de carritos plásticos, para evitar el fenómeno de reflexión, que surge debido al acoplamiento de las etiquetas RFID con los metales. Esto sin duda alguna mejoraría el porcentaje de lectura de productos, tal como se demostró en la prueba con la cesta plástica.

Para futuras investigaciones, se recomienda el uso de distintos tipos de etiquetas según la clasificación de características de los productos, buscando la optimización del proceso.

## Bibliografía

1. AETIC. (2009) *La Tecnología RFID: Usos y oportunidades*. Disponible: [http://www.ametic.es/CLI\\_AETIC/ftpportalweb/documentos/RFIDCOMPLETO.pdf](http://www.ametic.es/CLI_AETIC/ftpportalweb/documentos/RFIDCOMPLETO.pdf). (Consultado en: Febrero 2012)
2. ALIEN Technology. (2012). Disponible: <http://www.alientechnology.com>. (Consultado en: Diciembre 2011)
3. Casanovas, E & Ciudad, J. (2007) *Estudio, Diseño y Simulación de un Sistema de RFID Basado en Epc*. Disponible: <http://upcommons.upc.edu/pfc/handle/2099.1/3552>. (Consultado en: Enero 2012)
4. Cheng, D. (2006) *Fundamentos de electromagnetismo para ingeniería*. Editorial Addison Wesley. Primera reimpresión.
5. Comisión Nacional De Telecomunicaciones CONATEL. (2012). Disponible: <http://www.conatel.gob.ve>. (Consultado en: Diciembre 2011)
6. Forouzan, B. (2008) *Transmisión de Datos y Redes de Comunicaciones*. Editorial McGraw Hill. Segunda Edición.
7. García, V. (2006). *Estudio de la Identificación por Radiofrecuencia (RFID) Y Desarrollo de Software Relacionado con el Control de la Cadena de Suministro*.
8. Glover, B & Bhatt, H, (2006) *RFID Essentials (Theory in Practice)*. Editorial O'Reilly, Primera Edición.
9. J. Sweeney, P, (2005). *RFID for Dummies*. Editorial For Dummies. Primera Edición.
10. RFID Journal. (2012). Disponible: <http://www.rfidjournal.com>. (Consultado en: Diciembre 2011)
11. S/A. *Códigos de Barras y RFID*. (2008). Disponible: <http://www.idautomatica.com/informacion-tecnica/codigo-de-barras.php> (Consultado en: Enero 2012).
12. Tomasi, W. (2009) *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas*. Editorial Pearson Addison Wesley. Cuarta Edición.

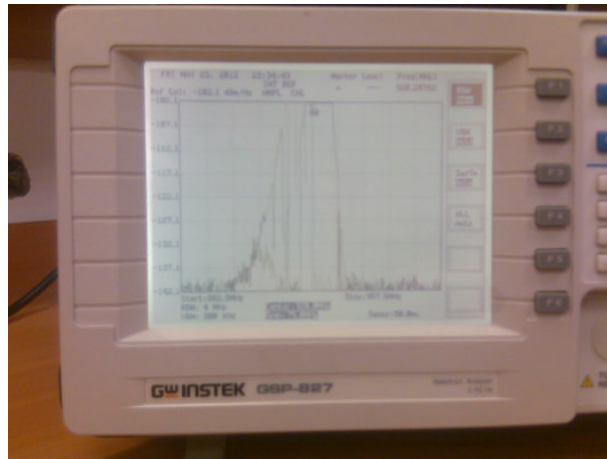
## Apéndice A

### Aspectos físicos y técnicos obtenidos de las visitas al supermercado

De las visitas previas al supermercado *Plan Suárez*, se recopiló información que sirvió para estimar en un inicio la factibilidad potencial del proyecto. Durante esta etapa se obtuvieron los siguientes datos:

#### 1. Aspectos físicos y técnicos:

- Dimensiones del área de pago:
  - Largo: 50 metros
  - Ancho: 3 metros
- Tipo de suelo: Suelo liso de cerámica resistente.
- Temperatura: Entre 24 y 28°C.
- Ruido eléctrico: No se detectó
- Interferencias con otros sistemas: interferencia con equipos de tecnología GSM. El sistema RFID implementado en este proyecto trabaja entre frecuencias de 860 y 960MHz, mientras que GSM trabaja entre los 890 a 915 MHz en canal ascendente y los 935 a 960 MHz en canal descendente. En una prueba práctica de laboratorio se comprobó mediante un analizador de espectro dicha interferencia.



Colocando simultáneamente ambos sistemas en funcionamiento, ninguno de los dos resultó ser afectado por el otro debido a que la frecuencia en la que opera el lector es 916 MHz. Por tal motivo, se descarta una posible interferencia.

- Tomas de corriente: Cada caja dispone de 4 tomas de corriente.
- Sistema de Alimentación Ininterrumpida: Todas la tomas de corriente se encuentran protegidas con un sistema UPS el cual regula las tensiones picos y además proporciona energía por 2 horas en caso de apagones.
- Número de cajas de pago: 29 cajas

## 2. Gestión de pago:

- Tiempos de facturación en las cajas de pago: Los tiempos estimados dependen de muchos factores, pudiendo ser uno de estos la cantidad de productos que esté cargando el cliente en su carrito, la forma de pago, afluencia de compradores en el supermercado los cuales varían dependiendo de la hora del día, número de cajas habilitadas, entre otros factores. También influyen en los tiempos de facturación, la calidad y estado de la lectora de códigos de barra, la



habilidad de la cajera para la contabilización de productos, etc. Para ello, se realizó una tabla general que resume el estudio realizado estimando el tiempo promedio que consume un cliente desde el momento en que comienza a realizar la cola en la caja del supermercado hasta que paga por su compra.

De lunes a viernes:

| Hora            | Cajas habilitadas | Tiempo promedio por cliente en la cola | Tiempo promedio en la caja | Total      |
|-----------------|-------------------|----------------------------------------|----------------------------|------------|
| De 7:30am a 9am | 8                 | 5 minutos                              | 8 minutos                  | 13 minutos |
| De 9am a 1pm    | 15                | 8 minutos                              | 8 minutos                  | 16 minutos |
| De 1pm a 4pm    | 15                | 4 minutos                              | 7 minutos                  | 11 minutos |
| De 4pm a 8pm    | 24                | 9 minutos                              | 8 minutos                  | 17 minutos |

Estos promedios se obtuvieron con base en 30 clientes en cada uno de los cuatro horarios presentados.

Sábados y Domingos:

| Hora            | Cajas habilitadas | Tiempo promedio por cliente en la cola | Tiempo promedio en la caja | Total      |
|-----------------|-------------------|----------------------------------------|----------------------------|------------|
| De 7:30am a 8pm | 27                | 14 minutos                             | 8 minutos                  | 22 minutos |

Estos promedios fueron obtenidos con base en 50 clientes a lo largo del día en horarios diferentes.

Los tiempos que aplican para esta sección son referidos solamente a *Plan Suárez* La Urbina. Sin embargo, estos datos pudieran variar

considerablemente en otros supermercados, dependiendo de su ubicación, si se trata de quincena o fin de mes, etc.

El supermercado en sí dispone de 29 cajas que se pudieran tener habilitadas en su totalidad durante la jornada laboral para reducir así el tiempo promedio por cliente en la cola, manteniendo constante el tiempo promedio en la caja. El problema de esto radica en que, habilitar más cajas con la tecnología actual de lectura de códigos de barra supone la presencia de más empleados, específicamente cajeros/as, lo cual supone un gasto considerable.

