

*Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua*

*UNAN-Managua.*

*Recinto universitario Rubén Darío*

*Facultad de ciencias e ingenierías*

*Departamento de tecnología*

*Ingeniería Electrónica*



***Trabajo de seminario de graduación para optar al título de Ingeniero en  
Electrónica.***

***Título: Propuesta de un Sistema de identificación de producto en la empresa  
Megabyte Nicaragua. S.A usando tecnología RFID.***

*Tutor: MSc. Edwin Quintero.*

*Asesor tecnológico: MSc. Amado Alemán*

*Autores:*

- *Br. Álvaro José Rodríguez Gómez.*
- *Br. Saúl Antonio Cuadra Amoretty.*

*Febrero 2016*

## *Dedicatoria*

*Le dedico principalmente este trabajo a **Dios** sobre todas las cosas, quien me ha dado salud y fortaleza para tener la oportunidad de culminar la carrera universitaria.*

*De igual forma lo dedico a mis padres **Dalila Amoretty Muñoz** y **Saúl Cuadra Alemán**, a quienes les debo toda mi vida, agradezco su apoyo, comprensión y paciencia. Ustedes quienes me formaron con buenos valores y principios, los que me han servido de mucho para salir adelante y poder ser mejor persona cada día.*

*A mi esposa **Roxana Bermúdez** quien me apoyo y alentó para continuar, cuando parecía que me iba a rendir.*

*A mis profesores, gracias por su tiempo y apoyo. Por enseñarme, aconsejarme e instruirme durante mi formación profesional.*

*A todos los que me apoyaron para escribir y concluir este seminario de graduación.*

*Para ellos es esta dedicatoria, pues es a ellos a quienes les debo este logro, quienes me han apoyado de manera incondicional.*

***Saúl Antonio Cuadra Amoretty.***

## *Dedicatoria*

*Primero a **Dios**, por brindarme fortaleza para superar los obstáculos que se me presentaron, sabiduría para tomar las decisiones adecuadas.*

*A mi madre; **Paola Gómez**, por ser el pilar fundamental en mi formación académica y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional, porque ha sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ha ayudado a salir adelante en los momentos más difíciles de mi vida.*

*A ti **Bob, mi princesa bella, mi sapita linda** una bendición muy grande que me ha dado Dios eres tú y esa linda sonrisa que se desprende de tu rostro de musa; perdón por mi personalidad y forma de ser que muchas veces terminan lastimándote y diciendo cosas no gratas.*

*A **mis familiares**: Por qué siempre he contado con ellos para todo, gracias por el apoyo y amistad que siempre me han brindado.*

*A **mis amigos**: A todos los que me dieron palabras de aliento y me instaron a seguir el camino que había elegido.*

***Álvaro José Rodríguez Gómez.***

## *Agradecimiento*

*Los autores expresan sus agradecimientos a:*

*A **Dios**, quien es guía de nuestros pasos y fortalece día a día nuestra existencia, por siempre estar a nuestro lado sin importar las circunstancias.*

*A la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, UNAN – Managua por darnos la oportunidad de estudiar y formarnos como profesionales.*

*Al Profesor MSc. **Edwing Quintero**, Por su apoyo como maestro y guía en la coordinación de la clase de seminario.*

*Al Profesor Lic. **Bismarck Santana**, por su apoyo incondicional y demostrar que aparte de ser profesor es un gran amigo.*

*Al Profesor Lic. **Gerardo Mendoza Jiménez**, los estudiantes llegan y se van, pero usted deja en ellos su significativa huella de responsabilidad y buen desempeño. Muchas gracias **Licenciado** por su gran apoyo, que Dios bendiga cada uno de sus días.*

*A los **Docentes de la facultad**, que hicieron parte de nuestra formación, colaborando en cada aspecto de nuestras vidas porque gracias a su apoyo, sabiduría y enseñanzas logramos culminar con éxito nuestra carrera.*

***Saúl Antonio Cuadra Amoretty.**  
**Álvaro José Rodríguez Gómez.***

## Resumen

El presente trabajo de Seminario de Graduación, es titulado: **Propuesta de un Sistema de identificación de producto en la empresa Megabyte Nicaragua. S.A usando tecnología RFID.**

El sistema cuenta con la interfaz ClearStream 3.1, que mediante un sitio virtual RFID permite simular un entorno sin ningún hardware, además de permitir el envío de información a cualquier base de datos o sistema.

Se realizó un diagnóstico del método utilizado anteriormente con el fin de localizar las deficiencias que presentaba este método y así poder determinar las características y condiciones que debía de cumplir nuestro sistema RFID, además de proponer la mejor alternativa para lograr un correcto funcionamiento del sistema.

El sistema brinda una solución eficiente en la optimización de los procesos de monitoreo de inventario, trazabilidad y facturación de los productos.

## Tabla de Contenido

Capítulo I.....	1
1.1 Introducción.....	2
1.2 Formulación del problema.....	3
1.2.1 Planteamiento del problema.....	3
1.2.2 Antecedentes.....	4
1.2.3 Justificación.....	6
1.2.4 Objetivos.....	7
Objetivo general:.....	7
Objetivos específicos:.....	7
Capítulo II.....	8
Marco teórico.....	9
2.1 ¿Qué es un sistema RFID?.....	9
2.2 Descripción de la tecnología.....	11
2.3 Evolución de los sistemas RFID.....	11
2.4 Elementos de un sistema RFID.....	15
2.4.1 Etiqueta RFID.....	15
2.4.2 Lector o interrogador.....	21
2.4.2 Tipos de lectores.....	25
2.4.3 Un ordenador, host o controlador.....	26
2.4.4 Middleware (sistema de información).....	27
2.5 Principios básicos de funcionamiento de un sistema RFID.....	28
2.5.1 Acoplamiento inductivo.....	29
2.5.2 Acoplamiento Backscatter.....	31
2.6 Principios físicos de los sistemas RFID.....	33
2.6.1 Campo magnético.....	33
2.6.2 Campo magnético $H$ en espiras.....	35
2.6.3 Flujo magnético y densidad del flujo magnético.....	37
2.6.3 Inductancia $L$ .....	37

2.7	<i>Ondas electromagnéticas</i> .....	38
2.7.1	<i>Densidad de radiación</i> .....	40
2.7.2	<i>Polarización</i> .....	41
2.7.3	<i>Reflexión en ondas electromagnéticas</i> .....	42
2.7.4	<i>Antenas</i> .....	43
2.7.5	<i>Rango de lectura</i> .....	44
2.8	<i>Seguridad: Encriptación de datos</i> .....	46
2.9	<i>Rangos de frecuencia</i> .....	46
2.9.1	<i>Parámetros dependientes de la frecuencia</i> .....	48
2.9.2	<i>Sistemas de baja frecuencia (135 KHz)</i> .....	49
2.9.3	<i>Sistemas de alta frecuencia (13,56 MHz)</i> .....	51
2.9.4	<i>Sistemas de ultra alta frecuencia (433 MHz, 860 MHz, 928 MHz)</i> .....	52
2.9.5	<i>Sistemas en frecuencia de microondas (2,45 GHz - 5,8 GHz)</i> .....	54
2.10	<i>Regulación y estandarización</i> .....	55
2.10.1	<i>Regulación</i> .....	55
2.10.2	<i>EPC GLOBAL</i> .....	57
2.10.3	<i>Norma EPC para etiquetas</i> .....	60
2.10.4	<i>EN 302 208</i> .....	61
2.10.5	<i>ETSI</i> .....	62
2.10.6	<i>Estándares emitidos por el ETSI</i> .....	63
2.11	<i>ClearStream</i> .....	64
2.11.1	<i>Simulación vía entorno virtual</i> .....	64
2.11.2	<i>API Pública</i> .....	65
<b>Capítulo III</b> .....		66
<i>Desarrollo</i> .....		67
3.1	<i>Diagnóstico del método actual de identificación de productos</i> .....	68
3.1.1	<i>Descripción breve del inventario de la empresa</i> .....	68
3.1.2	<i>Análisis del proceso actual de identificación de productos</i> .....	69
3.1.3	<i>Plano arquitectónico del local</i> .....	71
3.1.4	<i>Estudio de las condiciones iniciales</i> .....	73
3.1.5	<i>Determinación de parámetros y características del sistema</i> .....	74

3.1.5.1	<i>Determinación de la frecuencia de operación</i> .....	74
3.1.5.2	<i>Determinación del tipo de modulación</i> .....	75
3.1.5.2	<i>Determinación de la etiqueta</i> .....	75
3.1.5.3	<i>Determinación del tipo de comunicación</i> .....	75
3.2	<i>Diseño del sistema</i> .....	76
3.2.1	<i>Diseño físico del sistema.</i> ....	76
3.2.2	<i>Diseño lógico del sistema</i> .....	78
3.2.3	<i>Configuración de la interfaz RFID en ClearStream versión 3.1</i> .....	79
3.2.4	<i>Emulación del sistema RFID ClearStream versión 3.1</i> .....	85
3.3	<i>Equipos RFID a utilizar</i> .....	89
3.3.1	<i>Tipo de Antena</i> .....	89
3.3.1.2	<i>Comparativo entre antena Motorola AN480 y antena Honeywell IA33B</i> .....	90
3.3.1.3	<i>Antena Motorola modelo: AN480</i> .....	90
Ficha técnica	.....	91
3.3.2	<i>Reader Motorola modelo: FX7400</i> .....	92
Ficha técnica:	.....	95
3.3.3	<i>Cable de Comunicación (RF) 240"; Cable Tipo LMR</i> .....	96
3.4	<i>Configuración del sistema</i> .....	97
3.4.1	<i>Ingreso a consola del Lector RFID</i> .....	97
3.6.2	<i>Conexión al lector</i> .....	98
3.6.3	<i>Lectura de TAGS</i> .....	102
3.6.4	<i>Panel del Reader RFID</i> .....	103
3.6.5	<i>Ganancia de la antena y la potencia radiada</i> .....	105
3.6.6	<i>Comunicación con el Lector RFID</i> .....	105
3.6.7	<i>configuración del Lector</i> .....	107
Capítulo IV	.....	111
4.1	<i>Conclusiones</i> .....	112
4.2	<i>Recomendaciones</i> .....	113
4.3	<i>Bibliografía</i> .....	114
4.4	<i>Anexos</i> .....	115

4.4.1 carta de finalización del desarrollo de seminario en la Empresa Megabyte Nicaragua, S.A. ....	115
4.4.2 <i>Manual de descarga e instalación de ClearStream 3.1</i> .....	116
4.4.3 <i>Inventario parcial de Megabyte Nicaragua S.A</i> .....	121
4.4.4 Costo económico del sistema RFID .....	125
4.4.5 Imágenes en 3D del Área de bodega.....	126

## ***Lista de ilustraciones***

Ilustración 1: Esquema de un sistema RFID .....	9
Ilustración 2: Etiqueta RFID “pasiva” .....	15
Ilustración 3: Lector RFID, Marca Motorola, Modelo FX7400.....	21
Ilustración 4: Seguridad RFID basada en acoplamiento inductivo .....	30
Ilustración 5: Líneas de flujo magnético sobre un conductor.....	34
Ilustración 6: Líneas de flujo magnético de los conductores en espira.....	35
Ilustración 7: Intensidad del campo magnético H con la distancia del centro.....	35
Ilustración 8: Relación entre el flujo magnético y la densidad del flujo.....	37
Ilustración 9: creación de una onda electromagnética en un dipolo, .....	39
Ilustración 10: Grafico de la intensidad de campo magnético en la transición de Near y FarField.....	40
Ilustración 11: Vector S .....	41
Ilustración 12: Definición de la polarización de ondas electromagnéticas .....	42
Ilustración 13: Comparación entre la radiación de un dipolo y un emisor isotrópico .....	43
Ilustración 14: señal propia de un lector y las bandas laterales de un transponder .....	45
Ilustración 15: Potencia radiada equivalente permitida por la norma EN 302 208	61
Ilustración 16: Estructura del desarrollo del sistema .....	67
Ilustración 17: Código de barra utilizado para identificar los productos.....	68
Ilustración 18: proceso actual de control de inventario.....	69
Ilustración 19: Lector LS1908.....	71
Ilustración 20: Planta arquitectónica del local.....	72
Ilustración 21: Diseño de Sistema RFID en planta arquitectónica de almacén Megabyte Nicaragua S.A.....	77
Ilustración 22: Interfaz de configuración – ClearStream versión 3.1 .....	79
Ilustración 23: Base de datos Excel .....	80
Ilustración 25 configuración y conexión de Readers <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
Ilustración 24: Entorno de configuración de Readers y Antenas .....	81
Ilustración 26: Conexión a base de datos .....	82
Ilustración 27: Interfaz de activación de los Readers .....	83
Ilustración 28: Interfaz de base de datos.....	84
Ilustración 29: Entorno virtual de diseño de escenarios RFID .....	85
Ilustración 30: Registro de comportamiento de la base de datos .....	86
Ilustración 31 Sitio Web para el monitoreo y configuración de los Readers.....	87

Ilustración 32: Entorno emulado con RFID.....	88
Ilustración 33: Antena AN480.....	91
Ilustración 34: Lector FX7400.....	94
Ilustración 35: cable comunicador Tipo LMR.....	96
Ilustración 36: Tipos de conectores.....	96
Ilustración 37: Consola de lector RFID.....	98
Ilustración 38: Menú de consola.....	100
Ilustración 39: configuración de región.....	101
Ilustración 40: Lectura de etiquetas.....	102
Ilustración 41: Panel del Lector RFID.....	103
Ilustración 42: Indicadores LED.....	104
Ilustración 43: comunicación con el Lector RFID.....	105
Ilustración 44: Parámetros del Lector.....	107
Ilustración 45: Puntos de lectura.....	108
Ilustración 46: estadísticas del lector.....	110
Ilustración 47:página web ClearStream RFID.....	116
Ilustración 48: Sitio Web de ClearStream para descarga del software.....	117
Ilustración 49: Entorno de descarga.....	117
Ilustración 50: Formulario de descarga del sitio Web de ClearStream.....	118
Ilustración 51: Opción de descarga de CleanStream versión 3.1.....	118
Ilustración 52: Descarga en proceso del software RFID.....	119
Ilustración 53:Archivo ejecutable ClearStream_rfid.exe.....	119
Ilustración 54: Entorno inicial de la instalación de ClearStream.....	120
Ilustración 55: Proceso de instalación del software.....	120
Ilustración 56: Planta 3D.....	126
Ilustración 57: Planta 3D.....	127

## Índice de Tablas

Tabla 1: Resumen de la evolución de la tecnología RFID.....	14
Tabla 2: Etiquetas Activas vs Etiquetas Pasivas .....	19
Tabla 3: Constantes usadas en cálculos de campos magnéticos .....	34
Tabla 4: Rangos de frecuencia emitidos por normas EPC e ISO.....	48
Tabla 5: Protocolos para el uso de etiquetas EPC GLOBAL.....	60
Tabla 6: Inventario de productos .....	68
Tabla 7: Rango de operación en dependencia de la frecuencia .....	74
Tabla 8: Comparativa de Antenas RFID.....	90
Tabla 9: Ficha Técnica Antena AN480.....	92
Tabla 10: Ficha Técnica Lector FX7400.....	95

# Capítulo I

## **1.1 Introducción**

Megabyte Nicaragua S.A es una empresa que cuenta con un gran inventario de productos y que realiza el control del mismo a través de códigos de barras, este tipo de identificación presenta características que no satisfacen las necesidades de la compañía.

Este trabajo se fundamenta en optimizar el sistema de identificación de producto en la empresa **Megabyte Nicaragua S.A**, el cual se divide en cuatro capítulos ordenados de forma metodológica.

El primer capítulo está constituido por la introducción y formulación del problema.

Dentro de la formulación del problema se aborda el planteamiento del problema, antecedentes, justificación y objetivos que sustenta este trabajo.

El capítulo número dos expone el marco teórico el cual está formado por las bases teóricas, normas y estándares que conforman la base fundamental de la tecnología RFID.

El capítulo número tres es el desarrollo el cual se divide en los siguientes subcapítulos:

- Diagnóstico de la situación actual
- Estudio Inicial
- Equipos RFID a utilizar

En este se inicia un análisis de la situación, a partir de un diagnóstico del método actual de identificación de productos, el cual permite realizar un estudio de los parámetros y características que determinan el tipo de sistema RFID.

Dentro del capítulo cuatro, a partir del cumplimiento de los objetivos específicos se logró determinar las conclusiones obtenidas durante el desarrollo del sistema RFID, así también se obtuvieron recomendaciones para el correcto funcionamiento del sistema.

## **1.2 Formulación del problema**

### **1.2.1 Planteamiento del problema**

El código de barras es el método utilizado por Megabyte, para realizar inventarios e identificación de productos este presenta características técnicas y funcionamiento que generan atrasos en el proceso de logística (entrega de productos) y problemas en la gestión de inventarios, facturación de mercadería que afecta de forma general la trazabilidad de la compañía al brindar soluciones a los clientes en tiempos tardados.

Para realizar una lectura de código de barras se necesita de la visualización directa del ítem esto hace que el proceso de control de inventario sea lento y engorroso; esta propiedad de este método más el crecimiento en el inventario hacen que este tipo de tecnología no cumpla con ciertas necesidades de la empresa tales como:

- Identificación de productos
- Almacenamiento de mercadería
- Control de inventario
- Facturación
- Entrega de productos

Dado el proceso actual de inventario, Megabyte se ve en la necesidad de migrar a un sistema que agilice y optimice su cadena de suministros, facturación y ventas.

### **1.2.2 Antecedentes**

Establecer la fecha exacta del origen de RFID es complicado puesto que está relacionado con el desarrollo de tecnologías de comunicaciones durante el siglo XX.

Según (Alvarado, 2008) la existencia actual de aplicaciones viables basadas en RFID se debe al desarrollo progresivo de tres áreas tecnológicas principales:

- Electrónica de radiofrecuencia. Necesaria para el desarrollo de las antenas y los sistemas de radiofrecuencia presentes en las etiquetas e interrogadores RFID.
- Tecnologías de la información. En la inclinación hacia la computación (en el lector, en la propia etiqueta y en el sistema de información asociado) y en su inclinación hacia las comunicaciones (para el envío de información entre etiqueta y lector, y entre lector y sistema de información asociado).
- Tecnologías de materiales. Necesaria para el abaratamiento de las etiquetas.

RFID no es una tecnología nueva, sino que lleva existiendo aproximadamente desde 1940. Durante la segunda guerra mundial, los militares estadounidenses utilizaban un sistema de identificación por radiofrecuencia para el reconocimiento e identificación a distancia de los aviones: "friend or foe" (amigo o enemigo). En octubre de 1948, Harry Stockman publicó un artículo en los proceedings of the IRE titulado "Communications By Means Of Reflected Power", que se puede considerar como la investigación más cercana al nacimiento de la RFID.

Durante la década de los 50 se publicaron dos artículos importantes: "Applications Of Microwave Homodyne", de F. L. Vernon, y "Radio Transmission Systems With Modulatable Passive Responders", de D. B. Harris<sup>1</sup>.

En los años 70 desarrolladores, inventores, fabricantes, centros de investigación, empresas, instituciones académicas y administración realizaron un activo trabajo de desarrollo de la tecnología, lo que redundó en notables avances, apareciendo las primeras aplicaciones de RFID. A pesar de ello, la tecnología se siguió utilizando de modo restringido y controlado. Grandes empresas como Raytheon, RCA y Fairchild empezaron a desarrollar tecnología de sistemas de identificación electrónica.

Durante los años 80 aparecieron nuevas aplicaciones. Fue la década de la completa implementación de la tecnología RFID. Los principales intereses en

---

<sup>1</sup>Portillo, J., & Bermejo, A. (2010). Tecnología e identificación por radio frecuencia. Madrid: CEIM.

Estados Unidos estuvieron orientados al transporte, al acceso de personal y, más débilmente, a la identificación de animales. Ya en la década de los 90 se tomó conciencia de las enormes posibilidades que podía brindar la explotación de RFID y comenzaron a aparecer los primeros estándares. En 1999, un consorcio de empresas fundó el Auto-ID Center en el MIT.

Y a partir del año 2000, empezó a quedar claro que el objetivo de desarrollo de etiquetas a 0,05 dólares podría alcanzarse, con lo que la RFID podía convertirse en una tecnología candidata a sustituir a los códigos de barras existentes. El año 2003 marcó un hito en el desarrollo de la tecnología RFID: Walmart y el Departamento de Defensa (DOD) estadounidense decidieron adherirse a la tecnología RFID. Les siguieron otros fabricantes, como Target, Procter & Gamble y Gillette. En 2003 el centro AutoID se convirtió en EPCglobal, creadora de estándares adoptados por Walmart y el DOD.