- Software de facturación e inventario: *Plan Suarez*, utiliza el *Software* de gestión y administración empresarial *SAP*, específicamente la versión *SAP FrontEnd* versión 7100.4.14.3136.
- Proceso de codificación de los artículos: Cada vez que un proveedor vende un determinado producto al supermercado, este debe ser codificado. Codificar un producto en este ámbito se refiere a almacenar en la base de datos del *Software* de gestión, en este caso *SAP*, el código de barra del producto de modo que cuando este se mueva por la lectora en la caja, sea reconocido. De esta labor se encargan los gerentes de compras del supermercado en cada departamento (ferretería, charcutería, bazar, frutería, carnicería, etc.) por asuntos de seguridad. Para ello, el gerente, primero crea el producto en el *Software*, dando la descripción del mismo con datos del proveedor, fecha de compra, cantidad en existencia, departamento al que pertenece, entre otros. Luego, el sistema permite el ingreso del código con el que se va a reconocer el producto al ser transportado por la lectora de códigos de barra. Adicionalmente, el *Software* permite la asociación hasta de 6 códigos, estimando que el producto tenga variantes en su presentación pero que siga teniendo la misma codificación, por tal motivo no será necesario crear un producto nuevo.

- Encuestas: La elaboración de encuestas consistió de 5 preguntas sencillas para determinar los principales inconvenientes que tienen los clientes con respecto al proceso de pago. Seguidamente, con los resultados de las encuestas se pretende conocer a manera de sondeo, la recurrencia de visita del cliente al supermercado, para poder establecer a qué tipo de clientela le conviene más el desarrollo del proyecto. Cabe destacar que las encuestas fueron aplicadas a un total de 40 usuarios del establecimiento *Plan Suárez* La Urbina. A continuación se presenta el formato de encuesta aplicada:

ENCUESTA PARA EL ESTUDIO DE LA APLICACIÓN DE UN NUEVO SISTEMA DE PAGO EN  
SUPERMERCADOS

1. ¿Cada cuánto tiempo usted realiza sus compras en el supermercado?

Semanalmente \_\_\_\_ Quincenalmente \_\_\_\_ Mensualmente \_\_\_\_ Otra \_\_\_\_

2. ¿Qué día de la semana suele realizar sus compras?

Entre semana (Lunes-Jueves) \_\_\_\_ Viernes \_\_\_\_ Fines de semana \_\_\_\_

3. ¿En qué momento del día suele realizar sus compras?

Mañana \_\_\_\_ Tarde \_\_\_\_ Noche \_\_\_\_ Especifique su hora aprox. \_\_\_\_

4. ¿Cree usted que el proceso de pago en las cajas es rápido?

Si \_\_\_\_ No \_\_\_\_ ¿Por qué? \_\_\_\_

5. ¿Estaría usted de acuerdo con la implementación de un sistema que permita reducir las colas y agilizar el proceso de pago?

Si \_\_\_\_ No \_\_\_\_

6. ¿Qué otro aspecto considera que se pudiera mejorar en el establecimiento?

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

➤ Resultados de encuestas: Los resultados de las encuestas aplicadas fueron las siguientes:

| 1. ¿Cada cuánto tiempo usted realiza sus compras en el supermercado? |                   |            |
|----------------------------------------------------------------------|-------------------|------------|
| Opciones                                                             | Cantidad Personas | Porcentaje |
| Semanalmente                                                         | 16                | 40%        |
| Quincenalmente                                                       | 20                | 50%        |
| Mensualmente                                                         | 3                 | 7%         |
| Otra                                                                 | 1                 | 3%         |

| 2. ¿Qué día de la semana suele realizar sus compras? |                   |            |
|------------------------------------------------------|-------------------|------------|
| Opciones                                             | Cantidad Personas | Porcentaje |
| Entre semana                                         | 8                 | 20%        |
| Viernes                                              | 13                | 32%        |
| Fines de semana                                      | 19                | 48%        |

| 3. ¿En qué momento del día suele realizar sus compras? |                   |            |
|--------------------------------------------------------|-------------------|------------|
| Opciones                                               | Cantidad Personas | Porcentaje |
| Mañana                                                 | 6                 | 15%        |
| Tarde                                                  | 23                | 57%        |
| Noche                                                  | 11                | 28%        |

| 4. ¿Cree usted que el proceso de pago en las cajas es rápido? |                   |            |
|---------------------------------------------------------------|-------------------|------------|
| Opciones                                                      | Cantidad Personas | Porcentaje |
| Si                                                            | 6                 | 15%        |
| No                                                            | 34                | 85%        |

| 5. ¿Estaría usted de acuerdo con la implementación de un sistema que permita reducir las colas y agilizar el proceso de pago? |                   |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|------------|
| Opciones                                                                                                                      | Cantidad Personas | Porcentaje |
| Si                                                                                                                            | 35                | 87%        |
| No                                                                                                                            | 5                 | 13%        |

De acuerdo con los resultados obtenidos, estos indican que los clientes prefieren realizar sus compras en horas de la tarde, los fines de semana y con regularidad de quince días, tal y como lo indican las preguntas 1, 2 y 3. Se presume que son estos momentos en los que las personas acuden en mayoría a realizar sus compras en el supermercado. Asimismo la pregunta 4, en la cual incide la mayor importancia de la encuesta, queda en evidencia que a la mayoría de clientes les resulta lento el proceso de pago en caja, punto que, en correspondencia con la pregunta 5, justifica apropiadamente la implementación del sistema.

## **Apéndice B**

### **Proceso de etiquetado de cada producto**

Respecto al etiquetado de productos, el cual resulta un proceso sumamente delicado debido a que cada uno de estos puede llegar a tener un comportamiento distinto dependiendo del tipo de material. El proceso descrito en esta sección no pretende ser considerado como una opción única para el etiquetado de productos, ya que intervienen numerosos factores correspondientes a la naturaleza de cada producto. En todo caso se usa en la medida posible, datos reales aproximados, producto de las pruebas llevadas a cabo durante el desarrollo del proyecto. A continuación se presenta la manera general en que fueron etiquetados los productos utilizados para las pruebas, clasificándolos según su composición, con el fin de agrupar aquellos productos que presenten dificultades similares para su etiquetado:

➤ Productos no problemáticos:

Son aquellos productos que no presentan problemas sobre el lugar de colocación de la etiqueta RFID. La única consideración a tomar en cuenta es colocarla en un lugar donde no sea fácilmente removible ni afecte la estética del producto. Para efectos del proyecto, la etiqueta fue colocada en un lugar visible y poco estético solamente para demostrar de manera ilustrada un proceso de etiquetado sencillo, sin embargo, en un proceso de producción esto debe corregirse de manera de colocar las etiquetas en el interior de los empaques.

| Harina                                                                              | Caraotas                                                                             | Arroz                                                                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|    |    |    |
| Cereal                                                                              | Pasta                                                                                | Pañales                                                                               |
|   |   |   |
| Detergente                                                                          | Papel Higiénico                                                                      | Pan Sándwich                                                                          |
|  |  |  |

| Pasta Dental                                                                       | Mantequilla                                                                        | Jabón de tocador                                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|   |   |   |
| Galletas                                                                           | Desodorante                                                                        | Talco                                                                               |
|  |  |  |

Estos productos no presentaron ningún inconveniente en su etiquetado ya que el material por el que está compuesto su envoltorio (cartón, plástico, papel, entre otros similares) no afecta las señales de radiofrecuencia.

➤ Productos con contenido líquido:

A este tipo de productos no se les pueden colocar la etiqueta RFID en cualquier lugar, ya que su contenido líquido va a generar absorción en la señal que transmite la etiqueta al lector, haciendo que esta no llegue a su destino. En este sentido, se analizan varios casos que se presentaron al momento de realizar las pruebas y la manera en que se solventó el problema. Al igual que en el caso de los productos no problemáticos, no se consideró la colocación



estética de las etiquetas, sino más bien en un lugar visible para efectos del proyecto.

| Agua Mineral                                                                       | Malta botella plástica                                                              | Gatorade                                                                             |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|   |    |   |
| Salsa BBQ                                                                          | Aceite Vegetal                                                                      | Limpiador                                                                            |
|  |  |  |

| Syrup                                                                              | Salsa de soya                                                                      | Enjuague Bucal                                                                       |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|   |   |   |
| Jugo de cartón                                                                     | Antigrasa                                                                          | Onoto                                                                                |
|  |  |  |

Productos como el agua mineral, la malta envasada en botella plástica, el aceite, el limpiador; si bien su envoltorio no afecta al comportamiento de la etiqueta, su contenido sí. La onda de radiofrecuencia atraviesa fácilmente el envoltorio, y es absorbida por el líquido interior. Sin embargo, este tipo de productos por lo general tienen una tapa plástica de un grosor considerable la cual resulta ser un buen aislante entre el líquido y la etiqueta. Dada la flexibilidad que tiene el tipo de etiquetas empleadas para el proyecto, las mismas pueden ser colocadas fácilmente en esta parte del producto. El único inconveniente es que sólo se pueden etiquetar una sola vez.

En otro aspecto, existen otros productos como el caso del champú, que dada su composición química, necesitan de un envase hecho de un plástico resistente para evitar deformaciones. Este tipo de productos, al igual que los baños de crema, cremas corporales, acondicionadores, entre otros de la misma gama, pueden ser etiquetados en cualquier lugar ya que el envase reduce de gran manera la absorción que pueda producir el líquido. También se encontró este mismo comportamiento en productos como la mostaza y algunas otras salsas.

| Champú                                                                             | Baño de crema                                                                       | Mostaza                                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |  |

También, existe un grupo de productos que resultan más delicados en este contexto, tal es el caso del algunas marcas de salsas de tomate, mermeladas, malta en envase de vidrio, entre otros, los cuales tienen contenido líquido en su interior, y su envase no es lo suficientemente aislante como para colocar la etiqueta. Adicionalmente, dichos productos presentan una tapa metálica, por lo que se descarta de un todo la colocación de una etiqueta RFID en este lugar. Para este tipo de productos, se decidió utilizar una etiqueta preparada y colocada de la siguiente manera:



| Salsa de Tomate                                                                    | Malta botella                                                                      | Mermelada                                                                            |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |  |

En simplicidad, se colocó la etiqueta sobre una lámina de material PVC, actuando como separador, y a esta se le colocó un cordón de nylon para atarla producto, de modo que la etiqueta quede colgando sin hacer contacto directo. Para un entorno de producción, se podría hacer un diseño mucho más estético. Sin embargo, la premisa del cordón de nylon es sugerir un elemento que no se pueda romper fácilmente con la mano.

Otra clase de producto con contenido líquido que también requiere especial atención son los embutidos, tal es el caso de las salchichas, salchichón, chorizo, jamón, entre otros del mismo tipo. Dichos productos presentan problemas en su etiquetado ya que están compuestos principalmente

de agua. Algunos, pueden estar compuestos con un 70% de agua. El etiquetado puede llegar a ser bastante relativo dada la cantidad de presentaciones en que vienen estos productos. Sin embargo, debe encontrarse un lugar como un borde plástico del empaque u otro lugar donde la etiqueta RFID no quede colocada directamente sobre el embutido. En algunos casos se puede considerar el etiquetado especificado en la siguiente imagen.



En el caso de los licores y en la mayoría de los casos, se encontró con envases de vidrio, que no resultan ser suficientes para actuar como aislante, y además poseen también una tapa metálica. Para este etiquetado se sugiere el procedimiento mostrado en la figura siguiente.



| Whiskey                                                                            | Vino                                                                              | Anís                                                                                |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|   |  |  |
| Ron                                                                                |                                                                                   |                                                                                     |
|  |                                                                                   |                                                                                     |

➤ Productos de material metálico:

El problema de estos productos es su envoltorio metálico u aluminizado, como ocurre en los enlatados. No se puede simplemente colocar la etiqueta sobre ellos, por lo que se sugiere el etiquetado de la figura posterior. Otros productos como: café, chucherías entre otros, es aconsejable que en su fabricación, se tomase en cuenta otro tipo de envoltorio, como puede ser el plástico. Sin embargo, este es un asunto que debe evaluar el

fabricante y en caso de no poderse, se sugiere de igual manera el siguiente etiquetado.

| Tomates enlatados                                                                 | Lata de refresco                                                                   | Lata de Atún                                                                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |  |

Por último, cabe acotar que las agrupaciones de productos aquí descritas se limitan solo al estudio realizado en el presente trabajo dejando en futuras investigaciones la escogencia de etiquetado a libre albedrío. Muchos productos considerados fuera de los grupos mencionados, pueden venir en diversas presentaciones que modifiquen las características de propagación de señales de RF. En síntesis cada producto puede comportarse de manera diferente ante esta tecnología, y por ello, sea el fabricante o el supermercado quien se encargue del etiquetado, deben realizar un análisis cuidadoso de manera de optimizar este proceso. Este punto, resulta ser el problema más crítico en la implementación de la tecnología RFID en las cadenas de supermercados.

## Apéndice C

### Tablas de lectura

#### 1. Selección de la distribución de antenas

Los resultados de las pruebas de lectura para la selección de la distribución de antenas más eficiente se presentan a continuación. Se presenta para cada prueba, de manera detallada aquellos productos que fueron leídos y los que no tomando en cuenta el grupo seleccionado de 18 productos:

Distribución Nro. 1

| Producto                        | Lectura |
|---------------------------------|---------|
| Café                            | ✓       |
| Harina                          | ✓       |
| Arroz                           | ✓       |
| Pasta                           | ✓       |
| Aceite vegetal botella plástica | X       |
| Agua botella plástica           | X       |
| Champú                          | ✓       |
| Jabón                           | ✓       |
| Mayonesa frasco de vidrio       | X       |
| Caraotas                        | ✓       |
| Cereal                          | ✓       |
| Mantequilla                     | X       |
| Pan de Sándwich                 | ✓       |
| Pañales                         | ✓       |
| Jugo de cartón                  | X       |
| Detergente                      | X       |
| Galletas                        | ✓       |
| Malta botella plástica          | ✓       |
| Porcentaje de lectura           | 66,66 % |

Distribución Nro. 2

| Producto                        | Lectura |
|---------------------------------|---------|
| Café                            | ✓       |
| Harina                          | ✓       |
| Arroz                           | ✓       |
| Pasta                           | ✓       |
| Aceite vegetal botella plástica | ✓       |
| Agua botella plástica           | X       |
| Champú                          | ✓       |
| Jabón                           | ✓       |
| Mayonesa frasco de vidrio       | X       |
| Caraotas                        | ✓       |
| Cereal                          | ✓       |
| Mantequilla                     | X       |
| Pan de Sándwich                 | ✓       |
| Pañales                         | ✓       |
| Jugo de cartón                  | X       |
| Detergente                      | X       |
| Galletas                        | ✓       |
| Malta botella plástica          | X       |
| Porcentaje de lectura           | 66,66 % |



Distribución Nro. 3

| Producto                        | Lectura |
|---------------------------------|---------|
| Café                            | ✓       |
| Harina                          | ✓       |
| Arroz                           | ✓       |
| Pasta                           | ✓       |
| Aceite vegetal botella plástica | ✓       |
| Agua botella plástica           | X       |
| Champú                          | ✓       |
| Jabón                           | ✓       |
| Mayonesa frasco de vidrio       | X       |
| Caraotas                        | ✓       |
| Cereal                          | ✓       |
| Mantequilla                     | ✓       |
| Pan de Sándwich                 | ✓       |
| Pañales                         | ✓       |
| Jugo de cartón                  | ✓       |
| Detergente                      | ✓       |
| Galletas                        | ✓       |
| Malta botella plástica          | ✓       |
| Porcentaje de lectura           | 88,89 % |