En el año 2002 empezó a despuntar la tecnología NFC (Near Field Communication), tecnología que mejora las prestaciones de RFID gracias a que incluye en un único dispositivo, un emisor y un receptor RFID, y que puede insertarse en un dispositivo móvil, aportando a éste nuevas funcionalidades para un gran número de aplicaciones.

En Nicaragua no se había utilizado este tipo de tecnología, hasta el año 2013 cuando la empresa MPESO introdujo en el transporte urbano colectivo de la ciudad de Managua el cobro de forma electrónica basado en la tecnología RFID el sistema incluye el lector con un microcontrolador incrustado y su antena que opera en la gama de las radiofrecuencias. Al inicio de operación, este sistema tenía muchas fallas de funcionamiento que en la actualidad se han sabido superar.

En nuestro país aún no se han implementado sistemas para control de producto basado puramente en RFID, esto se debe a varios factores (económicos, conocimiento, etc.), es por eso se utiliza como antecedentes experiencias a nivel internacional, aunque se vale mencionar el desarrollo del sistema TUC ejecutado por la empresa MPESO ya que utiliza una tecnología similar a RFID.

### **1.2.3 Justificación**

Actualmente llevar el control de inventario e identificación de los productos de una compañía es una tarea un poco complicada esto debido a los grandes volúmenes que manejan las empresas.

**Megabyte Nicaragua S.A** es una empresa que cuenta con un gran stock de inventario y realiza el control del mismo a través de códigos de barras, para esta empresa es de gran valor poder contar con un sistema que permita optimizar los diferentes procesos.

En Nicaragua la identificación por radio frecuencia es un tema poco convencional, el poder contar con un posible caso de éxito, cambiaría la forma de pensar a la hora de implementar sistemas RFID en nuestro país.

Al implementar la aplicación de este tipo de tecnología se brinda la solución a la empresa Megabyte Nicaragua al optimizar el control de inventario y trazabilidad de sus productos mediante este sistema, además de servir de ejemplo en Nicaragua como un proyecto pionero en tecnología RFID.

### **1.2.4 Objetivos**

**Objetivo general:**

- Proponer un sistema de identificación de producto, utilizando tecnología RFID, para mejorar el control de inventario, facturación y venta en la empresa megabyte Nicaragua. S.A

**Objetivos específicos:**

- Realizar un diagnóstico del método actual de identificación de producto que se utiliza en el lugar con el fin de proponer mejoras.
- Analizar las condiciones, factores y parámetros del sistema RFID
- Diseñar una red usando tecnología RFID, que permita agilizar y dar seguridad a la identificación de productos.
- Configurar los equipos RFID para la visualización, almacenamiento y tratamiento de la información de los productos.

# ***Capítulo II***

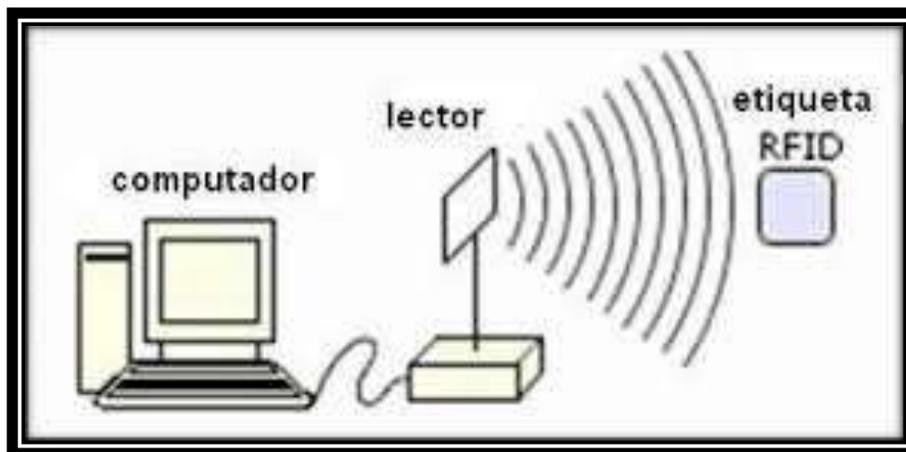
## Marco teórico

### 2.1 ¿Qué es un sistema RFID?

Un sistema de RFID (Radio Frequency IDentification) es la tecnología inalámbrica que nos permite, básicamente, la comunicación entre un lector y una etiqueta. Estos sistemas permiten almacenar información en sus etiquetas mediante comunicaciones de radiofrecuencia. Esta información puede ir desde un Bit hasta KBytes, dependiendo principalmente del sistema de almacenamiento que posea el transponder<sup>2</sup>.

Los sistemas de RFID no son del todo nuevos, aparecen en los años 80 en sistemas de identificación, pero sí es cierto que actualmente están recibiendo una especial atención en muchos campos de la industria, lo que permite grandes avances en esta tecnología. Por ese motivo aparecen continuos estándares, aplicaciones e innovaciones.

A continuación en la Ilustración 1, se muestra un sistema RFID y sus componentes más básicos como el computador (donde se aloja el servidor de la base de dato), el lector y la etiqueta.



**Ilustración 1: Esquema de un sistema RFID**

---

<sup>2</sup>Alvarado Sánchez, J. A. (2008). *Sistema de control de acceso con RFID*. Tesis de ingeniería eléctrica no publicada. Centro de investigación y de estudios avanzados del instituto politécnico nacional. México.

Un tag, transponder o etiqueta electrónica contiene un microchip y una antena, que puede adherirse a cualquier producto. Incluso se están desarrollando tags que son de un tamaño tan pequeño que pasarían inadvertidas en algunos objetos<sup>3</sup>.

El microchip almacena un número de identificación (una especie de matrícula única de dicho producto). Hay varios tipos de esquemas propuestos para estos números, como por ejemplo el Electronic Product Code (EPC), diseñado por Auto-ID Center. Podemos decir, que cada objeto tendrá un código único que lo diferenciará e identificará no sólo de otros tipos de productos, sino de productos iguales.

El funcionamiento del sistema, es bastante sencillo, como podemos observar en la ilustración 1, el lector envía una serie de ondas de radiofrecuencia al Tag, que son captadas por el micro-antena de éste. Dichas ondas activan el microchip, el cual, a través del micro-antena y mediante ondas de radiofrecuencia, transmite al lector la información que tengan en su memoria. Finalmente, el lector recibe la información que tiene el Tag y lo envía a una base de datos en la que previamente se han registrado las características del producto o puede procesarlo según convenga a cada aplicación.

La identificación por radio frecuencia es una tecnología de captura e identificación automática de información contenida en etiquetas sin necesidad de que exista contacto físico o visual (línea de vista) entre el dispositivo lector y las etiquetas, aunque en muchos casos se exige una cierta proximidad de esos elementos.

Desde este punto de vista, resulta claro que RFID ofrece interesantes potencialidades, como sustituto más versátil de las aplicaciones de identificación tradicionales basadas en códigos de barras.

Los sistemas de RFID tienen multitud de aplicaciones. Pueden utilizarse como tarjetas identificadoras sin contacto, un uso de este tipo se puede ver por ejemplo en el sistema de pago utilizado en peajes llamado vía T, que permite que el vehículo no tenga que detenerse o en los accesos a edificios oficiales o a empresas privadas. Otra aplicación muy usada son los inmovilizadores de vehículos, que consisten en un sistema interrogador situado en el vehículo a proteger y en un identificador en la llave.

---

<sup>3</sup>Alvarado Sánchez, J. A. (2008). *Sistema de control de acceso con RFID*. Tesis de ingeniería eléctrica no publicada. Centro de investigación y de estudios avanzados del instituto politécnico nacional. México.

Se pueden usar para identificar envío de cartas o paquetes en agencias de transporte, identificadores de animales, identificadores de equipajes aéreos, gestión de supermercados, inventario automático, distribución automática, localización de documentos, gestión de bibliotecas, etc. Incluso se está hablando de usar la tecnología RFID para la identificación de personas con libertad vigilada, gente con deficiencias mentales o que se puedan considerar peligrosas para la sociedad. También se están realizando proyectos para incluir chips con el historial médico en personas y en billetes de curso legal para evitar posibles robos y localizar en todo momento el dinero

## **2.2 Descripción de la tecnología**

RFID (identificación por radiofrecuencia) es un método de almacenamiento y recuperación remota de datos, basado en el empleo de etiquetas o "tags" en las que reside la información. RFID se basa en un concepto similar al del sistema de código de barras; la principal diferencia entre ambos reside en que el segundo utiliza señales ópticas para transmitir los datos entre la etiqueta y el lector, y RFID, en cambio, emplea señales de radiofrecuencia (en diferentes bandas dependiendo del tipo de sistema, típicamente 125 KHz, 13,56 MHz, 433-860-960 MHz y 2,45 GHz)<sup>4</sup>.

## **2.3 Evolución de los sistemas RFID**

Los sistemas de RFID han revolucionado la identificación a distancia a principios del siglo XXI. Pero el estudio de estos sistemas se remonta a mediados del siglo XX.

Muy lejos están las primeras suposiciones de la existencia de un campo magnético en el estudio de imanes naturales, por parte de la cultura china en el primer siglo A.C. Fue a principio del siglo XIX cuando se comenzó a entender verdaderamente el concepto de electromagnetismo. Personajes como Maxwell, Hertz, Marconi, etc. Contribuyeron con sus inventos y descubrimientos a ello.

Posteriormente a principios del siglo XX la generación y la transmisión de ondas de radio y la aparición del radar, basado en ondas de radio que rebotan sobre un objeto localizándolo, son el fundamento sobre el que se constituyen el concepto de sistemas de identificación por radiofrecuencia ó RFID.

---

<sup>4</sup>Casero, M.E. (2012). *Tecnología de identificación por radiofrecuencia: lectura de pedidos RFID en un almacén*. Tesis de ingeniería informática no publicada. Universidad de la Rioja.

La tecnología RFID ha tenido un pasado confuso. No hay un descubridor destacado, se ha ido desarrollando con la suma de numerosas aportaciones y colaboraciones. Al comienzo uno de los investigadores más destacados, que no el primero, Harry Stockman, dictaminó que las dificultades para la comunicación usando ondas de radio reflejadas en objetos estaban superadas, con todas las aplicaciones que esto podía permitir. No pudo ser hasta treinta años después cuando el trabajo de Stockman fue de nuevo estudiado. Faltaban aún por desarrollar transistores, microprocesadores y eran necesarios adelantos en redes de comunicación, incluso un cambio en la visión de hacer negocio, para que los sistemas RFID fueran factibles.

Fue en la década de los 50 cuando la tecnología de RFID siguió un proceso de desarrollo similar al que experimentaron la radio y el radar en las décadas anteriores.

Diferentes sectores de la tecnología RFID se vieron impulsados, entre ellos los sistemas con transponders de largo alcance, especialmente los conocidos como "identification, friend or foe" (IFF) usado en la industria aeronáutica. Trabajos como los creados por F.L Vernon "Application of microwave homodyne" y por D.B. Harris "Radio transmisión systems with modulatable passive responder" fueron determinantes para que la tecnología RFID dejase de ser una idea y se convirtiese en una solución.

La década de los 60 se pueden considerar como el preludio de la explosión que se producirá en la siguiente década. Se realizaron numerosos artículos, y la actividad comercial en este campo comenzó a existir. El primer sistema que fue usado era el EAS(Electronic Article Surveillance) para detectar robos en grandes almacenes.

El sistema era sencillo con un único bit de información, para detectar la etiqueta o no, dentro del radio de acción del lector y hacer sonar una alarma acústica en caso de que una etiqueta no desactivada pasase por el alcance del lector. Típicamente son dos lectores ubicados de tal forma que el cliente tenía que pasar entre ellos para salir el establecimiento. A pesar de sus limitaciones, era económico y efectivo. Su uso se comenzó a extender de manera rápida.

En los 70 se produjeron notables avances como los aportados por instituciones como Los Alamos Scientific Laboratory, Northwestern University y el Microwave Institute Foundation de origen sueco. Al principio de esta década se probaron varias aplicaciones para logística y transporte, como las usadas por el puerto de New York y New Jersey.

En esta década hubo un gran desarrollo técnico de los sistemas, sobretodo enfocado a aplicaciones de seguimiento de ganado, vehículos y automatización industrial. Basados en microondas en los EEUU y sistemas inductivos en Europa. La creación de nuevas empresas dedicadas a la tecnología RFID aumentaba continuamente, era un signo positivo del potencial que tenían los sistemas RFID.

Llegó la década de los 80, y con ella la implementación de tantos estudios y desarrollos logrados en años anteriores. En EEUU se interesaron por aplicaciones en el transporte, accesos y en menor grado en los animales. En países europeos como Francia, España, Portugal e Italia se centraron más en aplicaciones industriales y sistemas de corto alcance para controlar animales.

En los primeros años de los 90 se inició el uso en EEUU del peaje con control electrónico, autopistas de Houston y Oklahoma incorporaban un sistema que gestionaba el paso de los vehículos por los pasos de control. En Europa también se investigó este campo y se usaron sistemas de microondas e inductivos para controles de accesos y billetes electrónicos. Un nuevo avance en el mundo del automóvil vino con la tecnología RFID de la mano de Texas Instruments (TI), un sistema de control de encendido del automóvil. Apareció también un sistema de Philips que permitía la gestión del encendido, control del combustible, y control de acceso al vehículo entre otras acciones. Aplicaciones para autopistas y billetes electrónicos se fueron extendiendo por Asia, África, Suramérica y Australia. A partir de aquí el éxito de la tecnología RFID en estos campos hizo que se aplicaran a otros segmentos económicos.

Fue en Dallas por primera vez cuando con un solo tag era utilizado para el acceso a una autopista, al campus universitario, a diferentes garajes de la ciudad, incluido el del aeropuerto.

El avance de la tecnología durante esta década fue rápido debido a los desarrollos tecnológicos en otros campos que permitían fabricar cada vez equipos más pequeños, con más memoria, con más alcance y abaratando su coste de fabricación apareciendo así nuevos usos hasta esa fecha descartados.

El futuro de RFID parece ser esperanzador, en un mundo basado en el poder de la información y donde cada vez se desecha más el cable, el radio de acción de esta tecnología parece ser bastante grande. El interés por el comercio virtual parece que tiene su principal valedor en estos sistemas en los que basar una correcta gestión de todo el proceso. Por ese motivo la FCC (Federal Communications Commission) escogió el espectro entorno de los 5,9 GHz para nuevos sistemas inteligentes de transporte y para las nuevas aplicaciones que necesiten. Pero para

estas nuevas aplicaciones se necesita un gran desarrollo de la tecnología. El futuro de RFID parece alentador, pero como todas las tecnologías necesita de los otros campos tecnológicos para avanzar. Podemos resumir el avance que ha experimentado la tecnología RFID por décadas.

En la tabla 1, se presenta un resumen de los avances tecnológicos por cada década que están relacionados con RFID.

<b>Década</b>	<b>Avances Tecnológicos</b>
<b>1940-1950</b>	Se rediseña el radar para uso militar tomando gran relevancia en la II Guerra Mundial. RFID aparece en 1948.
<b>1950-1960</b>	Primeros experimentos con RFID en laboratorios.
<b>1960-1970</b>	Desarrollo de la tecnología RFID, primeros ensayos en algunos campos de la tecnología.
<b>1970-1980</b>	Explosión de la tecnología. Se realizan más test. Primeras aplicaciones.
<b>1980-1990</b>	Aparecen más aplicaciones para la tecnología.
<b>1990-2000</b>	RFID toma relevancia en el mundo cotidiano. Aparecen los estándares.

**Tabla 1: Resumen de la evolución de la tecnología RFID**

## **2.4 Elementos de un sistema RFID**

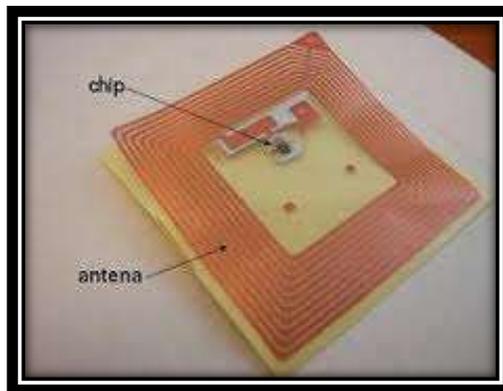
Un sistema RFID se compone básicamente de 4 elementos. En el presente apartado vamos a proceder a describir cada uno de estos componentes y los principales parámetros que los caracterizan<sup>5</sup>.

- Etiqueta RFID
- Lector o interrogador
- Ordenador, host o controlador
- Middleware

### **2.4.1 Etiqueta RFID**

También llamada tag o transpondedor (transmisor y receptor). La etiqueta se inserta o adhiere en un objeto, animal o persona, portando información sobre el mismo. En este contexto, la palabra "objeto" se utiliza en su más amplio sentido: puede ser un vehículo, una tarjeta, una llave, un paquete, un producto, una planta, etc. Consta de un microchip que almacena los datos y una pequeña antena que habilita la comunicación por radiofrecuencia con el lector.

En la ilustración 2 se muestra una etiqueta pasiva, como se observa la principal característica de esta etiqueta es no contar con batería interna.



**Ilustración 2: Etiqueta RFID “pasiva”**

---

<sup>5</sup>Altamirano Loera, R. (2006). *Propuesta de implementación de un sistema de Radio Frequency Identification (RFID) en la colección de la EGAP de la biblioteca del tecnológico de monterrey, campus ciudad de México*. Tesis de maestría en ciencias de la información y administración del conocimiento. Instituto tecnológico y de estudios superiores de monterrey. México D.F.

## **Clasificación de las etiquetas RFID según sus características<sup>6</sup>**

### **Según su capacidad de programación:**

- De solo lectura: las etiquetas se programan durante su fabricación y no pueden ser reprogramadas.
- De una escritura y múltiples lecturas: las etiquetas permiten una única reprogramación.
- De lectura/escritura: las etiquetas permiten múltiples reprogramaciones.

### **Según el modo de alimentación:**

- Activos: si las etiquetas requieren de una batería para transmitir la información.
- Pasivos: si las etiquetas no necesitan batería.

### **Según el rango de frecuencia de trabajo:**

- Baja Frecuencia (BF): se refiere a rangos de frecuencia inferiores a 135 KHz.
- Alta Frecuencia (AF): cuando la frecuencia de funcionamiento es de 13,56 MHz
- Ultra Alta Frecuencia (UHF): comprende las frecuencias de funcionamiento en las bandas de 2,45 GHz y 5,8 GHz

### **Según el protocolo de comunicación<sup>7</sup>:**

- Dúplex: El transpondedor transmite su información en cuanto recibe la señal del lector y mientras dura esta. A su vez pueden ser:
  - Half dúplex, cuando Tag y lector transmiten en turnos alternativos.
  - Full dúplex, cuando la comunicación es simultánea. En estos casos la transmisión del transpondedor se realiza a una frecuencia distinta que la del lector.
- Secuencial: El campo del lector se apaga a intervalos regulares, momento que aprovecha el transpondedor para enviar su información. Se utiliza con etiquetas activas, ya que el Tag no puede aprovechar toda la potencia que

---

<sup>6</sup>Cáceres Chiquillo, J.J. & Morales Hernández, R.A. & Quintanilla padilla, R.E. (2009). Informe final de investigación: sistema de identificación y posicionamiento local por radiofrecuencia (RFID). Recuperado el 18 de octubre 2014 de [www.itca.edu.sv](http://www.itca.edu.sv)

<sup>7</sup>ETSI EN 302 208-1 v.1.1.1: Compatibilidad electromagnética y cuestiones de espectro de radiofrecuencia (ERM); Part 1: Requisitos técnicos y métodos de medición ETSI.

le envía el lector y requiere una batería adicional para transmitir, lo cual incrementaría el coste.

**Según el principio de propagación:**

- Inductivos: utilizan el campo magnético creado por la antena del lector para alimentar el Tag. Opera en el campo cercano y a frecuencias bajas (BF y AF).
- Propagación de ondas electromagnéticas: utilizan la propagación de la onda electromagnética para alimentar la etiqueta. Opera en el campo lejano y a muy altas frecuencias (UHF y microondas).

**Componentes internos de una etiqueta RFID**

**Transpondedores:** Es el dispositivo que va embebido en una etiqueta o Tag y contiene la información asociada al objeto al que acompaña, transmitiéndola cuando el lector la solicita.