Distribución Nro. 4

| Producto                        | Lectura |
|---------------------------------|---------|
| Café                            | ✓       |
| Harina                          | ✓       |
| Arroz                           | ✓       |
| Pasta                           | ✓       |
| Aceite vegetal botella plástica | ✓       |
| Agua botella plástica           | ✓       |
| Champú                          | ✓       |
| Jabón                           | ✓       |
| Mayonesa frasco de vidrio       | X       |
| Caraotas                        | ✓       |
| Cereal                          | ✓       |
| Mantequilla                     | X       |
| Pan de Sándwich                 | ✓       |
| Pañales                         | ✓       |
| Jugo de cartón                  | X       |
| Detergente                      | X       |
| Galletas                        | ✓       |
| Malta botella plástica          | X       |
| Porcentaje de lectura           | 72,22 % |

Distribución Nro. 5

| Producto                        | Lectura |
|---------------------------------|---------|
| Café                            | ✓       |
| Harina                          | ✓       |
| Arroz                           | ✓       |
| Pasta                           | ✓       |
| Aceite vegetal botella plástica | X       |
| Agua botella plástica           | ✓       |
| Champú                          | ✓       |
| Jabón                           | ✓       |
| Mayonesa frasco de vidrio       | ✓       |
| Caraotas                        | ✓       |
| Cereal                          | ✓       |
| Mantequilla                     | ✓       |
| Pan de Sándwich                 | ✓       |
| Pañales                         | ✓       |
| Jugo de cartón                  | ✓       |
| Detergente                      | ✓       |
| Galletas                        | ✓       |
| Malta botella plástica          | ✓       |
| Porcentaje de lectura           | 94,44 % |

Distribución Nro. 6

| Producto                        | Lectura |
|---------------------------------|---------|
| Café                            | ✓       |
| Harina                          | ✓       |
| Arroz                           | ✓       |
| Pasta                           | ✓       |
| Aceite vegetal botella plástica | ✓       |
| Agua botella plástica           | ✓       |
| Champú                          | ✓       |
| Jabón                           | ✓       |
| Mayonesa frasco de vidrio       | ✓       |
| Caraotas                        | ✓       |
| Cereal                          | ✓       |
| Mantequilla                     | X       |
| Pan de Sándwich                 | ✓       |
| Pañales                         | ✓       |
| Jugo de cartón                  | ✓       |
| Detergente                      | ✓       |
| Galletas                        | ✓       |
| Malta botella plástica          | ✓       |
| Porcentaje de lectura           | 94,44 % |

Distribución Nro. 7

| Producto                        | Lectura        |
|---------------------------------|----------------|
| Café                            | ✓              |
| Harina                          | ✓              |
| Arroz                           | ✓              |
| Pasta                           | ✓              |
| Aceite vegetal botella plástica | ✓              |
| Agua botella plástica           | X              |
| Champú                          | ✓              |
| Jabón                           | ✓              |
| Mayonesa frasco de vidrio       | X              |
| Caraotas                        | ✓              |
| Cereal                          | ✓              |
| Mantequilla                     | ✓              |
| Pan de Sándwich                 | ✓              |
| Pañales                         | ✓              |
| Jugo de cartón                  | ✓              |
| Detergente                      | ✓              |
| Galletas                        | ✓              |
| Malta botella plástica          | ✓              |
| <b>Porcentaje de lectura</b>    | <b>88,89 %</b> |

Distribución Nro. 8

| Producto                        | Lectura      |
|---------------------------------|--------------|
| Café                            | ✓            |
| Harina                          | ✓            |
| Arroz                           | ✓            |
| Pasta                           | ✓            |
| Aceite vegetal botella plástica | ✓            |
| Agua botella plástica           | ✓            |
| Champú                          | ✓            |
| Jabón                           | ✓            |
| Mayonesa frasco de vidrio       | ✓            |
| Caraotas                        | ✓            |
| Cereal                          | ✓            |
| Mantequilla                     | ✓            |
| Pan de Sándwich                 | ✓            |
| Pañales                         | ✓            |
| Jugo de cartón                  | ✓            |
| Detergente                      | ✓            |
| Galletas                        | ✓            |
| Malta botella plástica          | ✓            |
| <b>Porcentaje de lectura</b>    | <b>100 %</b> |

De los resultados obtenidos se selecciona la distribución de antenas N° 8 para la implementación en el proyecto.

## 2. Pruebas de lectura con 1 tag RFID

Selección de 18 productos:

| Producto/prueba                    | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | %   |
|------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| Café                               |    |    | x  |    |    |    | x  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | x  |    |    |    |    |    |    |    |    | 90  |
| Harina                             |    | x  | x  |    |    |    |    |    |    |    |    | x  |    | x  |    |    |    |    | x  |    |    |    |    |    |    |    | x  |    | x  |    | 76  |
| Arroz                              | x  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | x  |    | x  |    |    | 90  |
| Pasta                              |    |    |    |    |    |    |    |    | x  |    |    | x  |    |    | x  |    |    |    |    |    |    |    |    | x  | x  |    |    |    |    | x  | 80  |
| Aceite vegetal<br>botella plástica |    |    |    | x  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | x  |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 93  |
| Agua botella<br>plástica           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 100 |
| Champú                             |    | x  |    |    | x  |    |    |    |    |    |    |    | x  |    |    | x  |    |    |    |    |    |    | x  | x  |    |    |    | x  |    |    | 76  |
| Jabón de tocador                   | x  |    | x  |    |    |    |    | x  |    |    |    |    |    | x  |    |    | x  |    | x  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | x  | 76  |
| Mayonesa frasco<br>de vidrio       |    |    |    |    |    |    | x  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 96  |
| Caraotas                           | x  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | x  |    |    | x  | x  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 86  |
| Cereal                             |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | x  |    |    |    |    |    |    |    |    | 96  |
| Mantequilla                        |    |    |    |    |    | x  |    |    | x  |    | x  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | x  |    |    |    |    | x  | x  |    | 76  |
| Pan de Sándwich                    |    |    |    |    | x  |    |    |    |    | x  | x  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | x  |    |    |    |    |    | 83  |
| Pañales                            |    |    |    |    |    |    | x  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | x  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 93  |
| Jugo de cartón                     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 100 |
| Detergente                         |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | x  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 96  |
| Galletas                           |    |    |    | x  |    |    |    | x  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | x  | x  |    |    |    |    |    |    | x  |    |    | x  | 80  |
| Malta botella<br>plástica          |    |    |    |    | x  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | x  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 93  |
| % lectura por<br>prueba            | 83 | 89 | 83 | 89 | 83 | 94 | 83 | 88 | 88 | 94 | 89 | 89 | 94 | 83 | 94 | 94 | 83 | 94 | 77 | 89 | 94 | 89 | 89 | 89 | 89 | 94 | 83 | 89 | 89 | 83 |     |

Eficiencia de lectura: 88,26%

Diseño de un Sistema de Identificación por Radiofrecuencia (RFID)  
para el control de pago en cadenas de supermercados