Está compuesto principalmente por un microchip y una antena. Adicionalmente puede incorporar una batería para alimentar sus transmisiones o incluso algunas etiquetas más sofisticadas pueden incluir una circuitería extra con funciones adicionales de entrada/salida, tales como registros de tiempo u otros estados físicos que pueden ser monitorizados mediante sensores apropiados (de temperatura, humedad, etc.).

**Microchip:** Este incluye

- Una circuitería analógica que se encarga de realizar la transferencia de datos y de proporcionar la alimentación.
- Una circuitería digital (lógica de control, lógica de seguridad, lógica interna o microprocesador).
- Una memoria para almacenar los datos. Esta memoria suele contener:
  - Una ROM (Read only Memory) o memoria de solo lectura.
  - Una RAM (Random Access Memory) o memoria de acceso aleatorio.
  - Una memoria de programación no volátil. Se utiliza para asegurar que los datos están almacenados aunque el dispositivo esté inactivo. Típicamente suele tratarse de una EEPROM (Electrically Erasable Programmable ROM).

- Registros de datos (buffers) que soportan de forma temporal, tanto los datos entrantes después de la demodulación como los salientes antes de la modulación. Además actúa de interfaz con la antena.

**Antena:** Esta va incorporada en las etiquetas para ser capaces de transmitir los datos almacenados en el microchip puede ser de dos tipos:

- Un elemento inductivo (bobina).
- Un dipolo.

Existen dos mecanismos por los cuales es posible transferir la potencia de la antena del lector a la antena de la etiqueta, para que ésta transmita su información: acoplamiento inductivo y propagación por ondas electromagnéticas. Estos dos tipos de acoplamiento dependen de si se trabaja en campo cercano o en campo lejano.

### **Parámetros de las etiquetas RFID**

Los parámetros que caracterizan las etiquetas RFID y comprenden las bases para diseñar sus especificaciones son: el modo de alimentación, la capacidad y tipo de datos almacenados, la velocidad de lectura de datos, las opciones de programación, la forma física y los costes.

#### ***Modo de alimentación:***

Aunque los niveles requeridos para que el transpondedor envíe la información son muy pequeños, del orden de micro a mili-watts, es necesario que las etiquetas dispongan de algún tipo de alimentación. Dependiendo del modo en que éstas obtengan su potencia, las etiquetas se clasifican en activas o pasivas.

#### ***Etiquetas activas***

Además de recoger energía del lector, se alimentan de una batería. Normalmente incorporan una pila que posee una alta relación potencia-peso. Típicamente son dispositivos de lectura/escritura. Además, una ventaja adicional que presentan frente a las etiquetas pasivas es que pueden usarse para gestionar otros dispositivos, como pueden ser los sensores.

En términos generales las etiquetas RFID activas permiten un radio de cobertura mayor, mejor inmunidad al ruido y tasas de transmisión más altas cuando se trabaja a alta frecuencia. Estas ventajas se traducen en un coste mayor, por lo que se aplican cuando los bienes a identificar lo justifican.

## **Etiquetas pasivas**

Funcionan sin una batería interna, obteniendo la potencia que necesitan para funcionar del campo generado por el interrogador. La ausencia de batería provoca que las etiquetas pasivas sean mucho más ligeros, pequeños, flexibles y baratos que los activos, hecho que redundo en que puedan ser diseñados en una amplia gama de formas. Además, ofrecen un tiempo de vida prácticamente ilimitado. Como contrapartida, poseen unos radios de cobertura menores y requieren más cantidad de energía procedente del interrogador para poder transmitir los datos. También poseen restricciones a la hora de almacenar los datos y no funciona demasiado bien en ambientes con interferencias electromagnéticas.

***Resumimos la comparativa de las principales características en la tabla No.2:***

<b>Característica</b>	<b>Etiquetas activas</b>	<b>Etiquetas pasivas</b>
<b>Incorporan baterías</b>	Si	No
<b>Coste</b>	Mayor	Menor
<b>Cobertura</b>	Mayor	Menor
<b>Capacidad de datos</b>	Mayor	Menor

**Tabla 2: Etiquetas Activas vs Etiquetas Pasivas<sup>8</sup>**

### ***Tipo y Capacidad de los Datos Almacenados:***

Los datos almacenados en las etiquetas requieren algún tipo de organización como, por ejemplo, identificadores para los datos o bits de detección de errores (bits de paridad, bits de redundancia cíclica), con el fin de satisfacer las necesidades de recuperación de datos. Este proceso se suele conocer como codificación de fuente.

La cantidad de datos que se desea almacenar, evidentemente, dependerá del tipo de aplicación que se desee desarrollar.

---

<sup>8</sup> Tabla de elaboración propia

### **Velocidad de Lectura de Datos:**

La velocidad de lectura de los datos depende principalmente de la frecuencia portadora. En términos generales, cuanto más alta sea dicha frecuencia, más alta será la velocidad de transferencia.

Para etiquetas que poseen una alta capacidad de almacenamiento de datos, cuando se trata de leer toda la información almacenada en la etiqueta los tiempos de lectura serán en consecuencia elevados. A baja frecuencia (<135 KHz) una unidad lectora estándar tardará aproximadamente 0,012 segundos en capturar la información de una etiqueta, permitiendo una velocidad de 3 m/s. Para velocidades más rápidas se necesitarían antenas más grandes. Por ejemplo ha sido posible realizar lecturas cuando las etiquetas se movían velocidades de 65 m/s (unos 240 km/h)<sup>9</sup>.

### **Opciones de transporte de datos:**

Dependiendo del tipo de memoria que incorpore el transpondedor, los datos transportados pueden ser:

**De sólo lectura:** Son dispositivos de baja capacidad. Normalmente portan un número de identificación o una clave a una base de datos donde existe información dinámica relativa al objeto, animal o persona a la que van adheridos.

**De una escritura y múltiples lecturas:** Son dispositivos programables por el usuario, pero una única vez.

**De lectura y escritura:** También son programables por el usuario pero adicionalmente permiten modificar los datos almacenados en la etiqueta. Los programadores permiten la escritura directamente sobre la etiqueta adherida al objeto en cuestión, siempre y cuando se encuentre dentro del área de cobertura del programador.

### **Forma física:**

Las etiquetas RFID pueden tener muy diversas formas, tamaños y carcasas protectoras, dependiendo de la utilidad para la que son creados. El proceso básico de ensamblado consiste en la colocación, sobre un material que actúa como base (papel, PVC), de una antena hecha con materiales conductivos como la plata, el

---

<sup>9</sup>ETSI EN 302 208-1 v.1.1.1: Compatibilidad electromagnética y cuestiones de espectro de radiofrecuencia (ERM); Part 1: Requisitos técnicos y métodos de medición ETSI.

aluminio o el cobre. Posteriormente se conecta el microchip a la antena y opcionalmente se protege el conjunto con un material que le permita resistir condiciones físicas adversas. Este material puede ser PVC, resina o papel adhesivo.

Una vez construida la etiqueta, su encapsulación puede variar de modo que faciliten su inserción o acoplamiento a cualquier material (madera, plástico, piel,...).

Con respecto al tamaño, es posible desarrollar etiquetas del orden de milímetros hasta unos pocos centímetros. Por ejemplo los transpondedores empleados en la identificación de ganado, que son insertados bajo la piel del animal, miden entre 11 y 34 mm, mientras que aquellos que se encapsulan en discos o monedas, suelen tener un diámetro de entre 3 y 5 cm. Las etiquetas inteligentes RFID tienen las medidas estandarizadas de 85,72 mm x 54,03 mm x 0,76 mm  $\pm$  tolerancias.

#### **2.4.2 Lector o interrogador**

Es el dispositivo encargado de transmitir la energía suficiente a la etiqueta y de leer los datos que esta le envíe para luego enviarlos al sistema de información. Consta de un módulo de radiofrecuencia (transmisor y receptor), una unidad de control y una antena para interrogar las etiquetas vía radiofrecuencia.

En la ilustración 3 se muestra un lector FX7400 marca: Motorola que opera en el rango cercano a los 868 MHz.



**Ilustración 3: Lector RFID, Marca Motorola, Modelo FX7400<sup>10</sup>**

---

<sup>10</sup>Imagen tomada de [WWW.motorola/rfid/equipos.com](http://WWW.motorola/rfid/equipos.com)

Los lectores están equipados con interfaces estándar de comunicación que permiten enviar los datos recibidos de la etiqueta a un subsistema de procesamiento de datos, como puede ser un ordenador personal o una base de datos.

Algunos lectores llevan integrado un programador que añade a su capacidad de lectura, la habilidad para escribir información en las etiquetas. A lo largo del presente estudio, cuando hablemos de lector, se considerara que es un dispositivo capaz de leer la etiqueta, independientemente de si puede solo leer, o leer y escribir.

El lector puede actuar de tres modos:

- Interrogando su zona de cobertura continuamente, si se espera la presencia de múltiples etiquetas pasando de forma continua.
- Interrogando periódicamente, para detectar nuevas presencias de etiquetas.
- Interrogando de forma puntual, por ejemplo cuando un sensor detecte la presencia de una nueva etiqueta.

### **Componentes de un lector**

Los componentes del lector son:

- El módulo de radiofrecuencia (formado por receptor y transmisor)
- La unidad de control
- La antena.

A continuación se procede a describir un poco más cada uno de estos elementos.

- **El módulo de radiofrecuencia<sup>11</sup>**, que consta básicamente de un transmisor que genera la señal de radiofrecuencia y un receptor que recibe, también vía radiofrecuencia, los datos enviados por las etiquetas. Sus funciones por tanto son:

- Generar la señal de radiofrecuencia para activar la etiqueta y proporcionarle energía.
- Modular la transmisión de la señal para enviar los datos al transpondedor.
- Recibir y de-modular las señales enviadas por el transpondedor.

---

<sup>11</sup>Ronzio, O. *Radiofrecuencia hoy*. Recuperado el 10 de octubre de 2014 de la pagina [www.agentesfisicos.com](http://www.agentesfisicos.com)

- **La unidad de control**, constituida básicamente por un microprocesador. En ocasiones, para aliviar al microprocesador de determinados cálculos, la unidad de control incorpora un circuito integrado ASIC (Application Specific Integrated Circuit), adaptado a los requerimientos deseados para la aplicación. La unidad de control se encarga de realizar las siguientes funciones:

- Codificar y decodificar los datos procedentes de los transpondedores.
- Verificar la integridad de los datos y almacenarlos.
- Gestionar el acceso al medio: activar las etiquetas, inicializar la sesión, autenticar y autorizar la transmisión, detectar y corregir errores, gestionar el proceso de multi-lectura (anticolisión), cifrar y descifrar los datos, etc.
- Comunicarse con el sistema de información, ejecutando las órdenes recibidas y transmitiéndole la información obtenida de las etiquetas.

Una de las funciones más críticas que debe realizar la unidad de control es gestionar el acceso al medio. Cuando se transmite información mediante una tecnología que no requiere contacto físico, existe la posibilidad de que aparezcan interferencias que provoquen cambios indeseados a los datos transmitidos y, en consecuencia, errores durante la transmisión. Para evitar este problema se utilizan procedimientos de comprobación (checksum). Los más comunes son la comprobación de bits de paridad, comprobación de redundancia longitudinal (LRC, Longitudinal Redundancy Check) y comprobación de redundancia cíclica (CRC, Cyclic Redundancy Check).

El número de etiquetas que un lector puede identificar en un instante de tiempo depende de la frecuencia de trabajo y del protocolo utilizado. Por ejemplo, en la banda de Alta Frecuencia suele ser de 50 tags por segundo, mientras que en la banda de Ultra Alta Frecuencia puede alcanzar las 200 tags por segundo.

- **La antena**<sup>12</sup> del lector es el elemento que habilita la comunicación entre el lector y el transpondedor. Las antenas están disponibles en una gran variedad de formas y tamaños. Su diseño puede llegar a ser crítico, dependiendo del tipo de aplicación para la que se desarrolle. Este diseño puede variar desde pequeños dispositivos de mano hasta grandes antenas independientes. Por ejemplo, las antenas pueden montarse en el marco de puertas de acceso para controlar el personal que pasa, o sobre una cabina de peaje para monitorizar el tráfico que circula. La mayor parte de las antenas se engloban en alguna de las siguientes categorías:

- Antenas de puerta (uso ortogonal).
- Antenas polarizadas circularmente.

---

<sup>12</sup>Ronzio, O. *Radiofrecuencia hoy*. Recuperado el 10 de octubre de 2014 de la pagina [www.agentesfisicos.com](http://www.agentesfisicos.com)

- Antenas polarizadas linealmente.
- Antenas omnidireccionales.
- Antenas de varilla.
- Dipolos o multipolos.
- Antenas adaptativas o de arrays.

El elemento más característico de la antena del lector es la frecuencia de operación a la que trabaja el sistema. Sin embargo, existen otra serie de parámetros físicos que es necesario considerar: impedancia, máxima potencia permitida, ganancia, patrón de polarización (polarización X-Y o circular). Estos son los elementos clave que crean el campo de radiofrecuencia, pero a su vez están influenciados por otros parámetros, como la eficiencia de la antena o el tipo de acoplamiento con la antena de la etiqueta.

El principal aspecto a considerar a la hora de elegir una antena es el área de cobertura requerida para la aplicación, de modo que sea lo suficientemente grande para detectar las etiquetas, pero lo suficientemente pequeño para evitar lecturas no válidas que pueden afectar y confundir al sistema.

Otro aspecto que puede afectar a la cobertura es la orientación de la antena del lector con respecto a la etiqueta, que influye sobre la cantidad de potencia transferida al tag, afectando en ocasiones de forma significativa a la lectura.

A pesar de que las etiquetas pueden leerse en todas las orientaciones, en general el campo generado por la antena del lector tiene una dirección determinada. Este hecho influye especialmente en AF y UHF, pudiendo reducirse la cobertura al 50% o incluso imposibilitando la lectura de la etiqueta. Por ello, resulta conveniente buscar el acoplamiento óptimo entre ambas antenas, y si la orientación de la etiqueta no puede controlarse se debe buscar una compensación mediante un adecuado diseño de la antena.

### **Características de la antena de un lector**

Todos estos aspectos hay que tenerlos en cuenta antes de adquirir el lector, ya que en general todas las antenas RFID se presentan como productos finales, por lo que es necesario analizar previamente sus características. Sin embargo, la mayoría son sintonizables de modo que puedan ajustarse a la frecuencia de operación seleccionada para el sistema. Esto las hace susceptibles a multitud de factores externos, como son<sup>13</sup>:

---

<sup>13</sup>Cáceres Chiquillo, J.J. & Morales Hernández, R.A. & Quintanilla padilla, R.E. (2009). Informe final de investigación: sistema de identificación y posicionamiento local por radiofrecuencia (RFID). Recuperado el 18 de octubre 2014 de [www.itca.edu.sv](http://www.itca.edu.sv)

- Variaciones RF.
- Pérdidas por proximidad de metales.
- Variaciones del entorno.
- Efectos armónicos.
- Interferencias con otras fuentes de RF.
- Reflexiones de la señal.
- Diafonía (cross-talk).

El problema de de-sintonización de la antena, como consecuencia del efecto de estos factores, puede corregirse mediante la introducción de circuitos dinámicos auto-sintonizadores, que realimentan continuamente la antena para que ésta esté siempre bien sintonizada.

Una vez que una etiqueta es detectada y seleccionada, el lector puede realizar operaciones sobre ella, es decir, leer su información o escribir en ella. Después de finalizar la operación, el lector descarta la etiqueta para proceder a interrogar a la siguiente. Existen algoritmos como el “Protocolo Orden-Respuesta”, en el que el lector ordena a un transpondedor que cese su transmisión, cuando reconoce que ya ha recibido la información. Otro método alternativo, más seguro pero más lento y costoso, se denomina “Sondeo Selectivo”, donde el lector busca específicamente las etiquetas que tienen una determinada identificación y las interroga por turnos.

Por último, otra aproximación, aunque más cara, incluye el empleo de varios lectores multiplexados en único interrogador.

#### **2.4.2 Tipos de lectores**

Los lectores pueden variar su complejidad considerablemente dependiendo del tipo de transpondedor que tengan que alimentar y de las funciones que deban desarrollar. Una posible clasificación los divide en fijos o móviles dependiendo de la aplicación que se considere.

- Los dispositivos fijos se posicionan en lugares estratégicos como puertas de acceso, lugares de paso o puntos críticos dentro de una cadena de ensamblaje, de modo que puedan monitorizar las etiquetas de la aplicación en cuestión.
- Los lectores móviles suelen ser dispositivos de mano. Incorporan una pantalla LCD, un teclado para introducir datos y una antena integrada dentro de una unidad portátil. Por esta razón, su radio de cobertura suele ser menor.

### **Principales parámetros que caracterizan un lector RFID**

**Frecuencia de operación**<sup>14</sup>. El lector puede funcionar a baja frecuencia, alta frecuencia, ultra alta frecuencia y frecuencia de microondas. Ya existen en el mercado lectores multifrecuencia.

- Protocolo de funcionamiento. Muchas compañías ofrecen soporte multiprotocolo (ISO, propietarios...), pero no admiten todos los protocolos existentes.
- Tipo de regulación que siguen. Por ejemplo, existen distintas regulaciones de frecuencia y de potencia en Estados Unidos y en Europa:
  - La banda de UHF funciona a 902–930 MHz en Estados Unidos y a 869 MHz en Europa.
  - La máxima potencia permitida es de 2 Vatios en Estados Unidos y 0,5 Vatios en Europa.
- Interfaz con el sistema host:
  - TCP/IP.
  - WLAN.
  - Ethernet (10BaseT).
  - Serie: RS 232, RS 485.
- Capacidad para multiplexar muchos lectores:
  - A través de concentradores.
  - A través de middleware.
- Capacidad para actualizar el software del lector on-line:
  - Vía Internet.
  - Vía interfaz con el host.
- Capacidad para gestionar múltiples antenas, típicamente 4 antenas/lector.
- Capacidad para interactuar con otros productos de middleware.
- Entrada/salida digital para conectar otros dispositivos tales como sensores externos o circuitos de control adicionales.

#### **2.4.3 Un ordenador, host o controlador**

Es el elemento que desarrolla la aplicación RFID. Recibe la información de uno o varios lectores y se la comunica al sistema de información. También es capaz de transmitir órdenes al lector.

---

<sup>14</sup>ETSI EN 302 208-1 v.1.1.1: Compatibilidad electromagnética y cuestiones de espectro de radiofrecuencia (ERM); Part 1: Requisitos técnicos y métodos de medición ETSI

#### **2.4.4 Middleware (sistema de información)**

El middleware es el software que se ocupa de la conexión entre el hardware de RFID y los sistemas de información existentes (y posiblemente anteriores a la implantación de RFID) en la aplicación. Del mismo modo que un PC, los sistemas RFID hardware serían inútiles sin un software que los permita funcionar. Esto es precisamente el middleware.

Se ocupa, entre otras cosas, del encaminamiento de los datos entre los lectores, las etiquetas y los sistemas de información, y es el responsable de la calidad y usabilidad de las aplicaciones basadas en RFID.

El middleware de RFID se ocupa por tanto de la transmisión de los datos entre los extremos de la transacción. Por ejemplo, en un sistema RFID basado en etiquetas, en el proceso de lectura se ocuparía de la transmisión de los datos almacenados en una de las etiquetas al sistema de información. Las cuatro funciones principales del middleware de RFID son:

**Adquisición de datos.** El middleware es responsable de la extracción, agrupación y filtrado de los datos procedentes de múltiples lectores RFID en un sistema complejo. Sin la existencia del middleware, los sistemas de información de las empresas se colapsarían con rapidez. Por ejemplo, se ha estimado que cuando Walmart empezó a utilizar RFID, generaba del orden de 2 TBytes de datos por segundo.

**Encaminamiento de los datos.** El middleware facilita la integración de las redes de elementos y sistemas RFID de la aplicación. Para ello dirige los datos al sistema apropiado dentro de la aplicación.

**Gestión de procesos.** El middleware se puede utilizar para disparar eventos en función de las reglas de la organización empresarial donde opera, por ejemplo, envíos no autorizados, bajadas o pérdidas de stock, etc.

**Gestión de dispositivos.** El middleware se ocupa también de monitorizar y coordinar los lectores RFID, así como de verificar su estado y operatividad, y posibilita su gestión remota.

Todos estos elementos conforman un sistema RFID que, atendiendo a distintos criterios relacionados con las características técnicas y operacionales de cada uno de los componentes, pueden ser de diversos tipos.

Algunos de los sistemas de información de la empresa con los que se puede integrar un sistema RFID son<sup>15</sup>:

- sistema de planificación de recursos ERP (Enterprise ResourcePlanning).
- sistema de gestión de almacenes WMS, (Warehouse Management System).
- sistema de albaranes y comprobantes de entrega POD (Proof Of Delivery).
- sistema de comprobantes de recogida POC (Proof Of Collection).

## **2.5 Principios básicos de funcionamiento de un sistema RFID**

Un sistema de comunicación RFID se basa en la comunicación bidireccional entre un lector (interrogador) y una etiqueta (transponder), por medio de ondas de radiofrecuencia.

El sistema de transmisión de información varía según la frecuencia en la que trabaja. Así se puede clasificar un sistema de RFID en sistemas basados en el acoplamiento electromagnético o inductivo, y basados en la propagación de ondas electromagnéticas.

Hay que tener en cuenta que la comunicación se puede realizar en zonas industriales con metales, lo que unido a las características de ruido, interferencia y distorsión de estas comunicaciones vía radio complica la correcta recepción de bits.

Además de que esta comunicación es del tipo asíncrona, lo que repercute en una mayor atención en parámetros como la forma en que se comunican los datos, la organización de flujo de bits. Todo esto conlleva el estudio de la denominada codificación de canal, con el fin de mejorar la recepción de información.

Como en toda comunicación vía radio se necesita entre los dos componentes de la comunicación un campo sinusoidal variable u onda portadora. La comunicación se consigue aplicando una variación a ese campo, ya sea en amplitud, fase o frecuencia, en función de los datos a transmitir. Este proceso se conoce como modulación. En RFID suelen ser aplicadas las modulaciones ASK (Amplitude shift keying), FSK (Frequency shift keying) y PSK (Phase shift keying).

Los diferentes métodos de propagación de la información son usados en diferentes frecuencias. De este modo el acoplamiento inductivo funciona a

---

<sup>15</sup>Radio Frecuencia. EPC (Código Electrónico de Producto), Marianella Arava. EAN Costa Rica.

frecuencias más bajas y el sistema de propagación de ondas a frecuencias más elevadas.

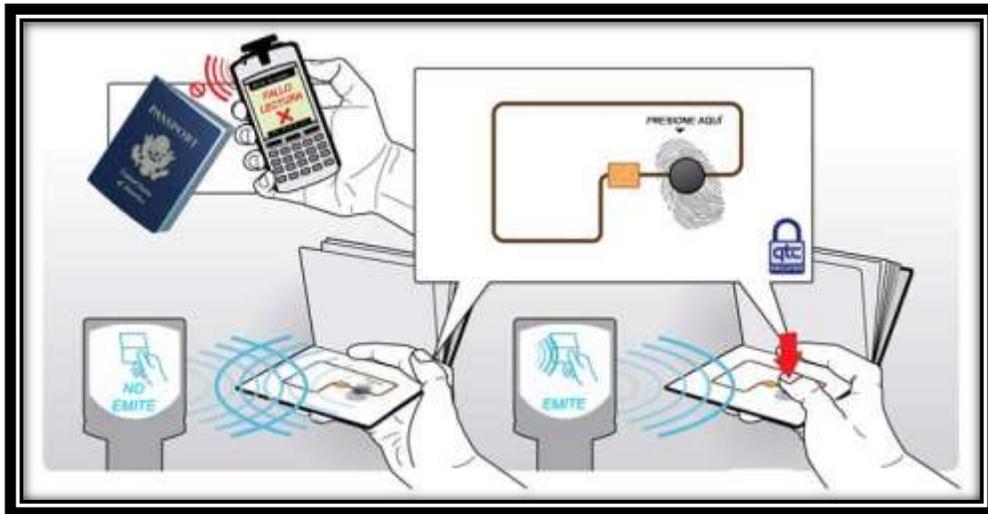
Existe también otro tipo de propagación usado en distancias menores a 1cm, que puede trabajar teóricamente en frecuencias bajas hasta 30MHz, son los sistemas “close coupling”.

Estos sistemas usan a la vez campos eléctricos y magnéticos para la comunicación. La comunicación entre el lector y el transponder no ocasiona un gasto excesivo de energía, por lo que en estos sistemas se pueden usar microchips que tengan un consumo de energía elevado. Son sistemas usados generalmente en aplicaciones con un rango de alcance mínimo pero con estrictas medidas de seguridad. Se usa en aplicaciones como cerraduras de puertas electrónicas o sistemas de contactless Smart card. Estos sistemas tienen cada vez menos importancia en el mercado de la tecnología RFID.

Por otro lado existen los sistemas de “remotcoupling” basados en el acoplamiento inductivo (magnético) entre el lector y el transponder. Por eso, estos sistemas también son conocidos como “inductive radio systems”. Los sistemas basados con acoplamiento capacitivo (eléctrico) no son casi usados por la industria; en cambio los inductivos se puede decir que abarcan el 80% de los sistemas de RFID. Este sistema de comunicación entre el lector y el transponder trabaja en el rango de frecuencia comprendido entre los 135 KHz y los 13,56 MHz. Aunque en algunas aplicaciones pueda trabajar a una frecuencia ligeramente más elevada. Su rango de alcance suele comprenderse alrededor de 1 m. Estos sistemas siempre usan transponders pasivos.

### **2.5.1 Acoplamiento inductivo**

El acoplamiento inductivo se basa en el mismo funcionamiento de los transformadores. En la ilustración 4 podemos observar un esquema del acoplamiento inductivo. En estas frecuencias el campo creado por la antena del interrogador es la energía que aprovecha el transponder para su comunicación. Este campo está cerca de la antena del interrogador, lo que permite alcanzar unas distancias cercanas al diámetro de la antena. A distancias mayores la potencia necesaria es muy elevada. La bobina del lector genera un fuerte campo electromagnético, que penetra en la sección de la antena del transponder y en su zona cercana.



**Ilustración 4: Seguridad RFID basada en acoplamiento inductivo<sup>16</sup>**

Las antenas de estos sistemas son bobinas, tanto del lector como del transponder de gran tamaño, debido a la circunstancia de que la longitud de onda ( $\lambda$ ) (como inverso de la frecuencia) es elevada. Estamos hablando de 2400m para frecuencias menores de 135KHz, y de 22,4m a una frecuencia de 13,56 MHz. Como esta longitud de onda es sensiblemente mayor que la distancia entre el lector y el transponder, el campo electromagnético puede ser tratado como un simple campo magnético alternante con respecto a la distancia entre transponder e interrogador.

#### ***Transferencia de datos entre transponder y lector<sup>17</sup>***

En este apartado para trabajar con sistemas de acoplamiento inductivo se suelen usar tres tipos:

- Load modulation
- Load modulation con subportadora
- Subarmónicos

#### ***Load modulation***

Se fundamenta en el funcionamiento de un transformador, siendo la bobina primaria la del lector y la secundaria la del transponder. Esto es cierto si la

---

<sup>16</sup>Imagen tomada de [www.agentesfisicos/rfid/diagramas.com](http://www.agentesfisicos/rfid/diagramas.com) recuperada el 5 de marzo 2015.

<sup>17</sup>Altamirano Loera, R. (2006). *Propuesta de implementación de un sistema de Radio Frequency Identification (RFID)* Tesis de maestría en ciencias de la información y administración del conocimiento, ciudad de México.

distancia entre las bobinas no es mayor de  $0,16\lambda$ , por lo que el transponder y el lector deben estar próximos. Si un transponder en resonancia se encuentra dentro del campo magnético de un lector, coge energía de ese campo magnético.

El resultado del “feedback” del transponder en la antena del lector puede ser representado como una impedancia ( $TZ$ ). Conectando y desconectando la resistencia de carga presente en la antena del transponder se consigue variar el valor de  $TZ$ , con lo que el voltaje que existe en la antena del lector también varía.

Esto tiene un efecto en la modulación de amplitud del voltaje del lector por culpa del transponder remoto. El tiempo en el que se desconecta y se conecta la resistencia de carga es controlado por los datos, es lo que se usa para enviar los datos del transponder al lector.

### ***Load modulation con subportadora***

Debido al acoplamiento débil que se realiza entre lector y transponder, las fluctuaciones que se producen en la tensión en la antena del lector (la información) es varios órdenes de magnitud inferior a la tensión de salida del propio lector. En la práctica para un sistema de 13,56 MHz, se entrega a la antena un voltaje de 100V en resonancia, la señal recibida del transponder es del orden de 10mV.

En esas frecuencias conocidas como subportadoras, es más fácil detectar las variaciones de tensión. La información se puede modular en ASK, FSK o PSK con el flujo de datos. Esto significa una modulación de amplitud en la subportadora. Por último solo se requiere un filtro de paso banda para aislar una de las dos subportadoras.

Debido a la amplia banda de guarda que requieren estos filtros, este procedimiento sólo es usado en la banda ISM en las frecuencias 6,78 MHz, 13,56 MHz y 27,125 MHz.

### ***2.5.2 Acoplamiento Backscatter***

Otro sistema de transferencia de información son los sistemas “long-range”, que Como su propio nombre indica son de largo alcance, mayores a 1 m. Estos sistemas se basan en el uso de ondas electromagnéticas en el rango de UHF o microondas. La mayoría de estos sistemas son conocidos como sistemas “backscatters” debido a su principio de operación. Existen otros sistemas de largo alcance que utilizan ondas acústicas de superficie en el rango de microondas.

Todos estos sistemas “long-range” operan en los rangos de UHF, 868 MHz(Europa) y 915 MHz (USA) y en rango de microondas en 2,5 GHz y 5,8 GHz. La principal ventaja de trabajar a estas frecuencias es tener una longitud de onda corta, lo que permite la construcción de antenas de un tamaño muy pequeño y de gran eficiencia.

Los sistemas que usan el principio backscatter tienen unos alcances típicos de 3 m en transponders pasivos (sin baterías) y de unos 15 m en transponders activos. La batería de los transponders activos no proporcionan la energía necesaria para la comunicación entre lector y transponder, únicamente alimentan el microchip en su proceso de almacenamiento y consulta de memoria. La energía para la transmisión entre el transponder y el lector, por tanto, es únicamente la extraída del campo electromagnético generado por el interrogador al realizar la comunicación con el transponder.

La principal diferencia con los sistemas inductivos es de donde proviene la energía que aprovecha el transponder para realizar la comunicación, mientras los sistemas a una frecuencia más elevada utilizan las ondas electromagnéticas, consiguiendo así un rango de alcance mayor, los sistemas inductivos utilizan la energía que una antena crea a su alrededor.

### ***Transferencia de datos entre transmisor y transponder***

Por la tecnología de radares sabemos que las ondas electromagnéticas se reflejan en objetos con dimensiones mayores a la mitad de la longitud de onda. La eficiencia con la que estos objetos reflejan las ondas se describe por el término conocido como “reflectioncross-section”. Una pequeña parte de la potencia emitida por la antena del lector es absorbida por la antena del transponder; pasa por la antena del transponder como un voltaje de HF y después es rectificado por diodos. El voltaje debe ser suficiente para servir como alimentación para rangos pequeños. Una proporción de la potencia absorbida es reflejada por la antena y retornada.

Las características de esta reflexión pueden ser influenciadas por las alteraciones en la carga de la antena. Para transmitir del transponder al lector, la resistencia de carga presente en el transponder conectada e paralelo con la antena, se conecta y desconecta según el flujo de datos. La amplitud de esa onda reflejada desde el transponder es lo que se modula, de ahí el nombre de modulación backscatter. Esta potencia reflejada es radiada en el espacio libre, una pequeña parte de esa potencia es recogida por la antena del lector. Esa potencia, el lector la recoge por

medio de un acoplador direccional, despreciando así la potencia que emite él mismo la cual es sustancialmente mayor.

## **2.6 Principios físicos de los sistemas RFID**

La inmensa mayoría de los sistemas RFID operan de acuerdo con el principio de acoplamiento inductivo, por tanto comprender los procedimientos de transferencia de datos y alimentación requiere un conocimiento detallado de los principios físicos del magnetismo. Los campos electromagnéticos son usados por los sistemas que operan a frecuencias por encima de los 30 MHz. Para ayudar a entender estos sistemas hay que estudiar la propagación de las ondas en campos lejanos y los principios de la tecnología de los radares.

Los campos eléctricos tienen un rol secundario y sólo son explotados para la transmisión de datos en los sistemas “closecoupling”.

### **2.6.1 Campo magnético**

El campo magnético  $H$

Cada movimiento de carga se asocia con un campo magnético. La presencia de los campos magnéticos se demuestra, por ejemplo, en la creación de una corriente eléctrica secundaria. El campo magnético depende de las cargas que lo crean, del punto donde se estudia, y del medio donde se crea el campo. Pero experimentalmente se descubrió que existe una magnitud que no depende del medio donde se cree, esta magnitud del campo magnético se define como intensidad del campo magnético  $H$ .

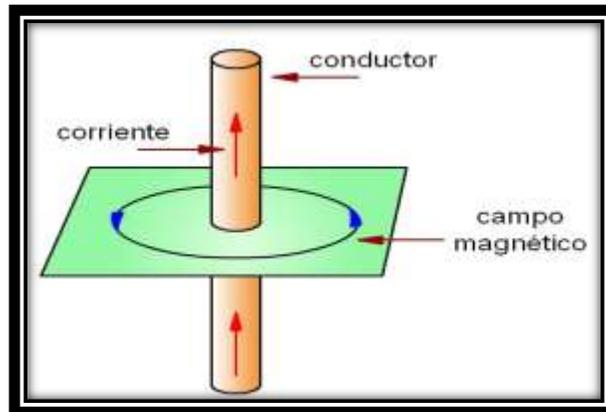
Se puede ver en la formula (1) y (2) la relación con el campo magnético  $B$ , como es la relación entre el campo magnético y la corriente que circula, por ejemplo, por un conductor.

$$H = \frac{B}{\mu} \quad (1)$$

$$\sum I = \oint H \cdot ds \quad (2)$$

Podemos usar (2) para encontrar el campo magnético para diferentes tipos de conductores.

En la ilustración 5, se muestra la interacción entre la corriente y el campo magnético al cruzar sobre un hilo conductor.



**Ilustración 5: Líneas de flujo magnético sobre un conductor<sup>18</sup>**

En la tabla número 3 se observa las constantes usadas en los cálculos de campos magnéticos, las unidades y abreviaturas pertenecen al sistema internacional de unidades.

Constante	Símbolo	Valor y unidad
Campo eléctrico	$\epsilon_0$	$8.85 \times 10^{-12} \text{ As/Vm}$
Campo magnético	$\mu_0$	$1.257 \times 10^{-6} \text{ Vs/Am}$
Velocidad de la luz	$c$	$299\,792 \text{ Km/s}$
Constantes de Boltzmann	$k$	$1.380662 \times 10^{-23} \text{ J/k}$

**Tabla 3: Constantes usadas en cálculos de campos magnéticos<sup>19</sup>**

El campo magnético se representa mediante líneas de fuerza, trazadas de modo que en cada uno de sus puntos el vector  $B$  es tangente.

<sup>18</sup>Imagen tomada de [www.madrid/fenomenosfisicos/edupubli](http://www.madrid/fenomenosfisicos/edupubli), recuperado el 23 de abril 2015.

<sup>19</sup> Datos tomados del "Sistema Internacional de Unidades"

## 2.6.2 Campo magnético H en espiras

Un aspecto importante para los diseños en la trayectoria que forma campo magnético (H) creado por una corriente que atraviesa unas espiras (conductor loop), también llamadas "short cylindrical coils". Estas espiras son usadas como antenas generadoras de un campo magnético en diseños de sistemas RFID con acoplamiento inductivo.

Podemos ver en la imagen 6 las líneas de campo magnético en conductores cilíndricos.

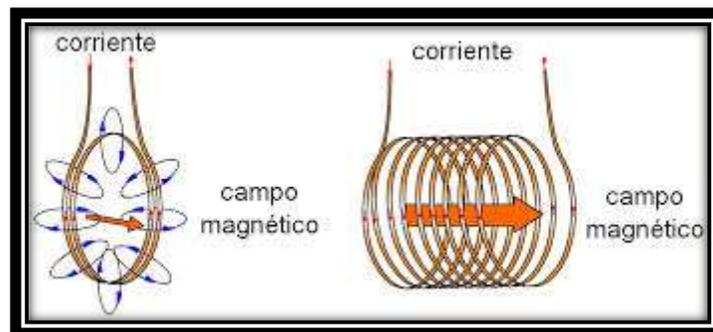


Ilustración 6: Líneas de flujo magnético de los conductores en espira<sup>20</sup>

El campo magnético H decrece con la distancia en el eje x. También se sabe que el campo H en relación con el radio de la espira r, permanece constante a una cierta distancia, y comienza a decrecer rápidamente.

La imagen 7 permite visualizar gráficamente estas relaciones

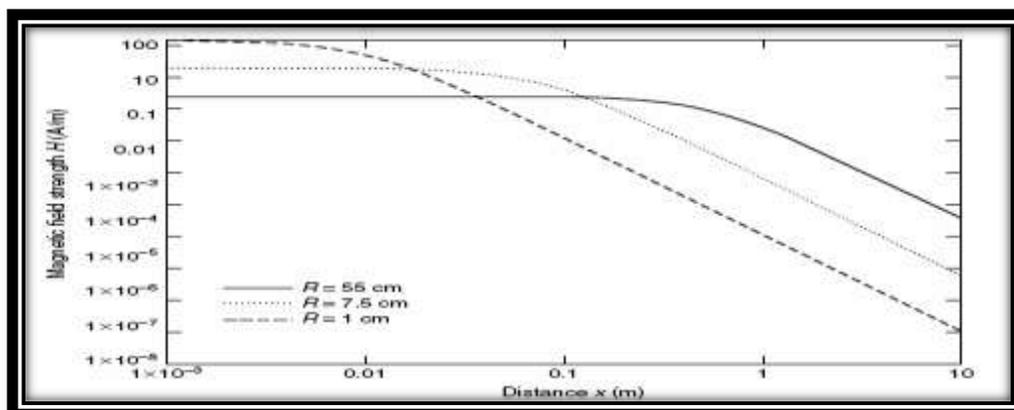


Ilustración 7: Intensidad del campo magnético H con la distancia del centro

<sup>20</sup> Ilustración tomada de [www.agentesfisicos.com](http://www.agentesfisicos.com)

### **de las espiras (eje x) y el radio de las espiras**

Para calcular el valor de H en el eje "x" usamos la fórmula 3

$$H = \frac{I.N.R^2}{2\sqrt{(R^2+x^2)^3}} \quad (3^{21})$$

Donde N es el número de espiras, R es el radio de la espira y x la distancia desde el centro de la espira, en la dirección del eje x. Para estas ecuaciones se toman como aproximaciones  $d \ll R$  y  $x < \lambda/2\pi$ .

Por otro lado tenemos que en centro de la espira, es decir, con  $x=0$ .

$$H = \frac{I.N}{2R} \quad (4)$$

En general, para lo que nos afecta al diseño de antenas transmisoras de RFID, hemos de saber cuánto más grande es el radio de la espira que forman la antena, en los sistemas con acoplamiento inductivo, más fuerte es el campo magnético en distancias mayores que el radio, y en cambio cuando el radio es pequeño más fuerte es el campo en distancias menores al radio.

Por estos motivos, a la hora de diseñar un sistema RFID debemos elegir un diámetro de antena óptimo. Si elegimos un radio demasiado grande, si es cierto que tendremos un mayor alcance, pero el campo magnético cerca del centro de la espira ( $x=0$ ) será muy débil, y por el contrario si elegimos un radio demasiado pequeño, nos encontraremos con un campo magnético que decrece en proporción de  $x^3$ .

Por tanto el radio óptimo de la antena de transmisión debe ser el doble del máximo alcance de lectura deseado.

En la práctica, aplicando estas teorías a los sistemas RFID, para conocer el alcance máximo de un lector, hay que saber también las características del campo magnético mínimo a recibir del transponder a leer. Si la antena seleccionada tiene un radio muy grande, entonces se corre el peligro que el campo magnético H pueda ser insuficiente para alimentar a los transponders que se encuentren más cerca de la antena del lector.