Selección de 30 productos:

| Producto/prueba                  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | %  |
|----------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Café                             | x |   |   |   |   |   |   |   | x |    | x  |    |    |    |    |    |    |    |    |    | x  |    |    |    |    | x  |    |    | x  | x  | 76 |
| Harina                           |   | x |   |   |   |   |   | x |   |    |    |    |    | x  |    | x  | x  |    |    | x  |    |    |    |    |    |    |    | x  |    |    | 76 |
| Arroz                            |   |   |   |   |   |   | x |   |   |    |    |    | x  |    |    |    |    |    | x  |    | x  |    |    |    |    |    |    |    |    | x  | 83 |
| Pasta                            |   |   |   | x |   | x |   |   |   |    |    |    |    |    | x  |    |    | x  |    |    |    |    |    | x  |    |    | x  |    |    |    | 80 |
| Agua botella plástica            |   |   |   |   | x |   | x |   |   |    |    |    |    |    | x  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 90 |
| Champú                           |   |   | x |   |   |   | x |   |   |    |    |    | x  |    |    |    |    |    |    |    | x  | x  |    | x  |    | x  |    |    |    |    | 76 |
| Jabón de tocador                 | x |   |   |   | x |   |   |   |   | x  |    | x  |    |    |    |    | x  |    |    |    |    |    | x  |    | x  |    |    |    | x  |    | 73 |
| Mayonesa frasco de vidrio        |   | x |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    | x  |    | x  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | x  | 86 |
| Caraotas                         |   |   |   | x |   |   | x |   |   |    |    |    |    |    | x  |    |    | x  |    |    |    |    |    |    |    |    |    | x  |    |    | 83 |
| Cereal                           | x |   |   |   |   |   |   | x |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | x  |    |    |    |    | 90 |
| Mantequilla                      |   | x | x |   |   | x |   |   |   | x  | x  | x  |    | x  |    |    | x  |    |    |    |    |    | x  |    | x  |    | x  | x  |    | x  | 56 |
| Pan de Sandwich                  |   |   |   |   | x |   |   | x |   | x  |    |    |    |    |    |    |    |    |    | x  |    |    |    |    |    |    | x  |    |    |    | 83 |
| Pañales                          |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    | x  |    |    |    | x  |    |    |    |    |    |    | x  |    |    |    |    |    |    | 90 |
| Jugo de Cartón                   |   |   |   |   | x |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    | x  |    |    |    | x  |    |    |    |    |    |    |    |    | 90 |
| Detergente                       |   |   |   |   |   |   | x |   | x |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | x  |    |    |    | 90 |
| Galletas                         |   | x |   | x |   |   |   |   | x |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | x  |    | x  |    |    |    | x  |    |    | x  |    | 76 |
| Malta botella plástica           | x |   | x |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | x  |    | x  |    |    |    |    |    |    |    |    | 86 |
| Gatorade                         |   |   |   |   | x |   | x |   |   |    |    |    |    | x  |    | x  |    |    |    |    |    |    |    | x  |    |    |    |    |    |    | 83 |
| Salsa de Tomate frasco de vidrio |   |   |   |   |   | x |   |   |   |    | x  |    |    |    |    |    |    | x  |    |    |    |    |    |    |    |    |    | x  |    |    | 86 |
| Mostaza frasco plástico          | x |   |   |   |   |   |   | x |   |    |    | x  |    |    |    |    |    |    |    |    | x  |    |    | x  | x  |    |    | x  | x  |    | 73 |
| Leche de Cartón                  |   |   |   |   |   |   | x | x |   |    |    |    |    |    |    |    |    | x  |    |    | x  |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 86 |
| Refresco en Lata                 |   |   | x |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    | x  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | x  |    |    |    | x  | 86 |
| Yogurt embase de cartón          |   |   | x |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    | x  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | x  |    |    | x  |    | 86 |
| Pasta dental                     |   |   |   |   |   | x |   | x |   |    |    |    |    |    |    | x  |    | x  |    |    | x  |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 83 |
| Papel Higiénico                  |   |   |   |   |   |   |   | x |   |    |    |    | x  |    |    |    |    | x  |    |    |    |    |    |    |    |    |    | x  |    |    | 86 |
| Crema de afeitar                 |   |   | x |   |   |   |   |   |   | x  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 93 |
| Vino                             |   |   |   | x |   |   |   |   |   |    | x  |    |    |    | x  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 93 |

Diseño de un Sistema de Identificación por Radiofrecuencia (RFID)  
para el control de pago en cadenas de supermercados

|                                 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |
|---------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--|----|
| Refresco Botella plástica       |    | x  |    |    |    |    | x  |    |    |    |    |    |    |    |    |    | x  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | x  |    |  | 86 |
| Aceite vegetal botella plástica |    | x  |    |    |    |    | x  |    |    |    |    | x  |    |    |    |    |    |    | x  |    |    |    |    |    |    |    |    |    | x  |    |  | 83 |
| Enjuague Bucal                  |    |    |    | x  |    | x  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | x  |    | x  | x  |    |    |    |    |    |    |    |    |  | 83 |
| % lectura por prueba            | 83 | 80 | 80 | 83 | 83 | 83 | 70 | 76 | 90 | 86 | 86 | 83 | 86 | 80 | 86 | 86 | 83 | 76 | 86 | 86 | 73 | 90 | 86 | 86 | 90 | 83 | 73 | 86 | 83 | 83 |  |    |

Eficiencia de lectura: 82,83

Selección de 50 productos:

| Producto/prueba                 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | %  |
|---------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Café                            | x |   |   |   | x |   |   |   |   |    |    | x  |    |    | x  |    |    |    |    | x  |    |    |    | x  |    |    |    |    | x  |    | 76 |
| Harina                          |   | x |   |   |   |   | x |   | x |    |    |    | x  |    |    | x  |    |    |    | x  |    |    |    |    | x  |    | x  |    |    | x  | 70 |
| Arroz                           | x |   |   |   |   |   |   | x |   |    | x  |    |    |    |    |    |    | x  |    |    |    | x  |    |    |    |    |    |    |    |    | 83 |
| Pasta                           |   |   |   | x |   |   |   |   |   | x  |    |    |    | x  |    |    |    |    | x  |    |    |    |    | x  |    | x  |    | x  |    | x  | 73 |
| Agua botella plástica           |   |   |   |   |   | x |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    | x  |    |    |    | x  |    |    |    |    |    |    |    | x  |    | 86 |
| Champú                          |   |   | x |   |   |   |   |   | x |    |    | x  |    |    | x  |    |    |    | x  |    |    | x  |    |    |    |    | x  | x  | x  |    | 70 |
| Jabón de tocador                |   | x |   | x |   |   |   |   | x |    | x  |    |    |    |    |    |    |    |    | x  |    |    |    | x  |    |    | x  |    | x  | x  | 73 |
| Mayonesa frasco de vidrio       |   |   |   |   | x |   | x |   |   |    |    |    |    |    |    |    | x  |    |    |    | x  |    |    | x  |    | x  |    |    |    |    | 80 |
| Caraotas                        | x |   |   |   |   |   |   |   |   |    | x  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | x  |    |    |    |    | x  |    |    | 86 |
| Cereal                          |   | x |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    | x  |    | x  |    |    |    |    |    | x  |    |    |    |    | x  | x  | 80 |
| Mantequilla                     | x |   |   | x |   |   |   | x |   | x  |    |    |    | x  |    |    |    |    | x  |    | x  |    | x  |    | x  |    |    | x  |    | x  | 63 |
| Pan de Sandwich                 |   |   |   | x |   | x |   |   |   |    |    |    | x  |    |    |    |    |    |    | x  |    |    |    |    |    |    | x  |    |    |    | 83 |
| Pañales                         |   |   |   |   |   | x | x |   |   |    |    |    | x  |    |    | x  |    |    |    |    |    |    | x  |    |    |    |    |    |    |    | 83 |
| Jugo de Cartón                  |   |   | x |   |   |   |   |   |   |    |    | x  |    |    |    |    |    |    |    |    | x  |    |    |    |    | x  |    |    |    |    | 86 |
| Detergente                      |   |   | x |   |   |   |   |   |   | x  |    | x  |    |    | x  |    |    | x  |    |    |    |    |    |    |    |    |    | x  |    |    | 80 |
| Galletas                        | x |   |   |   | x |   |   | x |   |    | x  |    |    |    | x  |    | x  |    |    |    |    | x  |    |    |    | x  |    |    |    | x  | 70 |
| Malta botella plástica          |   |   |   |   |   | x |   |   |   |    |    |    | x  | x  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | x  |    |    |    |    |    | 86 |
| Aceite vegetal botella plástica |   |   |   |   |   |   |   |   |   | x  |    | x  |    |    |    |    | x  |    | x  |    |    |    | x  |    |    |    |    | x  |    |    | 80 |
| Salsa de Tomate                 |   |   |   |   |   |   |   |   | x |    | x  |    |    |    | x  |    |    |    |    | x  |    |    |    |    | x  |    |    |    | x  |    | 80 |