---

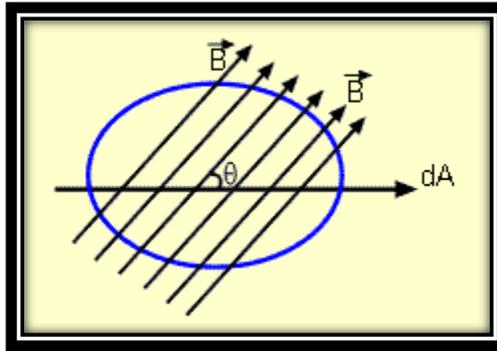
<sup>21</sup> Alvarado Sánchez, J. A. (2008). *Sistema de control de acceso con RFID*. Tesis de ingeniería eléctrica no publicada. Centro de investigación y de estudios avanzados del instituto politécnico nacional. México.

### 2.6.3 Flujo magnético y densidad del flujo magnético

El número total de líneas de campo magnético que pasan a través de una espira circular se conoce como flujo magnético  $\Phi$ , definido en un área  $A$  y con una densidad de flujo magnético  $B$ .

Como podemos ver en la imagen 8. La fórmula siguiente representa esta relación.

$$\Phi = B \cdot A$$



#### Ilustración 8: Relación entre el flujo magnético y la densidad del flujo<sup>22</sup>

La relación entre el campo magnético  $B$  y el campo magnético  $H$  se expresa según

$$B = \mu_0 \mu_r H = \mu H \quad (5)$$

Donde la constante  $\mu_0$  describe la conductividad magnética o permeabilidad en el vacío. La variable  $\mu_r$  es la permeabilidad relativa e indica cuanto de grande o cuanto de pequeña es que  $\mu_0$  dependiendo del material.

### 2.6.3 Inductancia $L$

Cualquier circuito es atravesado por un flujo creado por el mismo y que debe ser proporcional a la intensidad que lo recorre como vemos en (6). El flujo es particularmente elevado si el conductor tiene forma de espira. Normalmente hay más de una espira,  $N$  espiras en la misma área  $A$ , a través de las cuales circula la misma corriente. Cada espira contribuye con la misma proporción  $\Phi$  al flujo total  $\Psi$ , podemos ver la relación en

$$\Psi = \sum_N \Phi_N = N \cdot \Phi = N \cdot \mu \cdot H \cdot A \quad (6)$$

---

<sup>22</sup>Ronzio, O. Radiofrecuencia hoy. Recuperado el 10 de octubre de 2014 de la pagina [www.agentesfisicos.com](http://www.agentesfisicos.com)

Definimos como inductancia L, la relación entre el flujo total y la corriente que atraviesa el conductor.

$$L = \frac{\Psi}{I} = \frac{N \cdot \Phi}{I} = \frac{N \cdot \mu \cdot H \cdot A}{I} \quad (7)$$

La inductancia es una de las características variables de este tipo de conductores. La inductancia de los conductores en espira depende totalmente de las propiedades del material (permeabilidad) que la atraviesa el flujo del campo magnético y de la geometría del layout.

Si suponemos que el diámetro d del conductor usado es muy pequeño comparado con el diámetro D de la espira del conductor ( $d/D < 0.0001$ ), podemos realizar la aproximación

$$L = N^2 \mu_0 R \cdot IN \left( \frac{2R}{d} \right) \quad (7)$$

Dónde R es el radio de la espira del conductor y d el diámetro del conductor usado<sup>23</sup>.

## **2.7 Ondas electromagnéticas**

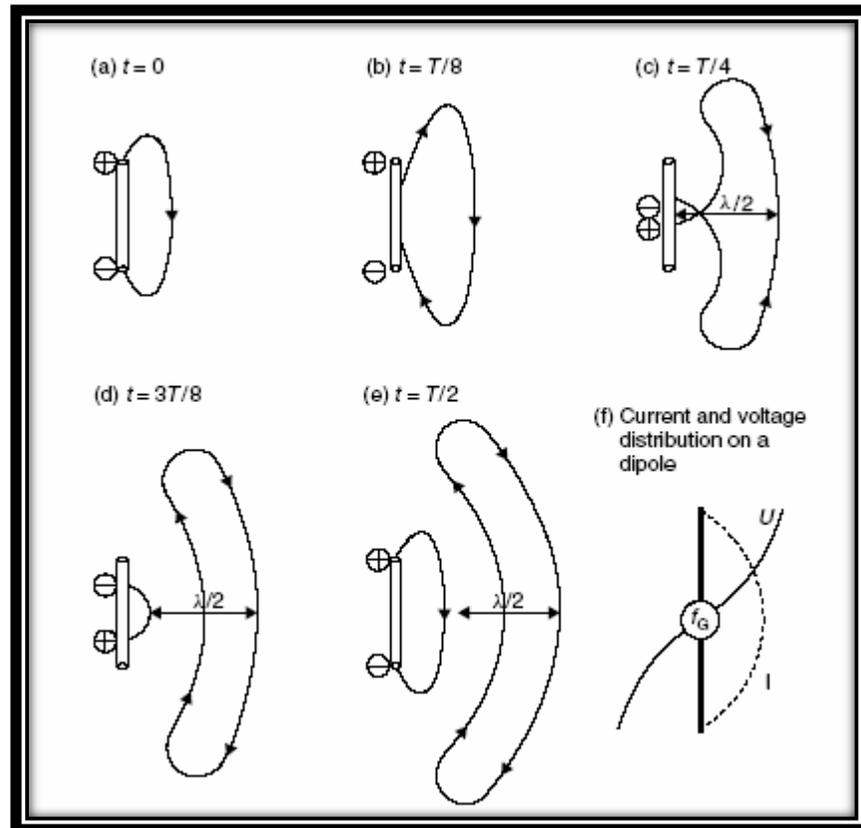
Como ya hemos visto una variación del campo magnético induce un campo eléctrico con líneas de campo cerradas.

Como el campo magnético propaga un campo eléctrico, éste originalmente puramente magnético se va transformando en un campo electromagnético. Además a la distancia de  $\lambda/2\pi$  el campo electromagnético comienza a separarse de la antena y comienza a desplazarse por el espacio en forma de onda electromagnético.

---

<sup>23</sup> Alvarado Sánchez, J. A. (2008). *Sistema de control de acceso con RFID*. Tesis de ingeniería eléctrica no publicada. Centro de investigación y de estudios avanzados del instituto politécnico nacional. México

Podemos ver como se crea una onda electromagnética en la imagen 9.

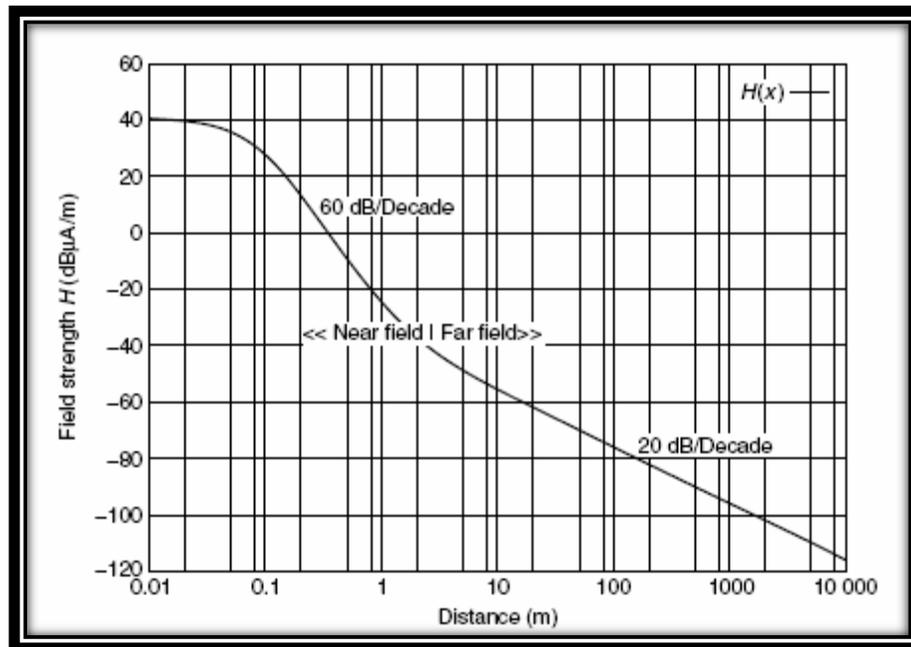


**Ilustración 9: creación de una onda electromagnética en un dipolo, el campo magnético forma un anillo alrededor de la antena**

El área desde la antena hasta el punto donde se forma la antena se conoce como “nearfield” de la antena, y el área a partir del punto donde se forma completamente la onda electromagnética se conoce como “farfield”.

Esto permite que el alcance de los sistemas por ondas electromagnéticas sea mayor que el producido por acoplamiento inductivo o capacitivo, que suelen representar su rango límite al principio del “farfield”.

En la imagen 10 podemos observar como en el “nearfield” el campo magnético decrece en función de  $1/d^3$  mientras que en el “farfield” sólo decrece en función de  $1/d$  esto en la frecuencia de 13.56 MHz.



**Ilustración 10: Grafico de la intensidad de campo magnético en la transición de Near y FarField<sup>24</sup>**

### 2.7.1 Densidad de radiación

Una onda electromagnética se desplaza en el espacio esféricamente desde su punto de creación. Al mismo tiempo, las ondas electromagnéticas transportan energía. A medida que nos alejamos de la fuente de radiación, la energía es dividida en el área de la superficie esférica que forma que se va incrementando. Aquí se introduce el término de densidad de radiación  $S$ .

En un emisor esférico, llamado isotrópico, la energía es radiada uniformemente en todas las direcciones. A la distancia  $r$  la densidad de radiación  $S$  puede calcularse fácilmente en (8), Como el cociente de la energía emitida PEIRP (transmisor isotrópico) por el emisor y el área de la superficie de la esfera.

$$S = \frac{P_{EIRP}}{4\pi r^2} \quad (8)$$

La energía transportada por las ondas electromagnéticas se almacena en los campos eléctrico y magnético de la onda. La relación entre los campos  $E$  y  $H$  y la densidad de radiación lo vemos en.

$$S = E \times H \quad (9)$$

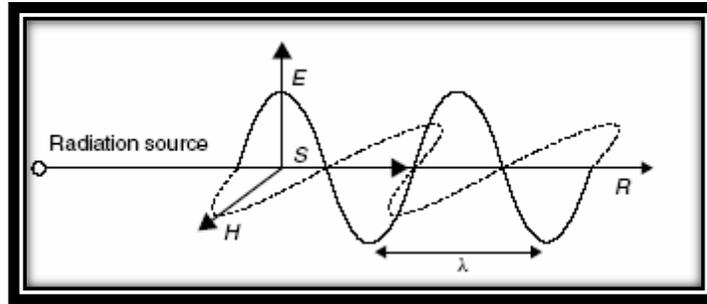
<sup>24</sup>Ronzio, O. Radiofrecuencia hoy. Recuperado el 10 de octubre de 2014 de la pagina [www.agentesfisicos.com](http://www.agentesfisicos.com)

En el vacío podemos aproximar la relación entre E y H como vemos

$$E = H \cdot \sqrt{\mu_0 \epsilon_0} = H \cdot Z_F \quad (10)$$

Donde  $Z_F$  es la impedancia característica de la onda e igual a  $120\pi\Omega$ .

En la imagen 11 vemos el vector S como producto de E y H



**Ilustración 11: Vector S<sup>25</sup>**

### **2.7.2 Polarización**

La polarización de una onda electromagnética se determina por la dirección del campo eléctrico de la onda. En la Figura No. 12 podemos diferenciar entre los diferentes tipos de polarizaciones.

Diferenciamos primero entre polarización lineal, donde también se diferencia entre polarización vertical y horizontal. Las líneas de campo eléctrico se desplazan en paralelo o perpendicular a la superficie terrestre.

La transmisión de energía entre dos antenas linealmente polarizadas es máximo cuando las dos antenas están polarizadas en la misma dirección, y mínima cuando forman un ángulo de  $90^\circ$  o  $270^\circ$ <sup>26</sup>.

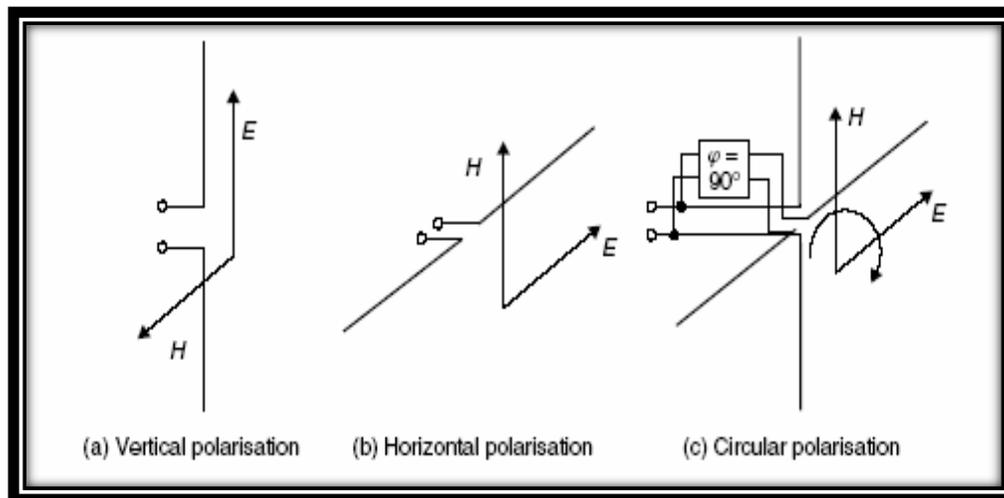
En los sistemas RFID no se puede conocer cuál será la orientación entre la antena del transponder y la del lector. El problema es solucionado por el uso de la polarización circular del lector de la antena. El principio de generación de polarización circular se ve en la imagen 12, dos dipolos son unidos en forma de cruz. De esta forma el campo electromagnético generado rota  $360^\circ$  cada vez que

---

<sup>25</sup>Cáceres Chiquillo, J.J. & Morales Hernández, R.A. & Quintanilla padilla, R.E. (2009). sistema de identificación y posicionamiento local por radiofrecuencia (RFID). Recuperado el 18 de octubre 2014 de [www.itca.edu.sv](http://www.itca.edu.sv)

<sup>26</sup>Radio Frecuencia. EPC (Código Electrónico de Producto), Marianella Arava. EAN Costa Rica.

se mueve el frente de onda una longitud de onda. Se diferencia por el sentido de giro del frente de onda izquierdas o derecha.



**Ilustración 12: Definición de la polarización de ondas electromagnéticas**

### **2.7.3 Reflexión en ondas electromagnéticas**

Una pequeña parte de la energía reflejada en objetos es devuelta a la antena transmisora. Es la tecnología en que se basa el radar para calcular la distancia y posición del objeto. En los sistemas de RFID la reflexión de las ondas electromagnéticas (sistema backscatter) es usada para la transmisión del transponder al lector.

Las propiedades de la reflexión se hacen más notorias cuando se incrementa la frecuencia. La potencia de la onda reflejada decrece en proporción a  $r^2$ .

Los sistemas backscatters emplean antenas con diferentes áreas de reflexión, llamado cross-section, que depende de varios factores como son el tamaño del objeto, el material, la estructura de la superficie, la longitud de onda ( $\lambda$ ) y la polarización.

## 2.7.4 Antenas

La elección de la antena es uno de los principales parámetros de diseño de un sistema RFID.

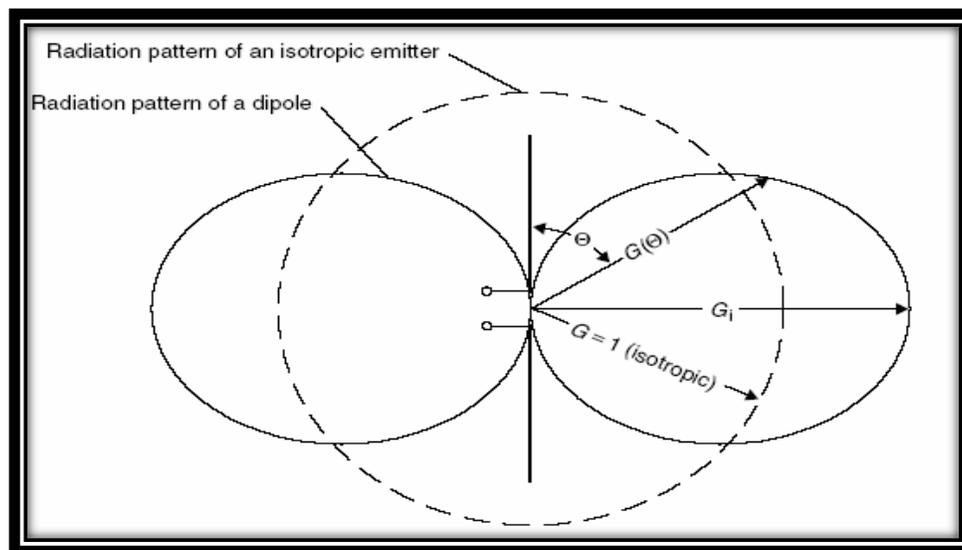
Definimos PEIRP en (11), como la potencia emitida por un emisor isotrópico, y la podemos obtener en

$$P_{EIRP} = \int_{A_{esferica}} S \cdot dA \quad (11)$$

Aunque una antena real difiere de una isotrópica en que no radia uniformemente en todas las direcciones. Incluimos el término de ganancia ( $G_i$ ) para una antena como la dirección de máxima radiación, indicando el factor por el cual la densidad de radiación es mayor que la de un emisor isotrópico con la misma potencia de transmisión. Si  $P_1$  es la potencia emitida por la antena. Así definimos también en PEIRP<sup>27</sup>.

$$P_{EIRP} = P_1 \cdot G_i \quad (12)$$

Un emisor isotrópico tiene una ganancia igual a 1 (ver ilustración 13).



**Ilustración 13: Comparación entre la radiación de un dipolo y un emisor isotrópico**

---

<sup>27</sup>Portillo, J.I. & Bermejo, A.B & Bernardo, A.M. informe de vigilancia tecnológica de Madrid: tecnología de identificación por radio frecuencia (RFID), aplicaciones en el ámbito de la salud. Recuperado el 15 de octubre de 2014 de [www.madrid.org/edupubli](http://www.madrid.org/edupubli)

Podemos diferenciar entre EIRP o ERP, mientras EIRP como comentábamos es la potencia emitida por una antena isotrópica, EIR es la emitida por una antena dipolo. Y están relacionadas por

$$P_{EIRP} = (P_{ERP}) (1.64)(13)$$

### **2.7.5 Rango de lectura**

Para la comunicación entre el lector y el transponder se deben cumplir dos condiciones. Primero el transponder debe estar suficientemente alimentado para su activación y la señal reflejada por el transponder debe ser lo suficientemente potente para que cuando la reciba el lector la pueda detectar sin errores.

En los lectores backscatter la permanente transmisión, la cual es requerida para activar el transponder, introduce un ruido significativo, que reduce la sensibilidad del receptor del lector.

Se puede asumir en la práctica que para que el transponder sea detectado, la señal del transponder no debe ser inferior a 100 dB por debajo del nivel de transmisión del lector.

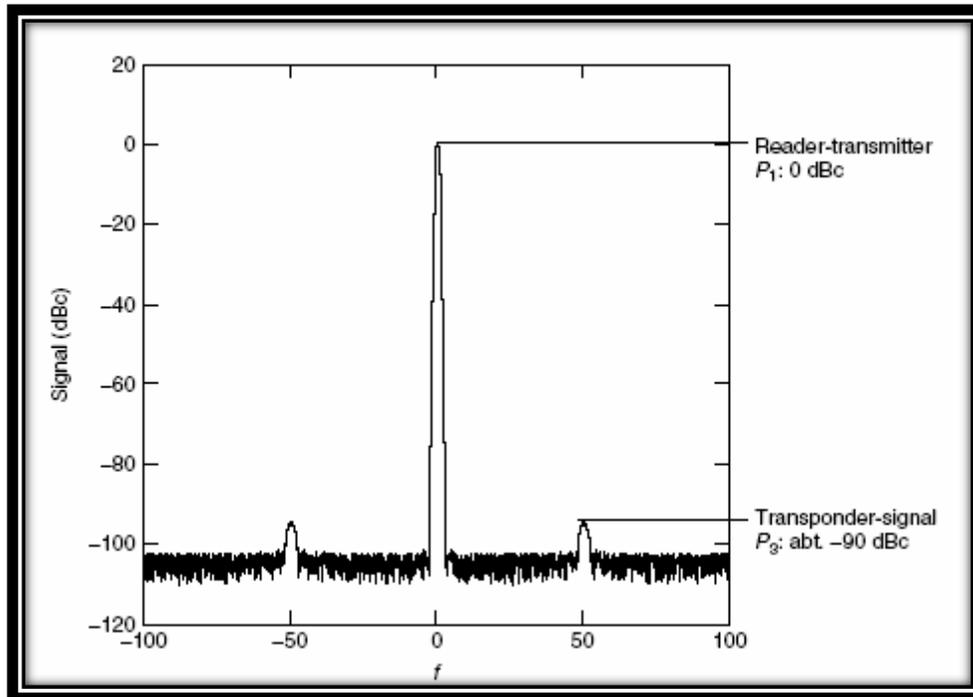
Para la transmisión de datos reflejados por el transporte se usan modulaciones.

La potencia  $P_s$  reflejada se modula en una señal portadora y dos bandas laterales. La señal portadora no contiene información, pero es necesaria.

Para la transmisión de datos reflejados por el transporte se usan modulaciones.

La potencia  $P_s$  reflejada se modula en una señal portadora y dos bandas laterales.

La señal portadora no contiene información, pero es necesaria. En una modulación pura ASK las dos bandas laterales contienen el 25% del total de la potencia reflejada  $P_s$ . Podemos ver una representación de los niveles de estas bandas laterales en la imagen 14.



**Ilustración 14: señal propia de un lector y las bandas laterales de un transponder**

Podemos obtener la potencia de la onda que transmite el transponder al lector

$$P_3 = \frac{P_1 \cdot G_{Reader}^2 \cdot G_T^2 \cdot \lambda_0^4}{(4\pi r)^4} \quad (13)$$

El valor de  $P_3$  representa la potencia total reflejada por el transponder<sup>28</sup>.

---

<sup>28</sup>Cáceres Chiquillo, J.J. & Morales Hernández, R.A. & Quintanilla padilla, R.E. (2009). Informe final de investigación: sistema de identificación y posicionamiento local por radiofrecuencia (RFID). Recuperado el 18 de octubre 2014 de [www.itca.edu.sv](http://www.itca.edu.sv)

## **2.8 Seguridad: Encriptación de datos**

Los sistemas de RFID se están usando cada vez más en aplicaciones de alta seguridad como son los sistemas de acceso o para realizar pagos y tickets de caja. Por eso mismo el uso de los sistemas de identificación por radiofrecuencia necesita del uso de sistemas de seguridad para protegerlos de ataques.

Los métodos de autenticación modernos funcionan como en la antigüedad: comprueban el conocimiento de un secreto para poder permitir una autenticación segura (por ejemplo conocer una clave criptográfica).

De todos modos se deben implementar algoritmos para prevenir que la clave secreta sea descubierta. Los sistemas de seguridad de los sistemas de RFID deben tener un modo de defensa contra los siguientes ataques individuales:

La lectura no autorizada de la portadora de la información para poder conseguir una réplica y/o modificar los datos que lleva.

Colocar una portadora de información extraña en la zona de influencia del interrogador con la intención de obtener un acceso no autorizado a un edificio o a una serie de servicios sin tener que pagarlos.

Escuchar, sin ser advertido, en las comunicaciones radio y recolocar los datos imitando una portadora original ('respuesta y fraude').

Cuando se selecciona un sistema de RFID para su posterior implementación, debe tenerse en cuenta las medidas de seguridad que necesitan adoptarse dependiendo de su posterior funcionalidad. Así pues, un sistema que pretende una finalidad de automatización industrial o de reconocimiento de herramientas quizás no necesite añadir un coste adicional por medidas de seguridad que sí necesitarán sistemas de alta seguridad como pueden ser los sistemas de pago o de control de acceso a edificios. En el caso de los sistemas que necesitan seguridad, omitir un gasto en un proceso de criptología puede suponer un gasto posterior mucho más elevado si un intruso consigue acceso ilegal a servicios restringidos.

## **2.9 Rangos de frecuencia**

El hecho de que los sistemas de RFID generen e irradien ondas electromagnéticas implica que éstos sean clasificados como sistemas de radio.

El funcionamiento de otros sistemas de radio no debe verse interrumpido o perjudicado, bajo ninguna circunstancia, por las ondas emitidas por un sistema de identificación por radiofrecuencia.

Es particularmente importante asegurarse de que los sistemas RFID no interfieren con la televisión y la radio, los servicios de radio móviles (policía, seguridad, industria), las comunicaciones marinas y aeronáuticas y los teléfonos móviles.

La necesidad de acomodar otros servicios de radio disminuye significativamente la variedad de frecuencias disponibles en las que podemos trabajar a la hora de implementar un sistema de RFID. Por este motivo, normalmente sólo es posible usar rangos de frecuencia que han sido reservados específicamente para aplicaciones industriales, científicas o médicas. Estas son las frecuencias clasificadas mundialmente como rangos ISM (Industrial-Scientific-Medical) o SRD y pueden también ser usadas para aplicaciones de identificación por radiofrecuencia.

A continuación se presenta la tabla 4, donde se muestran los rangos de frecuencias emitidos por EPC e ISO organismos reguladores y emisores de estándares y normas RFID.

<b>Rangos de frecuencia para sistemas de RFID</b>			
<b>Rango de frecuencia</b>	<b>de</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Intensidad de campo / Potencia de TX.</b>
<b>&lt; 135 kHz</b>	<b>Baja potencia.</b>	Acoplamiento inductivo.	72 dB $\mu$ A/m
<b>6.765 ... 6.795 MHz</b>		Media frecuencia (ISM), acoplamiento inductivo.	42 dB $\mu$ A/m
<b>7.400 ... 8.800 MHz</b>		Media frecuencia, usado sólo para EAS (electronicarticlesurveillance).	9 dB $\mu$ A/m
<b>13.553 ... 13.567 MHz</b>		Media frecuencia (13.56 MHz, ISM), acoplamiento inductivo, ISO 14443, MIFARE, LEGIC..., smartlabels (ISO 15693, Tag-It, ICode,...) y control de artículos (ISO 18000-3).	42 dB $\mu$ A/m
<b>26.957 ... 27.283 MHz</b>		Media frecuencia (ISM), acoplamiento inductivo, sólo aplicaciones especiales.	42 dB $\mu$ A/m

<b>433 MHz UHF</b>	(ISM), acoplamiento por backscatter, raramente usado para RFID.	10 ... 100 mW
<b>868 ... 870 MHz</b>	UHF (SRD), acoplamiento por backscatter, nueva frecuencia, sistemas bajo desarrollo.	500 mW, sólo Europa
<b>902 ... 928 MHz</b>	UHF (SRD), acoplamiento por backscatter, varios sistemas.	4W–espectro ensanchado, sólo USA/Canadá.
<b>2.400 ... 2.483 GHz</b>	SHF (ISM), acoplamiento por backscatter, varios sistemas, (identificación de vehículos: 2.446 .. 2.454 GHz)	4 W – espectro ensanchado, sólo USA/Canadá, 500 mW. Europe
<b>5.725 ... 5.875 GHz</b>	SHF (ISM), acoplamiento por backscatter, raramente usado para RFID.	4 W USA/Canadá, 500 mW Europa Tabla 2.4 Rangos de frecuencia para RFID.

**Tabla 4: Rangos de frecuencia emitidos por normas EPC e ISO.**

### **2.9.1 Parámetros dependientes de la frecuencia**

La frecuencia de utilización es el elemento más determinante a la hora de desplegar un sistema RFID. Por ello en este apartado se va a realizar un análisis de las implicaciones que supone trabajar en las distintas bandas de frecuencia.

Ya hemos visto que existen cuatro rangos principales de frecuencias de funcionamiento: baja frecuencia, alta frecuencia, ultra alta frecuencia y frecuencia de microondas.

En apartados sucesivos se va a proceder a realizar un análisis sobre las características de los sistemas RFID propias para cada rango. Previamente, se exponen las características que se van a considerar.

Capacidad de almacenamiento de datos. Corresponde a la memoria de la etiqueta, para almacenar códigos o directamente datos.

Velocidad y tiempo de lectura de datos. Es el parámetro que más se ve afectado por la frecuencia. En términos generales, cuanto más alta sea la frecuencia de funcionamiento mayor será la velocidad de transferencia de los datos. Esta circunstancia está estrechamente relacionada con la disponibilidad de ancho de banda en los rangos de frecuencia utilizados para realizar la comunicación

El tiempo de lectura dependerá lógicamente de la velocidad de lectura y de la cantidad de datos que hay que transmitir.

Cobertura. Además de la frecuencia, la cobertura depende también de la potencia disponible en la etiqueta, de la aportada por la antena del lector y de las condiciones del entorno de la aplicación. El valor real será siempre función de estos parámetros y de la configuración final del sistema. Por este motivo, los valores que se presentan para cada banda, son meramente orientativos.

Se considera una cobertura pequeña los valores inferiores a 1 metro, mientras que las coberturas superiores a 1 metro se consideran altas.

Características de la zona de lectura: orientación de la etiqueta, influencia de los obstáculos, influencia de las interferencias.

Costes.

Áreas de aplicación más adecuadas.

### **2.9.2 Sistemas de baja frecuencia (135 KHz)**

Los sistemas RFID de baja frecuencia suelen emplear etiquetas pasivas y utilizan para su funcionamiento el acoplamiento inductivo. Poseen pocos requisitos regulatorios.

#### **Capacidad de datos**

En el caso usual de etiquetas pasivas, la capacidad de datos es baja, de alrededor de 64 bits. Si se trata de etiquetas activas, éstas permiten una capacidad de almacenamiento de hasta 2 kbits.

#### **Velocidad y tiempo de lectura de datos**

Las tasas de transferencia de datos son bajas, típicamente entre 200 bps y 1 kbps. Por ejemplo, una etiqueta de 96 bits transmitiéndose a una velocidad de 200 bps,

necesitará 0,5 segundos para ser leída, lo que implica un tiempo de lectura muy lento<sup>29</sup>.

### **Cobertura**

Al tratarse de un sistema inductivo, el campo magnético decrece muy rápidamente con la distancia (con el inverso del cubo de la distancia) y con las dimensiones de la antena. Este hecho puede verse como una ventaja en aplicaciones donde se requiera que la zona de cobertura esté estrictamente limitada a un área pequeña (en controles de producción).

Las antenas que utilizan son pequeñas y complejas, pero la tecnología está muy desarrollada.

Las etiquetas pasivas suelen poseer una cobertura pequeña, que alcanza como mucho los 0,5 metros, aunque depende también de la potencia disponible en la etiqueta.

Las etiquetas activas pueden superar los 2 metros, aunque este rango también depende de la potencia, construcción, configuración de la antena y tamaño.

### **Zona de lectura**

La penetración en materiales no conductores es buena, pero no funcionan bien con materiales conductores. Este problema se incrementa con la frecuencia. Además son muy susceptibles a interferencias electromagnéticas industriales de baja frecuencia.

### **Costes**

Dependen en gran medida de la forma y de las necesidades del sistema. En general, se puede decir que las etiquetas tanto activas como pasivas que se utilizan en los sistemas RFID de baja frecuencia son caras, en relación a aquellas que se utilizan en frecuencias superiores. Esto se debe a la naturaleza de los componentes utilizados, incluyendo la antena en espiral necesaria, y a que los costes de fabricación son elevados en comparación con las etiquetas que trabajan a frecuencias superiores. Sin embargo, la construcción del chip y el encapsulado resulta más barato.

Además, los lectores y programadores son simples y su coste de fabricación es menor que los de frecuencias más altas.

---

<sup>29</sup>ETSI EN 302 208-1 v.1.1.1: Compatibilidad electromagnética y cuestiones de espectro de radiofrecuencia (ERM); Part 1: Requisitos técnicos y métodos de medición ETSI

## **Áreas de aplicación**

Aptas para aplicaciones que requieran leer poca cantidad de datos y para pequeñas distancias. Por ejemplo: control de accesos, identificación de animales, gestión de bienes, identificación de vehículos y contenedores, y como soporte a la producción.

### **2.9.3 Sistemas de alta frecuencia (13,56 MHz)<sup>30</sup>**

La mayoría de los sistemas que trabajan a 13,56 MHz utilizan etiquetas RFID pasivas y su principio de funcionamiento básico, al igual que en baja frecuencia, se basa en el acoplamiento inductivo.

#### **Capacidad de datos**

Las etiquetas (pasivas) suelen poseer capacidades típicas que van desde 512 bits (frecuentemente portan un número unívoco de identificación industrial de 64 bits) hasta 8 kbits, divididos en sectores o bloques que permiten direccionar los datos.

#### **Velocidad y tiempo de lectura de datos**

Típicamente la velocidad de datos suele ser de unos 25 Kbps (menor si se incluyen algoritmos de comprobación de errores de bit). También están disponibles dispositivos con tasas mayores de 100 Kbps.

Los sistemas RFID a esta frecuencia son capaces de leer aproximadamente 40 etiquetas por segundo. Por ejemplo 512 bits transmitiéndose a 25 Kbps tardan aproximadamente 0,02 segundos. Por tanto en leer 40 etiquetas, se empleará 1 segundo.

#### **Cobertura**

Típicamente las etiquetas pasivas poseen un radio de cobertura de alrededor de 1 metro.

#### **Zona de lectura**

Posee una buena penetración en materiales y líquidos no conductores. Sin embargo, no funciona bien cuando existen materiales metálicos en la zona de lectura, ya que éstos producen reflexiones en la señal.

Su inmunidad al ruido por interferencias electromagnéticas industriales de baja frecuencia es mejor que para los sistemas de Baja Frecuencia.

---

<sup>30</sup>ETSI EN 302 208-1 v.1.1.1: Compatibilidad electromagnética y cuestiones de espectro de radiofrecuencia (ERM); Part 1: Requisitos técnicos y métodos de medición ETSI

La orientación de la etiqueta puede resultar otro problema según aumenta la distancia, debido a las características vectoriales de los campos electromagnéticos. Este efecto puede contrarrestarse mediante la utilización de antenas de transmisión más complejas.

### **Costes**

El diseño de la antena del tag es sencillo, por lo que su coste es menor que a BF. El coste depende principalmente de la forma de la etiqueta y de su aplicación. Por ejemplo, los sistemas de RFID que utilizan tarjetas inteligentes son los más baratos dentro de la categoría de alta frecuencia. Por ejemplo, los sistemas de RFID que utilizan tarjetas inteligentes son los más baratos dentro de la categoría de alta frecuencia.

### **Áreas de aplicación**

Al igual que en BF, los sistemas de AF son aptos para aplicaciones que requieran leer poca cantidad de datos y a pequeñas distancias. Es el caso de la gestión de maletas en aeropuertos, bibliotecas y servicios de alquiler, seguimiento de paquetes y aplicaciones logísticas en la cadena de suministros.

#### **2.9.4 Sistemas de ultra alta frecuencia (433 MHz, 860 MHz, 928 MHz)<sup>31</sup>**

Los sistemas RFID que trabajan a Ultra Alta Frecuencia basan su funcionamiento en la propagación por ondas electromagnéticas para comunicar los datos y para alimentar la etiqueta en caso de que ésta sea pasiva.

### **Capacidad de datos**

Están disponibles etiquetas activas y pasivas con capacidades típicas desde los 32 bits (frecuentemente portan un número unívoco de identificación) hasta los 4 Kbits, típicamente divididos en páginas de 128 bits para permitir direccionar los datos.

### **Velocidad y tiempo de lectura de datos**

La velocidad de transferencia de datos está típicamente alrededor de 28 kbps (menor si se incluyen algoritmos de comprobación de errores de bit) pero también están disponibles velocidades mayores.

---

<sup>31</sup>ETSI EN 302 208-1 v.1.1.1: Compatibilidad electromagnética y cuestiones de espectro de radiofrecuencia (ERM); Part 1: Requisitos técnicos y métodos de medición ETSI

Permite la lectura de aproximadamente 100 etiquetas por segundo. Por ejemplo 32 bits transmitidos a 28 Kbps tardan 0,001 segundos. Por tanto en leer 100 etiquetas se emplearán 0,1 segundos.

### **Cobertura**

Las etiquetas de UHF pasivas pueden alcanzar una cobertura de 3 ó 4 metros.

Trabajando con etiquetas activas y a la frecuencia más baja, 433 MHz, la cobertura puede alcanzar los 10 metros. Sin embargo, la cobertura está significativamente influenciada por las regulaciones de los distintos países correspondientes a la cantidad de potencia permitida, que es menor en Europa que en Estados Unidos.

### **Zona de lectura**

Posee una buena penetración en materiales conductores y no conductores, pero presenta dificultades ante la presencia de líquidos (agua). Su inmunidad al ruido por interferencias electromagnéticas industriales de baja frecuencia es mejor que para los sistemas de baja frecuencia, pero debe considerarse la influencia de otros sistemas de UHF operando en las proximidades.

La orientación de la etiqueta también puede resultar un problema a esta frecuencia, debido a las características vectoriales de los campos electromagnéticos. Este efecto puede contrarrestarse mediante la utilización de antenas de transmisión más complejas.

### **Costes**

Los costes dependen principalmente de la forma. Las tarjetas inteligentes presentan un coste razonable, representando la opción más barata dentro de la categoría de sistemas RFID UHF. En grandes cantidades, estos tags a UHF pueden ser más baratos que los de frecuencias más bajas.

### **Áreas de aplicación**

Apta para aplicaciones que requieran distancias de transmisión superiores a las bandas anteriores, como en la trazabilidad y seguimiento de bienes y artículos, y logística de la cadena de suministros.

### **2.9.5 Sistemas en frecuencia de microondas (2,45 GHz - 5,8 GHz)<sup>32</sup>**

#### **Capacidad de datos**

Están disponibles sistemas de etiquetas activas y pasivas, con capacidades que van típicamente desde 128 bits hasta dispositivos de 512 Kbits, que pueden dividirse en sectores o bloques para permitir direccionar los datos.

#### **Velocidad y tiempo de lectura de datos**

Depende del diseño de la etiqueta, pero suele ser elevada.

La velocidad típica está por debajo de los 100 kbps, aunque algunos dispositivos pueden alcanzar 1 Mbps. Por ejemplo 32 kbits transmitidos a 100 kbps tardan 0,3 segundos. Si lo que mide son bloques de 128 bits, de 40 etiquetas, se emplearán 0,05 segundos.

#### **Cobertura**

Buen rango de trabajo, abarcando regiones de entre 1 y 2 metros para dispositivos pasivos y hasta 15 metros o más, para dispositivos activos.

#### **Zona de lectura**

Posee una buena penetración en materiales no conductores, pero no así en líquidos que contienen agua, donde el coeficiente de absorción es importante. Es reflejado por metales y otras superficies conductoras. Es susceptible al ruido. Se trata de una banda de trabajo compartida.

#### **Costes**

Los costes dependen principalmente de la forma y el modo de alimentación (activo/pasivo).

#### **Áreas de aplicación**

Apta para aplicaciones que requieran alta cobertura y velocidades de transmisión elevadas. Por ejemplo: automatización en la fabricación, control de accesos, peaje de carreteras, logística de la cadena de suministros y aplicaciones logísticas militares.

---

<sup>32</sup>ETSI EN 302 208-1 v.1.1.1: Compatibilidad electromagnética y cuestiones de espectro de radiofrecuencia (ERM); Part 1: Requisitos técnicos y métodos de medición ETSI

## **2.10 Regulación y estandarización**

### **2.10.1 Regulación**

No existe ninguna administración que se encargue de la regulación a nivel global de la tecnología RFID, sino que cada país tiene sus órganos propios mediante los cuales regula de un modo individual el uso que se hace de las frecuencias y las potencias permitidas dentro de su propio territorio. Algunos de los organismos internacionales que regulan la asignación de frecuencias y potencias para RFID son:

- **EE.UU:** FCC (*Federal Communications Commission*)
- **Canadá:** DOC (*Departamento de la Comunicación*)
- **Europa:** CEPT (siglas de su nombre en francés *Conférencee uropéenne des administrations des postes et des télécommunications*), ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*, creado por el CEPT) y administraciones nacionales. Obsérvese que las administraciones nacionales tienen que ratificar el uso de una frecuencia específica antes de que pueda ser utilizada en ese país.
- **Japón:** MPHPT (*Ministry of Public Management, Home Affairs, Post and Telecommunication*)
- **China:** Ministerio de la Industria de Información
- **Australia:** Autoridad Australiana de la Comunicación (*Australian Communication Authority*)
- **Nueva Zelanda:** Ministerio de desarrollo económico de Nueva Zelanda (*New Zealand Ministry of Economic Development*)

En lo que al uso de frecuencias respecta, dependiendo de la banda en la que queramos trabajar, deberemos tener en cuenta que según donde nos encontremos tendremos que guiarnos por las recomendaciones que tenemos a continuación.