[illegible]

Diseño de un Sistema de Identificación por Radiofrecuencia (RFID)  
para el control de pago en cadenas de supermercados

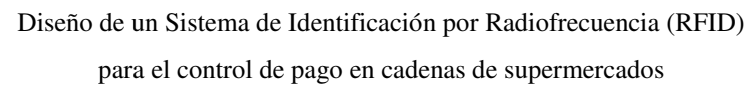
|                      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
|----------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--|
| Talco                |    | x  |    |    |    | x  |    |    | x  |    |    | x  |    |    |    |    | x  |    |    | x  |    |    |    |    | x  |    |    |    | x  | 73 |  |
| Afeitadoras          |    |    |    | x  |    |    |    | x  |    |    |    | x  |    |    |    |    |    |    |    | x  |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 86 |  |
| Agua de colonia      |    |    |    |    |    |    | x  |    |    |    |    |    |    | x  |    | x  |    |    | x  |    |    | x  |    |    |    |    |    | x  |    | 80 |  |
| Hilo dental          |    |    | x  |    |    |    |    |    |    |    |    |    | x  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | x  |    |    | 90 |  |
| Verduras             | x  |    |    | x  |    |    |    | x  | x  |    |    | x  |    |    | x  |    |    |    |    | x  |    | x  |    |    |    | x  |    | x  |    | 63 |  |
| % lectura por prueba | 80 | 80 | 82 | 80 | 84 | 82 | 82 | 80 | 84 | 84 | 78 | 84 | 78 | 78 | 74 | 84 | 82 | 78 | 84 | 84 | 86 | 84 | 80 | 82 | 82 | 84 | 78 | 80 | 78 | 74 |  |

Promedio total: 81%

### 3. Pruebas de lectura con 2 tags RFID

Selección de 18 productos:

| Producto/prueba                    | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | %   |
|------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| Café                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    | x  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 96  |
| Harina                             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 100 |
| Arroz                              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | x  |    |    |    |    |    |    |    |    | 96  |
| Pasta                              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    | x  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 96  |
| Aceite vegetal<br>botella plástica |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | x  |    |    |    | 96  |
| Agua botella<br>plástica           |   | x | x |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 93  |
| Champú                             |   |   |   |   |   |   | x |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 96  |
| Jabón                              |   |   |   |   |   |   |   | x |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 96  |
| Mayonesa frasco<br>de vidrio       |   |   |   |   | x |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 96  |
| Caraotas                           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    | x  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 96  |
| Cereal                             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | x  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 96  |
| Mantequilla                        | x |   | x |   |   |   |   |   |   | x  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 90  |
| Pan de Sandwich                    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 100 |
| Pañales                            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | x  |    |    |    |    |    | 96  |
| Jugo de cartón                     |   |   |   |   |   |   | x |   |   |    |    | x  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 93  |
| Detergente                         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    | x  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 96  |
| Galletas                           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    | x  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 96  |



Promedio total: 96,1%



Selección de 30 productos:

| Producto/prueba                  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | %   |
|----------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| Café                             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | x  |    |    |    |    |    |    |    | 96  |
| Harina                           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    | x  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 96  |
| Arroz                            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    | x  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 96  |
| Pasta                            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | x  |    |    |    |    |    |    | x  |    |    |    | 93  |
| Agua botella plástica            | x |   |   |   |   |   |   | x |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 93  |
| Champú                           |   |   |   |   |   |   |   | x |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | x  |    |    | x  |    |    | 90  |
| Jabón de tocador                 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | x  |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 96  |
| Mayonesa frasco de vidrio        |   |   |   |   |   | x |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    | x  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 93  |
| Caraotas                         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    | x  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 96  |
| Cereal                           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 100 |
| Mantequilla                      | x |   |   | x |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    | x  |    |    |    |    |    |    |    |    |    | x  |    |    |    |    |    | 86  |
| Pan de Sandwich                  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 100 |
| Pañales                          |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 100 |
| Jugo de Cartón                   |   |   |   |   |   |   |   |   | x |    |    |    |    | x  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 93  |
| Detergente                       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 100 |
| Galletas                         |   |   |   |   |   |   |   |   | x |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | x  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 93  |
| Malta botella plástica           |   |   | x |   |   |   |   |   |   |    |    |    | x  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | x  |    |    |    |    | 90  |
| Gatorade                         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    | x  | x  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 93  |
| Salsa de Tomate frasco de vidrio |   | x |   |   |   | x |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 93  |
| Mostaza frasco plástico          |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | x  |    | x  |    |    |    |    |    |    | 93  |
| Leche de Cartón                  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | x  |    | x  |    |    |    |    |    |    |    | 93  |
| Refresco en Lata                 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    | x  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 96  |
| Yogurt embase de cartón          |   |   |   |   |   |   | x |   |   |    |    |    |    |    |    | x  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | x  |    |    |    | 90  |
| Pasta dental                     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 100 |
| Papel Higiénico                  |   |   |   |   |   |   |   |   |   | x  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 96  |
| Crema de afeitar                 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    | x  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | x  |    |    |    |    |    |    | 93  |

Promedio total: 93,96%

[illegible]

---

Página 129

Promedio total: 91,00

### Selección de 18 productos:

Página 130

Promedio total: 99,40%

## Apéndice D

### Código fuente de la aplicación realizada en Visual Basic 2010

#### Formulario 1

```
Imports System.Data.OleDb
Imports System.Data

Public Class Forma_inicio

    Dim num_cedula As Integer
    Dim nombre_cliente As String

    Private Sub Buscar_cliente_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Buscar_cliente.Click

        num_cedula = Val(Cedula.Text)
        If Cedula.Text = "" Then
            MsgBox("Debe ingresar número cedula", MsgBoxStyle.Exclamation +
MsgBoxStyle.OkOnly, "Error")
            Exit Sub
        End If

        Dim cadenaConexion As String = "Provider=Microsoft.ACE.OLEDB.12.0;Data
Source=C:\Users\Francisco\Documents\Fotos Tesis\listaclients.accdb"

        Dim miConexion As New OleDbConnection(cadenaConexion)

        Dim listaclientesAdapter As New OleDbDataAdapter

        listaclientesAdapter.SelectCommand = New OleDbCommand("SELECT * FROM
ClientesPS WHERE cedula = " & num_cedula & "", miConexion)

        If Existe(num_cedula) = False Then
            MsgBox("Cliente no existe. Seleccione Agregar",
MsgBoxStyle.Exclamation + MsgBoxStyle.OkOnly, "Error")
        Else
            Factura.Visible = True
        End If

        Dim listaDataSet As New DataSet

        listaDataSet.Tables.Add("ClientesPS")

        listaclientesAdapter.Fill(listaDataSet.Tables("ClientesPS"))

        Cliente.DataBindings.Add("Text", listaDataSet.Tables("ClientesPS"),
"nombre")

        Cliente.DataBindings.Clear()

    End Sub
```