Las etiquetas RFID de baja frecuencia (LF: 125 - 134 Khz y 140 - 148.5 Khz) y de alta frecuencia (HF: 13.56 MHz) se pueden utilizar de forma global sin necesidad de licencia ya que trabajan dentro de la banda ISM (Industrial – Scientific – Medical). La frecuencia UHF (868 - 928 MHz) no puede ser utilizada de forma global, ya que no hay un único estándar global. En Norteamérica, la frecuencia UHF se puede utilizar sin licencia para frecuencias entre 908 - 928 MHz, pero hay restricciones en la potencia de transmisión. En Europa la frecuencia UHF está permitida para rangos entre 865.6 - 867.6 MHz. Su uso es sin licencia sólo para el rango de 869.40 - 869.65 MHz, pero existen restricciones en la potencia de

transmisión (recientemente ha aparecido la nueva norma ETSI que permite hasta 2W de potencia de transmisión). El estándar UHF norteamericano (908-928 MHz) no es aceptado en Francia ya que interfiere con sus bandas militares. En China y Japón no hay regulación para el uso de las frecuencias UHF. Cada aplicación de frecuencia UHF en estos países necesita de una licencia, que debe ser solicitada a las autoridades locales, y puede ser revocada. En Australia y Nueva Zelanda, el rango es de 918 - 926 MHz para uso sin licencia, pero hay restricciones en la potencia de transmisión.

Existen regulaciones adicionales relacionadas con la salud y condiciones ambientales. Por ejemplo, en Europa, la regulación *Waste of electrical and electronic equipment* ("Equipos eléctricos y electrónicos inútiles"), no permite que se desechen las etiquetas RFID. Esto significa que las etiquetas RFID que estén en cajas de cartón deben de ser quitadas antes de deshacerse de ellas.

También hay regulaciones adicionales relativas a la salud; en el caso de Europa acaba de publicarse (por parte de la ETSI) un estándar llamado EN 302 208 que consta de dos partes. Una primera que describe las especificaciones técnicas y una segunda que especifica las condiciones a cumplir en cuanto a directivas europeas se refiere para compatibilidad electromagnética.

Las especificaciones que cumple son:

- **Directiva 1999/5/EC:** Del consejo y Parlamento Europeo, 09 de marzo 1999; sobre equipos radioeléctricos y equipos terminales de telecomunicación y del mutuo, el reconocimiento de su conformidad (Directiva R & TTE).
- **CEPT/ERC/REC 70-03:** "En relación con el uso de dispositivos de corto alcance (SRD, siglas en inglés)"
- **ETSI EN 301 489-1:** "Compatibilidad electromagnética y de espectro de radio(ERM); Compatibilidad electromagnética (EMC) estándar para equipos de radio y servicios; Parte 1: Requisitos técnicos comunes"
- **ETSI TR 100 028 (todas las partes):** "Compatibilidad electromagnética y espectro radioeléctrico (ERM); Las incertidumbres en la medición de los equipos de telefonía móvil características".
- **ETSI EN 302 208-1:** "Compatibilidad electromagnética y de espectro de radio (ERM); Radio Frecuencia Identificación del equipo que opera en la banda de 865 MHz a 868 MHz con niveles de potencia hasta 2 W Parte 1: Requisitos técnicos y métodos de medida".
- **ETSI EN 301 489-3:** "Compatibilidad electromagnética y de espectro de radio (ERM); Compatibilidad electromagnética (EMC) para equipos de radio

y servicios; Parte 3: Condiciones específicas para los dispositivos de corto alcance (SRD) operando en frecuencias entre 9 kHz y 40 GHz”.

- Directiva del Consejo 73/23 / CEE, de 19 de febrero de 1973, relativa a la armonización de las legislaciones de los Estados miembros sobre el material eléctrico destinado a utilizarse con determinados límites de tensión (Directiva LV).
- Directiva del Consejo 89/336 / CEE, de 3 de mayo de 1989, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros en materia de compatibilidad electromagnética (Directiva EMC).

Dentro del proceso de regulación tienen una gran importancia los organismos que desarrollan los diferentes estándares con los que RFID cuenta hoy en día. Algunos de estos organismos son la propia ETSI, EPC global o la ISO, dedicados al desarrollo de estándares como<sup>33</sup>:

- ISO 10536
- ISO 14443
- ISO 15693
- ISO 18000
- EPC
- EN 302 208

### **2.10.2 EPC GLOBAL**

El EPC, siglas de Código Electrónico de Producto (Electronic Product Code), nace de las manos de EPCglobal, un consorcio formado por EAN International (European Article Numbering) el cual tiene 101 organizaciones miembro, representadas en 103 países y UCC (Uniform Code Council) propietario del UPC (Universal Product Code), presente en 140 países y ahora llamado GS1 US.

La intención de EPCglobal al crear el EPC no fue otra que la de promover la EPCglobal Network, un concepto de tecnología que pretende cambiar la actual cadena de suministro por otra con un estándar abierto y global, que permita la identificación en tiempo real de cualquier producto, en cualquier empresa de cualquier parte del mundo.

La EPCglobal Network ha sido desarrollada por el Auto-Id Center, un equipo de investigación del MIT (Massachusetts Institute of Technology) que cuenta con

---

<sup>33</sup>ETSI EN 302 208-1 v.1.1.1: Compatibilidad electromagnética y cuestiones de espectro de radiofrecuencia (ERM); Part 1: Requisitos técnicos y métodos de medición ETSI

laboratorios por todo el mundo. Dicho desarrollo fue llevado a cabo en más de 1000 compañías de alrededor del mundo.

Así mismo, actualmente, todo estándar que desarrolla EPCglobal pasa por la supervisión de la ISO (International Standards Organization).

Con la única condición de que los estándares concretos que crea ISO sean ratificados y usados en los que cree EPCglobal.

Una vez conocemos de donde proviene el EPC, vamos a hacer un pequeño estudio sobre el estándar para ver qué ventajas e inconvenientes nos proporciona.

EPCglobal es una organización que lidera el desarrollo de estándares de la industria impulsados por las normas del Código Electrónico de Producto o EPC.

EPCglobal es una unión entre EAN International y el Uniform Code Council (UCC). Fue creado para establecer y dar soporte a la red de EPC (Electronic Product Code) como una especificación mundial que llevara a un estándar internacional (ISO) a fin de lograr que la identificación de cualquier artículo dentro de la cadena de suministro sea inmediata, automática y exacta, y se ha transformado en la principal organización para el desarrollo de especificaciones de códigos en RFID. Los legados de UCC y EAN International, junto a su creciente plataforma de organizaciones que participan como miembros, han sido todos conglomerados en una institución llamada GS1.

GS1 reúne formalmente al conjunto de especificaciones que es aceptado mundialmente, el sistema EAN.UCC, con una organización que no posee límites geográficos o de determinada industria.

La organización trabaja a través de EPCglobal US así también como otras organizaciones miembro, para manejar las suscripciones y servicios de EPCglobal y promover el desarrollo de EPC, como el futuro de la identificación automática.

Las especificaciones del EPC se pueden dividir en:

- Especificaciones para las etiquetas, referentes a los datos almacenados en ellas, a los protocolos de comunicación con el lector y la parte de RF que permite la comunicación.
- Especificaciones para los lectores: protocolo para el interfaz aire y comunicaciones lógicas con las etiquetas.

En enero de 2005, EPCglobal publicó las especificaciones de la última versión de EPC, el ECP Generation 2, versión 1.0.9.

Esta última publicación está llamada a ser el estándar adaptado a nivel mundial en el uso de los sistemas de RFID ya que se ha realizado para cumplir con las necesidades de los consumidores. Para poder suplir las necesidades mencionadas EPCglobal, además de incluir especificaciones no observadas en otras regulaciones realizadas anteriormente, ha pretendido homogeneizar los principales estándares existentes.

Un dato muy importante es que se incluye en la norma EN 302 208 de la ETSI, cosa que representa un gran paso para una estandarización única entre Europa y USA, es decir: el EN 302 208 y el EPC Generation 2 se complementan el uno al otro.

Las especificaciones de la capa física del EPC Gen2 establecen que en las comunicaciones del lector a la etiqueta deben usarse modulaciones de doble banda lateral ASK (*doublé side band amplitude shift keying – DSB-ASK*), simple banda lateral ASK (*simple side band amplitude shift keying – SSB-ASK*) o de reverso de fase ASK (*phase reversal amplitude shift keying – PR-ASK*), con una codificación de pulso intervalo (*pulse-intervalen coding - PIE*). El lector esperará una respuesta de backscatter (*backscatter ingreply*).

En la comunicación de la etiqueta al lector se deberá enviar una señal no modulada codificada en formato FM0 o código Miller.

En ambos casos el método usado para comunicarse es HalfDuplex.

Para proceder a la identificación de las etiquetas que se encuentran dentro del radio de acción del lector existen 3 operaciones básicas:

- **Select.** Esta operación permite al lector poder 'ver' qué población de tags hay disponible en su rango de acción. Se puede decir que este proceso es

equivalente a una Select realizada en una sentencia SQL para bases de datos, de ahí su nombre.

- **Inventario.** Es la operación que nos permite identificar las etiquetas. El proceso de inventario se inicia cuando el lector manda un comando *Query*. Entonces uno o más tags pueden responder a esta petición. El lector detecta una única respuesta de una tag y entonces interroga a éste para que le proporcione el código PC (*Protocol Control*), el código EPC y el CRC-16. Este proceso comprende varios comandos y se realiza en una única sesión a la vez.
- **Acceso.** El proceso de acceso comprende varias operaciones de comunicación con la etiqueta (lectura y/o escritura). Una única etiqueta debe ser identificada antes de iniciar el proceso de acceso a la misma.

### 2.10.3 Norma EPC para etiquetas

EPC emite normas y estándares de codificación RFID donde se definen diferentes parámetros, como el tipo de código y los tipos de etiquetas a utilizar. Cabe aclarar que parámetros de comunicaciones son definidos por instituciones que trabajan en conjunto con EPC.

A continuación se presenta la norma EPC para uso de etiquetas en la tabla 5.

Protocolo	Frecuencia	Tipo de etiqueta
Clase 0	UHF	Solo lectura
Clase 0 plus	UHF	Lectura-escritura
Clase 1	HF/UHF	Una escritura, múltiples lecturas
Clase 1 Gen	UHF	Una escritura, múltiples lecturas
Clase 2	UHF	Lectura y escritura
Clase 3	UHF	Clase 2 más batería y sensores
Clase 4	UHF	Etiquetas activas
Clase 5	UHF	Clase 4 + capacidad de lectura

Tabla 5: Protocolos para el uso de etiquetas EPC GLOBAL<sup>34</sup>.

---

<sup>34</sup>ETSI EN 302 208-1 v.1.1.1: Compatibilidad electromagnética y cuestiones de espectro de radiofrecuencia (ERM); Part 1: Requisitos técnicos y métodos de medición ETSI

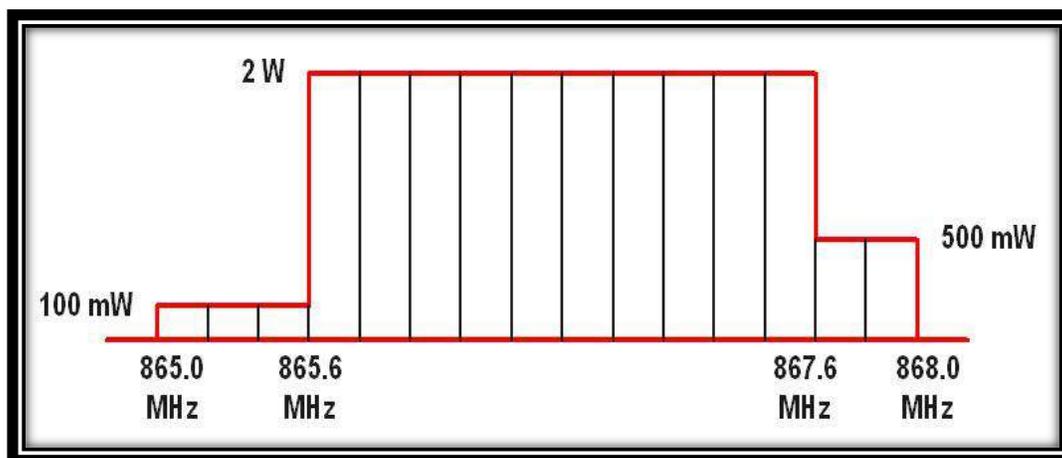
#### **2.10.4 EN 302 208**

Actualmente existen limitaciones en Europa en lo que al uso de RFID, dentro de la banda UHF, respecta ya que por el momento se encuentra limitado a frecuencias entre los 869.40 y los 869.65 MHz. debiendo cumplir la norma EN 300 220, la cual no contempla las necesidades de RFID en la banda UHF, con una potencia radiada equivalente menor a 500mW y un ciclo de trabajo inferior al 10%.

La existencia de estas limitaciones dentro de la banda UHF, junto a las necesidades de un mercado que permita la libre circulación de equipos de RFID comunes para los países de la Unión Europea y la no armonización del espectro ha motivado que, en mayo de 2005, la ETSI publicara un nuevo estándar. El EN 302 208.

Este nuevo estándar aumenta la banda de frecuencia en la cual pueden trabajar los sistemas RFID hasta los 3MHz. (desde los 865.00MHz. hasta los 868.00MHz.), con una potencia radiada equivalente a 2 W.

Vemos en la ilustración No. 15 la presentación gráfica de las bandas de frecuencias de este estándar:



**Ilustración 15: Potencia radiada equivalente permitida por la norma EN 302 208<sup>35</sup>**

Dentro de estas ventajas que proporciona la EN 302 208 también existen ciertas condiciones para el uso general de RFID en Europa. Una de ellas es el modo de trabajo que deben tener las etiquetas: “listen before talk”, es decir, el tag deberá permanecer en modo ‘idle’ hasta que el lector no le solicite ningún tipo de información. Esto se puede considerar totalmente lógico si tenemos en cuenta que estamos tratando con etiquetas pasivas, las cuales no tienen una fuente de

---

<sup>35</sup> Imagen tomada de [www.epcglobal/rtid/estandaresetsi.com](http://www.epcglobal/rtid/estandaresetsi.com) recuperado el 28 de abril 2015.

alimentación propia y, por lo tanto, deben optimizar la energía de la que disponen (campo magnético generado por el lector).

Otras de las condiciones que se incluyen dentro de esta norma de la ETSI son:

- El uso de sub-bandas de 200kHz
- Tiempo de escucha mayor de 5ms.
- Tiempo máximo continuado de transmisión de 4 segundos
- Una pausa obligada de 100ms entre transmisiones repetidas en la misma sub-banda o mover inmediatamente a otra sub-banda que esté libre la transmisión a realizar.

### **2.10.5 ETSI**

**European Telecommunications Standards Institute (ETSI)** o Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones es una organización de estandarización independiente, sin fines de lucro de la industria de las telecomunicaciones (fabricantes de equipos y operadores de redes) de Europa, con proyección mundial.

ETSI fue creado por la CEPT en 1988 y es reconocido oficialmente por la Comisión Europea y la Secretaría de la Asociación Europea de Libre Comercio (AELC). Con sede en el parque científico de Sophia Antipolis de Francia, ETSI es oficialmente responsable de la normalización de las Tecnologías de la información y la comunicación (TICs) dentro de Europa. Estas tecnologías incluyen telecomunicaciones, la radiodifusión y áreas relacionadas, como transporte inteligente y la electrónica médica. ETSI tiene 755 miembros procedentes de diversos países y provincias dentro y fuera de Europa, se incluyen fabricantes, operadores de redes, administraciones, proveedores de servicios, organismos de investigación y organizaciones de usuarios.

En el año 2010, el presupuesto del ETSI excedió los 22 millones de euros, con aportes provenientes de los miembros, las actividades comerciales tales como la venta de documentos, hospedaje de foros y pruebas de conexión, contratos de trabajo y la financiación de socios. Cerca del 40% se destina a gastos de funcionamiento y el 60% restante hacia los programas de trabajo que incluyen centros de competencia y proyectos especiales.

### **2.10.6 Estándares emitidos por el ETSI**

El ETSI produce diversos documentos con distintos propósitos. Generalmente se les conoce como estándares, cada uno de los cuales requiere de un diferente proceso de aprobación.

- **Norma Europea, serie de telecomunicaciones (EN):** Se utiliza cuando el documento está destinado a satisfacer las necesidades específicas de Europa y requiere transposición a normas nacionales o cuando se requiere la elaboración del documento borrador por mandato de la Comunidad Europea/AELC.
- **Estándar ETSI (ES):** Documento que contiene los requisitos normativos y es necesario presentarlo a todos los miembros de ETSI para su aprobación.
- **Guía ETSI (EG):** Contiene orientaciones sobre el manejo de las actividades de normalización técnica, el cual se presentará a todos los miembros de ETSI para su aprobación.
- **Informe Especial (SR):** Es un documento que se utiliza para diversos fines, entre ellos, dar acceso público a la información que no se produce dentro de un comité técnico. Esta sigla también se usa para los documentos "virtuales", por ejemplo, documentos que se generan de forma dinámica por una consulta a una base de datos a través de la web. El documento SR es publicado por el comité técnico en el que se haya producido.
- **Especificación Técnica ETSI (TS):** Es un documento que contiene los requisitos normativos y cuando el corto tiempo de lanzamiento al mercado, la validación y el mantenimiento son esenciales. Es aprobado por el comité técnico que lo redactó.
- **Informe técnico del ETSI (TR):** Contiene principalmente elementos informativos que es aprobado por el comité técnico que lo redactó.
- **Especificación de Grupo ETSI (GS):** Utilizado por los Grupos de Especificación Industrial de acuerdo a los procedimientos de toma de decisiones definidas por los Términos de Referencia del grupo. Este tipo de documento es aprobado y adoptado por el Grupo de Especificación Industrial del ETSI que lo redactó.
- **Estándares Armonizados:** Son "EN" que tienen una condición especial, ya que son producidos por mandato de la Comunidad Europea y proporcionan detalles técnicos para lograr los requerimientos esenciales de una directiva emitida por dicha Comunidad.
- **Especificaciones comunitarias:** Son documentos destinados a la aviación civil y se producen en respuesta a mandatos de la Comunidad Europea en cooperación con EUROCAE (Siglas de *European Organization for Civil*

*Aviation Equipment*, Organización Europea de Equipos de Aviación Civil). Un documento se convierte en Especificación comunitaria al ser publicado en la publicación oficial de la Comunidad Europea<sup>36</sup>.

## **2.11 ClearStream**

ClearStream es un software para aplicaciones de sistemas RFID con lectores fijos, sirve para facilitar el diseño e implementación de RFID gracias a su fácil configuración, monitoreo de etiquetas de activos y etiquetas de inventario, en cualquier momento y en cualquier lugar.

Los principales servicios que ofrece ClearStream son los siguientes:

- Sitio virtual para simular el entorno sin ningún hardware.
- Flujo de datos desde cualquier lector a cualquier base de datos o sistema
- Control de los lectores desde cualquier lugar mediante un navegador web.

### **2.11.1 Simulación vía entorno virtual**

Al implementar una solución RFID fijo, es normal como primer paso realizar una inspección del lugar para captar las características del entorno donde funcionara el sistema. ClearStream 3.0 permite simular su propio entorno RFID, dibuja tu plan de piso, coloca tus lectores RFID virtuales y antenas, añade información de etiquetas RFID y poner el sistema en funcionamiento gracias a su entorno amigable de simulación.

Características:

- Diseño de un plan personalizado para simular el entorno.
- Permite la colocación de lectores y antenas para simular la cobertura de RFID.
- Elija los elementos que coinciden con los elementos reales que se analizaran para simular el rendimiento de lectura.
- Animar los elementos dentro del entorno para que coincida con el proceso de recolección de datos requerida

---

<sup>36</sup> ETSI EN 302 208-1 v.1.1.1.1: Compatibilidad electromagnética y cuestiones de espectro de radiofrecuencia (ERM); Part 1: Requisitos técnicos y métodos de medición ETSI

### **2.11.2 API Pública**

Permite administrar los lectores RFID de forma remota mediante el uso de un navegador web, utiliza una interfaz web de fácil uso. A esta se puede conectar un PC o portátil, teléfonos inteligentes y tabletas con Android o iOS<sup>37</sup>.