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

    nombre_cliente = Cliente.Text
    num_cedula = Val(Cedula.Text)
    If nombre_cliente = "" Then
        MsgBox("Debe ingresar el nombre del cliente",
MsgBoxStyle.Exclamation + MsgBoxStyle.OkOnly, "Error")
        Exit Sub
    End If
    If Cedula.Text = "" Then
        MsgBox("Debe ingresar la cedula del cliente",
MsgBoxStyle.Exclamation + MsgBoxStyle.OkOnly, "Error")
        Exit Sub
    End If

    Dim cadenaConexion As String = "Provider=Microsoft.ACE.OLEDB.12.0;Data
Source=C:\Users\Francisco\Documents\Fotos Tesis\listaclients.accdb"
    Dim miConexion As New OleDbConnection(cadenaConexion)
    miConexion.Open()

    If Existe(num_cedula) = True Then
        MsgBox("Cliente ya existente", MsgBoxStyle.Information +
MsgBoxStyle.OkOnly, "Atención")
        Exit Sub
    End If

    Dim aux2 As String = "INSERT INTO ClientesPS (cedula, nombre) values ("
& num_cedula & ", '" & nombre_cliente & "')"
    Dim comando3 As New OleDbCommand(aux2, miConexion)

    comando3.ExecuteNonQuery()

    MsgBox("Cliente agregado", MsgBoxStyle.Information +
MsgBoxStyle.OkOnly, "Plan Suarez")
    Factura.Visible = True

End Sub

Private Sub Borrar_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Borrar.Click
    nombre_cliente = Cliente.Text
    num_cedula = Val(Cedula.Text)
    If nombre_cliente = "" Then
        MsgBox("Debe ingresar el nombre del cliente",
MsgBoxStyle.Exclamation + MsgBoxStyle.OkOnly, "Error")
        Exit Sub
    End If
    If Cedula.Text = "" Then
        MsgBox("Debe ingresar la cedula del cliente",
MsgBoxStyle.Exclamation + MsgBoxStyle.OkOnly, "Error")
        Exit Sub
    End If

    Dim cadenaConexion As String = "Provider=Microsoft.ACE.OLEDB.12.0;Data
Source=C:\Users\Francisco\Documents\Fotos Tesis\listaclients.accdb"
```

```
Dim miConexion As New OleDbConnection(cadenaConexion)
miConexion.Open()

Dim aux3 As String = "DELETE FROM ClientesPS WHERE cedula = " &
num_cedula & ""
Dim comando4 As New OleDbCommand(aux3, miConexion)

comando4.ExecuteNonQuery()

MsgBox("Cliente eliminado", MsgBoxStyle.Information +
MsgBoxStyle.OkOnly, "Plan Suarez")

End Sub

Private Sub btnSalir_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles btnSalir.Click
Dim a
Dim b
a = "¿Desea salir de la aplicacion?"
b = MsgBox(a, vbYesNo, "Salir")
If b = vbYes Then
Me.Close()
End
End If
End Sub

Private Function Existe(ByVal Id As Integer) As Boolean
Dim aux1 As String = "SELECT COUNT(*) FROM ClientesPS WHERE cedula = "
& Id & ""

Dim cadenaConexion As String = "Provider=Microsoft.ACE.OLEDB.12.0;Data
Source=C:\Users\Francisco\Documents\Fotos Tesis\listaclients.accdb"

Dim miConexion As New OleDbConnection(cadenaConexion)

Dim comando2 As New OleDbCommand(aux1, miConexion)
comando2.Parameters.AddWithValue("Id", Id)
miConexion.Open()

Dim count As Integer = Convert.ToInt32(comando2.ExecuteScalar())

If count = 0 Then
Return False
Else
Return True
End If

End Function

Private Sub Factura_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Factura.Click
Me.Hide()
Form2.Show()
End Sub

End Class
```



## Formulario 2

```
Imports System.Data.OleDb
Imports System.Data
```

```
Public Class Form2
```

```
    Private Sub Form2_Load(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles MyBase.Load
        'TODO: esta línea de código carga datos en la tabla
        'CodigoProductosDataSet.productos_rfid' Puede moverla o quitarla según sea
        necesario.

        Me.productos_rfidTableAdapter.Fill(Me.CodigoProductosDataSet.productos_rfid)
        Me.ReportViewer1.RefreshReport()
        Me.nombre2.Text = "Nombre: " + Forma_inicio.Cliente.Text
        Me.ci2.Text = "C.I.: " + Forma_inicio.Cedula.Text

    End Sub
End Class
```

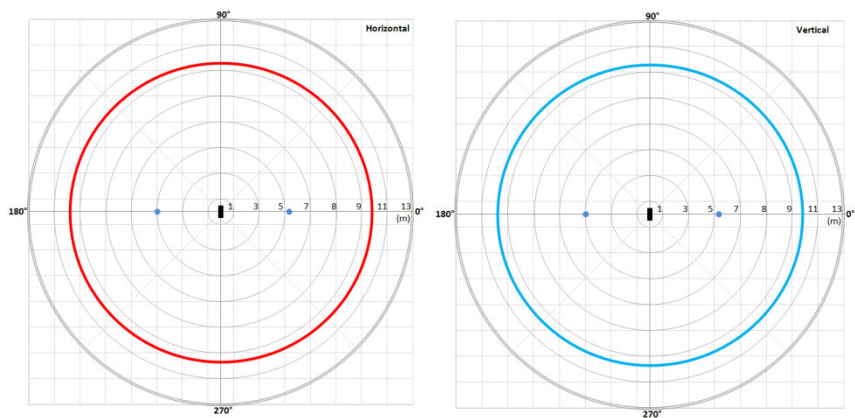
## Anexo A

### Etiquetas para metales y líquidos

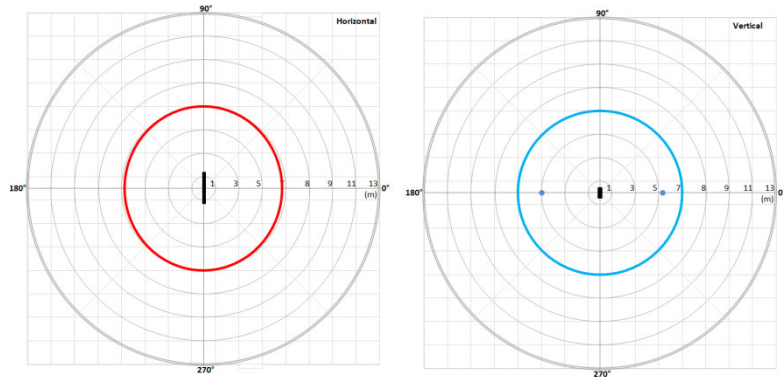
#### Etiquetas para metales y líquidos:

Algunas de las etiquetas existentes en el mercado, que pueden ser colocadas sobre productos metálicos o productos con contenido líquido, diseñadas por algunos fabricantes en el área de RFID son las mostradas a continuación.

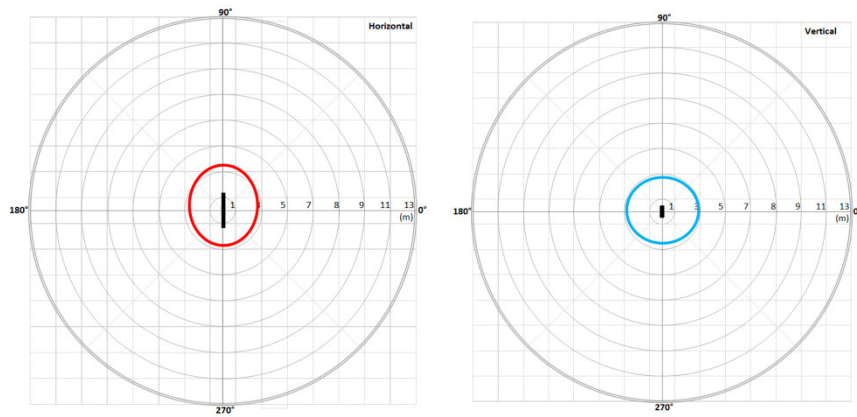
- **Metal Tag XCTF-8405-C03. Marca: Invengo. Banda: UHF**



- **Metal Tag XCTF-8402-C03. Marca: Invengo. Banda: UHF**



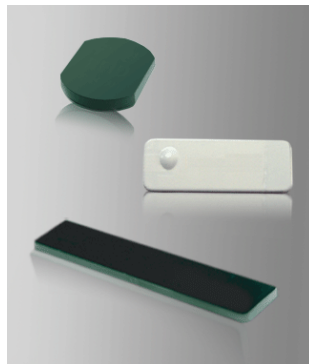
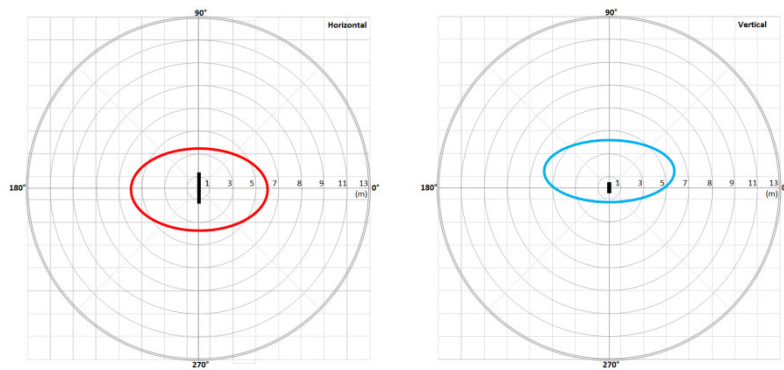
- **Universal RFID Asset Tag. Marca: Metal Craft. Banda: HF**



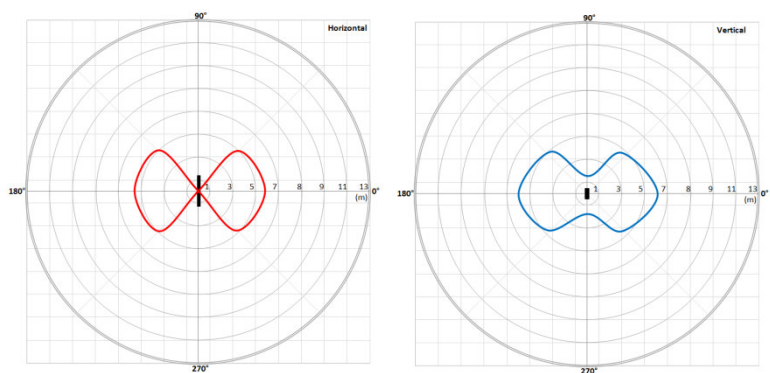
## Diseño de un Sistema de Identificación por Radiofrecuencia (RFID) para el control de pago en cadenas de supermercados



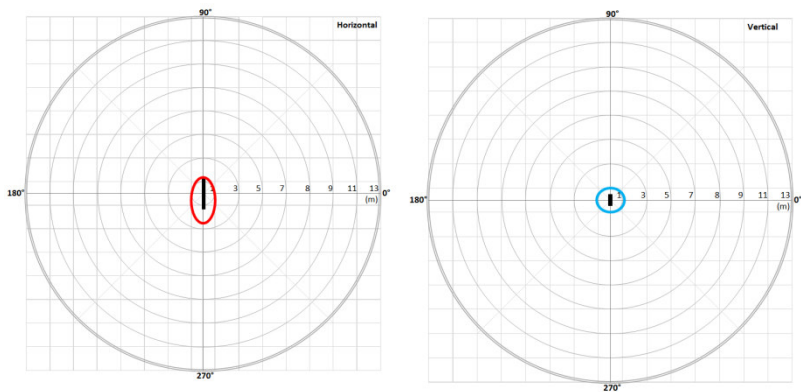
- **Metal Mount RFID Tag. Marca: Metal Craft. Banda: UHF**



- **Confidex Survivor. Marca: Confidex. Banda: UHF**

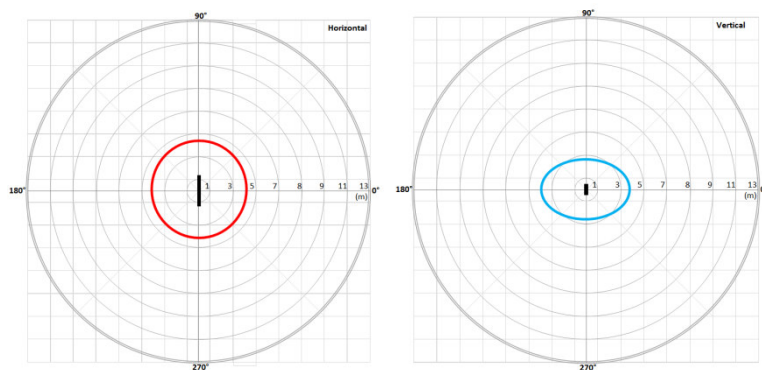


- **Confidex Ironside. Marca: Confidex. Banda: UHF**

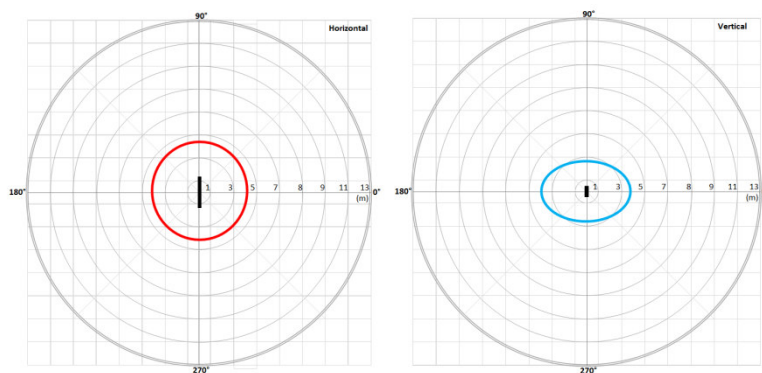




- **All-9338. Marca: Alien. Banda: HF**

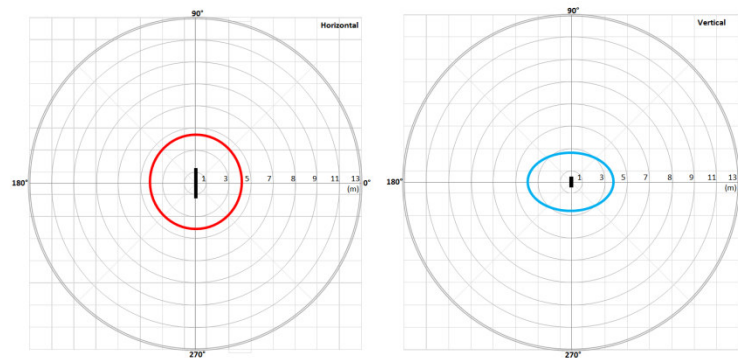


- **Max Label. Marca: Omni-ID. Banda: HF**





- **Flex Rigid Case v2. Marca: Omni-ID. Banda: HF**



En todos los casos, se observa que estas etiquetas son bastante robustas para ser colocadas sobre artículos de consumo masivo en los supermercados. De manera que este anexo contempla una sugerencia al problema destacado sobre artículos con características metálicas.