Características del API Pública:

- Control de ClearStream y sus lectores RFID
- Control total sobre cómo controlar los lectores fuera de ClearStream.
- Comprobar el estado de lector, iniciar/detener lectores, capturar el trabajador móvil que activa los lectores, y más.

---

<sup>37</sup> Tomado de [www.clearstream/rfid.com](http://www.clearstream/rfid.com)

# ***Capítulo III***

## Desarrollo

### Localización

Megabyte Nicaragua S.A es una empresa de capital panameño con sede en la ciudad de Managua, la ubicación en la capital Nicaragüense se debe a que cerca del 60 por ciento de sus clientes se encuentran ubicados en Managua.

### Micro localización

La ubicación exacta de la empresa es del Residencial Bolonia, esquina norte de canal 2 TV, una cuadra al este, esta empresa se dedica al sector comercio ofreciendo soluciones integrales llave en mano, tanto a nivel de software como hardware para sectores de Salud, Mercado al detalle, Almacenes, Distribuidoras, Hospitales, Bancos, Gobierno, Aseguradoras entre otros. Dentro de estas soluciones están los sistemas de impresión de código de barras, tecnología móvil, puntos de ventas, computadoras, sistemas de seguridad y suministros para diversos mercados verticales.

En la ilustración 16, se muestra el diagrama estructurado del desarrollo a seguir.



**Ilustración 16: Estructura del desarrollo del sistema<sup>38</sup>**

---

<sup>38</sup> Imagen de Elaboración propia

### **3.1 Diagnóstico del método actual de identificación de productos**

#### **3.1.1 Descripción breve del inventario de la empresa**

El inventario actual de la empresa cuenta con 368 productos diferentes, que se clasifican de forma general en 3 grupos: equipos, repuestos y consumibles.

A continuación en la tabla 6, se detalla de manera específica la cantidad de productos.

<b>Producto</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Equipos</b>	55
<b>Repuestos</b>	116
<b>Consumibles</b>	197
<b>TOTAL</b>	368

**Tabla 6: Inventario de productos<sup>39</sup>**

Para identificar los diferentes tipos de productos se utiliza el número de parte proporcionado por el proveedor (observar ilustración No. 17), el cual viene impreso en código de barras; en otras ocasiones se maneja el nombre establecido por el fabricante.

En promedio ingresan de cuatro a seis pallets que contienen alrededor de ciento cuarenta ítem diferentes. Para más información acerca del inventario de la empresa diríjase al inciso 4.4.2 Inventario parcial de Megabyte Nicaragua S.A.



**Ilustración 17: Código de barra utilizado para identificar los productos.**

---

<sup>39</sup> Tabla de elaboración propia

### 3.1.2 Análisis del proceso actual de identificación de productos

En la ilustración 18<sup>40</sup>, se describe por medio de imágenes el proceso actual del control de inventario.

#### INGRESO DE MERCADERIA



#### IDENTIFICACION DE PRODUCTOS



#### ALMACENAMIENTO

#### DEPOSITO DE PRODUCTOS



#### DE INFORMACION

**Ilustración 18: proceso actual de control de inventario**

---

<sup>40</sup> Imagen descriptiva del proceso actual de control de inventario. Fuente: Elaboración propia.

El sistema actual de identificación de productos está conformado por las siguientes secuencias de pasos:

- Ingreso de mercadería al local
- Identificación de productos y almacenamiento de información: En este proceso se realiza la lectura del número de parte de cada producto con un lector de código de barras conectado vía USB a la PC donde se hospeda la base de datos.
- Una vez realizado los pasos anteriores se guardan los productos de manera selectiva en el almacén.

Las características del lector utilizado son:

Modelo: LS1908

Marca: symbol technologies (Motorola)

Fuente de luz: diodo laser visible de  $\pm 650$  nm

Velocidad de lectura: aproximadamente 30 lecturas por minuto (bidireccional)

Dimensiones: 13,4 cm de alto x 6,4 cm de ancho x 5,7 cm de profundidad

Alimentación suministrada por el host o el controlador de la interfaz

Cable desmontable de 1,8 m

La ilustración No. 19 muestra un lector marca Motorola, modelo LS1908.



**Ilustración 19: Lector LS1908<sup>41</sup>**

**Interfaces:**

LS 1900T determinado por la interfaz

LS 1902T

LS 1902C: RS 232

Emulación de teclado

Emulación de lápiz óptico

Synapse

**3.1.3 Plano arquitectónico del local**

A continuación se muestra en la imagen número 20, el plano general de la empresa MEGABYTE NICARAGUA S.A. Esta se encuentra ubicada en residencial Bolonia, de esquina norte de canal 2 de tv 1 cuadra al este, Managua, Nicaragua.

En la ilustración 20, se observa el área del almacén, la cual comprende 63  $m^2$ . Esta es la zona que debe abarcar el rango de lectura de los lectores, considerando una cobertura de 5 m de las antenas se lograra tener cubrir el área antes mencionada.

---

<sup>41</sup> Imagen tomada de [www.motorola/equipos/lectorescodigosdebarras.com](http://www.motorola/equipos/lectorescodigosdebarras.com) recuperado el 5 de marzo 2015.

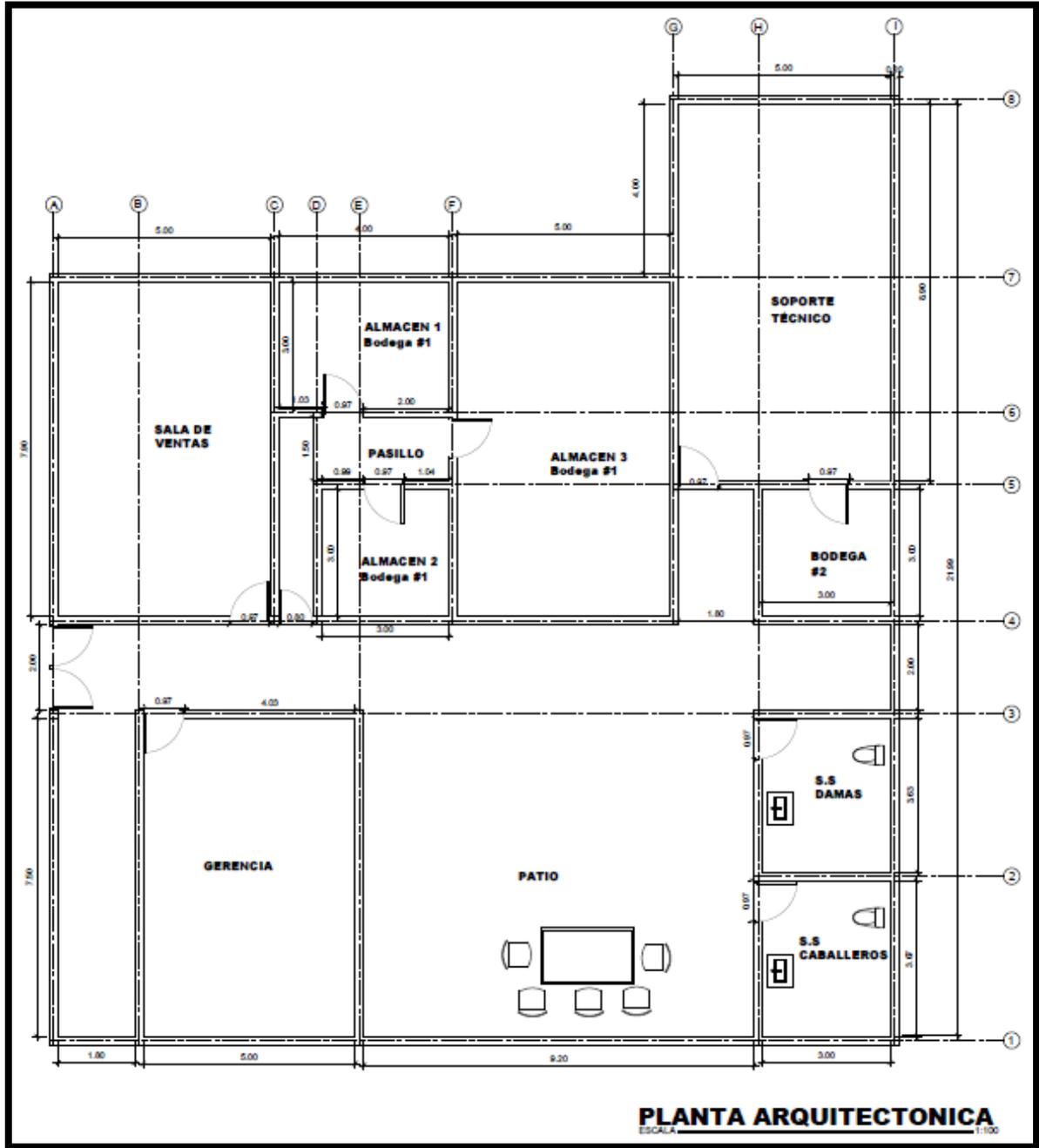


Ilustración 20: Planta arquitectónica del local<sup>42</sup>

<sup>42</sup> Ilustración de elaboración propia.

En la imagen del plano arquitectónico se observan el área de almacenamiento principal denominado Bodega #1 esta así mismo se subdivide en tres espacios:

- **Almacén #1:** Esta área es reservada para el almacenamiento de equipos.
- **Almacén #2:** Espacio utilizado como bodega de repuestos.
- **Almacén #3:** Área dedicada al stock de consumibles, aquí se puede dividir en dos grandes grupos las etiquetas y los Ribbon (cintas para impresión).

### **3.1.4 Estudio de las condiciones iniciales**

En esta parte se hizo un análisis donde se determinara las condiciones que debe satisfacer el sistema RFID, a partir de las condiciones y/o requisitos se tomara en cuenta los factores que intervienen en el sistema RFID para determinar los parámetros y características de los equipos a utilizar.

**Para implementar el sistema RFID se considerara las condiciones siguientes:**

**Rango de lectura:** se considera rango de lectura la distancia máxima de cobertura en la que el lector mediante la antena genera un campo magnético suficiente para excitar el TAG y así realizar una correcta detección y captura de la información; el rango de lectura depende mucho de factores diversos tales como potencia, polarización y frecuencia de operación del sistema.

Basados en el área de almacén de MEGABYTE NICARAGUA, S.A que corresponde a 63 M<sup>2</sup> se llegó a conclusión que un rango de lectura de 5M satisface las necesidades correspondientes.

**Capacidad de información TAGS:**

**Condiciones ambientales:** dentro de las condiciones ambientales se encuentran

Temperatura: 32 °C (promedio durante el día).

Material a etiquetar: cerca de un 70 % de los productos de la empresa son de cartón y papel; este dato es importante debido a la interferencia a la propagación de ondas que puede presentar el sistema.

Productos líquidos: el 0 % de los productos son líquidos, esto es positivo para nuestro sistema, ya que elementos líquidos presentan gran interferencia.

### **3.1.5 Determinación de parámetros y características del sistema**

En un sistema RFID existen características y parámetro importantes tales como;

- Frecuencia
- Tipo de TAGS a utilizar

#### **3.1.5.1 Determinación de la frecuencia de operación**

Un sistema RFID puede operar en diferentes rangos de frecuencias, sin embargo es de vital importancia tomar en cuenta las condiciones y parámetros necesarios para que dicho sistema cumpla nuestras necesidades y por ende funcione correctamente.

A continuación en la tabla No. 7 se detalla los rangos de frecuencias más utilizados en sistemas RFID

	<b>Frecuencia</b>	<b>Siglas</b>	<b>Rango de operación (según norma EPC)</b>
<b>Baja frecuencia</b>	135 KHz	LF	0-1m
<b>Alta frecuencia</b>	13,56 MHz	HF	0-1.5m
<b>Ultra alta frecuencia</b>	433 MHz, 860 MHz, 928 MHz	UHF	0-10m
<b>Microondas</b>	2,45 GHz - 5,8 GHz	MW	0-64m

**Tabla 7: Rango de operación en dependencia de la frecuencia<sup>43</sup>**

Basados en la norma EPC, se establece como rango de frecuencia los 860MHz-930MHz para lograr rangos de lectura de 2m en el peor de los casos y 10m en el mejor de los casos; estos rangos de lecturas son los ideales de acuerdo a las condiciones de diseño de nuestro sistema RFID.

Dentro de la norma EPC, en la especificación EN 302 208, se reduce el rango de frecuencia de los 865 a los 868 MHz, de modo que un sistema RFID no interfiera en la red GSM de telefonía móvil; esta norma también establece que la

---

<sup>43</sup>ETSI EN 302 208-1 v.1.1.1: Compatibilidad electromagnética y cuestiones de espectro de radiofrecuencia (ERM); Part 1: Requisitos técnicos y métodos de medición ETSI.

comunicación debe establecerse en sub-bandas de 200KHz, hallándose la frecuencia más baja en los 865,1 MHz.

### **3.1.5.2 Determinación del tipo de modulación**

La modulación usada será una FSK, de frecuencias  $f_1 = 867.8$  MHz y  $f_2=868$  MHz de manera que cumpliremos con la especificación de la EPC, ya que siguiendo la ecuación (14), se define frecuencia central ( $f_{cr}$ ).

$$f_{cr} = \frac{f_1 + f_2}{2} \rightarrow \Delta f_{cr} = \frac{|f_1 + f_2|}{2} \rightarrow \frac{|(867.8 \text{ MHz}) + (868 \text{ MHz})|}{2} = 867.9 \text{ MHz} \quad (14)$$

Vemos que la frecuencia central ( $f_{cr}$ ) queda en 867.9 MHz; cumpliendo con las especificaciones, de manera que evitamos cualquier tipo de interferencia con la red de telefonía móvil.

### **3.1.5.2 Determinación de la etiqueta**

El tipo de etiqueta establecido por la norma EPC para este rango de frecuencia es de tipo “protocolo clase 1”.

El “protocolo clase 1” establece el tipo de **etiquetas pasivas** de una escritura y múltiples lecturas<sup>44</sup>.

### **3.1.5.3 Determinación del tipo de comunicación**

Al determinar el uso de etiquetas pasivas en el sistema RFID, también se determina la comunicación entre Reader-Tag en modo Half-Dúplex; el lector iniciara la comunicación modulando un paquete completo de datos y una vez lo haya transmitido, deberá seguir emitiendo una señal continua sin modular (*continuos wave-CW*). Esta señal será la que aproveche la etiqueta para transmitir.

---

<sup>44</sup>ETSI EN 302 208-1 v.1.1.1: Compatibilidad electromagnética y cuestiones de espectro de radiofrecuencia (ERM); Part 1: Requisitos técnicos y métodos de medición ETSI.

### **3.2Diseño de red RFID**

#### **3.2.1 Diseño físico del sistema RFID.**

El sistema cuenta con un método de acción en tiempo real para la localización y gestión de almacenes. Está compuesto por una base de datos que almacena la información de la ubicación de cada objeto; para conectar la base de datos alojada en el **Host4** (ver ilustración No. 21) y las lectoras RFID Fijos se necesitó puntos de accesos en este caso utilizaremos la red LAN de la empresa; la tecnología RFID nos permitirá capturar la información de cada Tag en cada objeto dentro de la bodega.

En la figura número 21, se realizó el diseño de la red en la planta arquitectónica de Megabyte Nicaragua S.A, los números presentes en la imagen corresponden al algoritmo de ejecución de los procesos y acciones que intervienen en el planteamiento de la red, tomando en cuenta la información obtenida en el estudio inicial.

Se optó por la ubicación de la antena AN-480 (1) en la entrada del acceso principal al almacén y AN480 (2) en el centro del mismo, en cumplimiento de las características determinadas para el sistema que tiene un rango de lectura de diez metros.

Se situó el lector FX7400 en el centro del local, la ubicación física de este no afecta al sistema siempre y cuando se respete la distancia límite de 6 metros entre lector/ antena, Esto para no aumentar la pérdida de potencia debido a la impedancia.

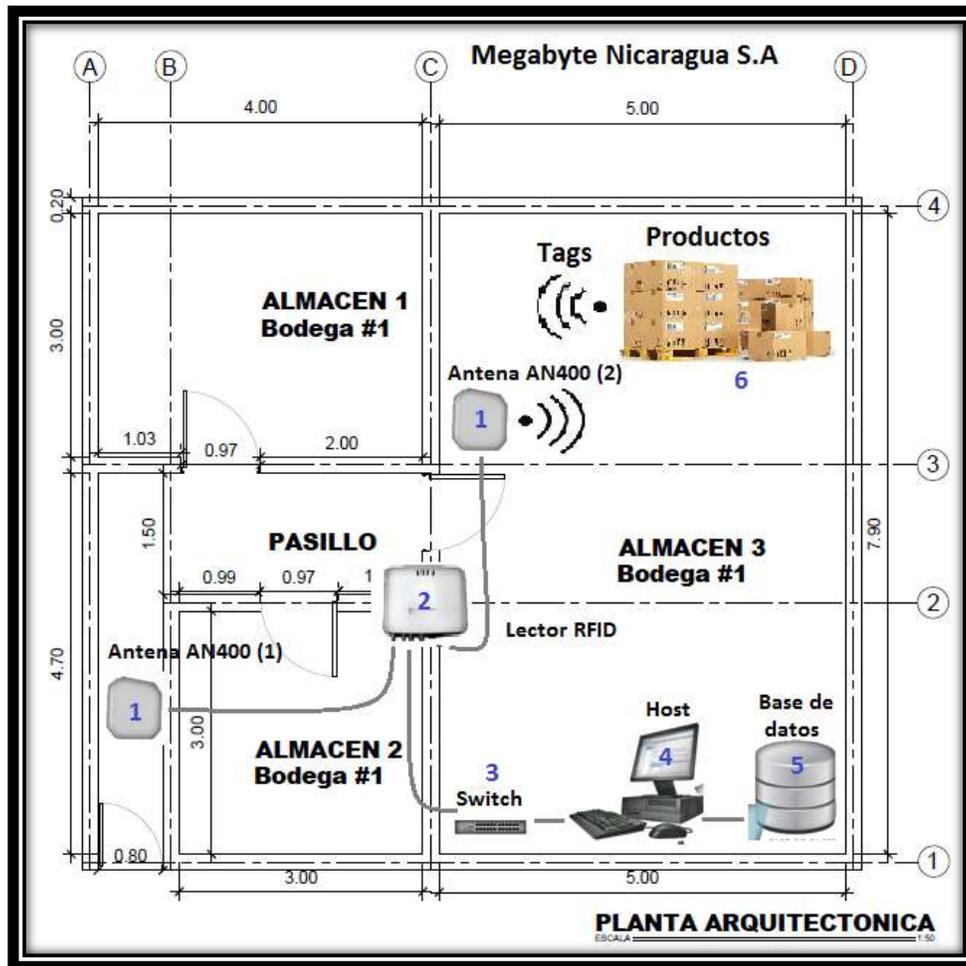


Ilustración 21: Diseño de Sistema RFID en planta arquitectónica de almacén Megabyte Nicaragua S.A<sup>45</sup>

<sup>45</sup> Ilustración de elaboración propia

### **3.2.2 Proceso del sistema:**

#### **1. Construcción de la base de datos.**

La base de datos juega un papel importante en el tratamiento y monitoreo de los productos puesto que es donde se almacena toda la información, este se puede alojar ya sea en el host donde se encuentra el middleware o en un servidor externo, esto dependiendo del tipo de base de datos a utilizar.

En nuestro caso se creó la base de datos en Microsoft Excell 2010, y esta se importó al gestor ClearStream para realizar el monitoreo respectivo de los productos.

#### **2. Lectura de la información de las etiquetas por lectores RFID que se transmitirán a través de la red LAN.**

Megabyte Nicaragua cuenta con una red LAN con direccionamiento DHCP, en la cual se encuentran ubicados 8 host y están comprendidos en el segmento de red 169.254.10.X

El lector FX7400 trae por defecto configuración DHCP, inmediatamente que se conectó el equipo a la red LAN este adquirió el direccionamiento 169.254.10.20.

La IP del Host que aloja la base de datos y donde está instalado el middleware es la 169.254.10.2

#### **3. Control y la búsqueda de materiales con algoritmos de posicionamiento mejorado, esta se hará con el uso del gestor de sistemas RFID ClearStream.**

El Host4 es el dispositivo donde se encuentra instalado el middleware, software encargado de procesar y ejecutar la información recolectada por la antena y lector RFID, en nuestro caso se utilizó ClearStream 3.1 para desempeñar esta función.

#### **4. Etiquetado y Actualización de la base de datos en el tiempo real.**

El último paso que se lleva a cabo es el etiquetado de los productos, cabe mencionar que el etiquetado no debe superar distancias del rango de lectura del sistema.

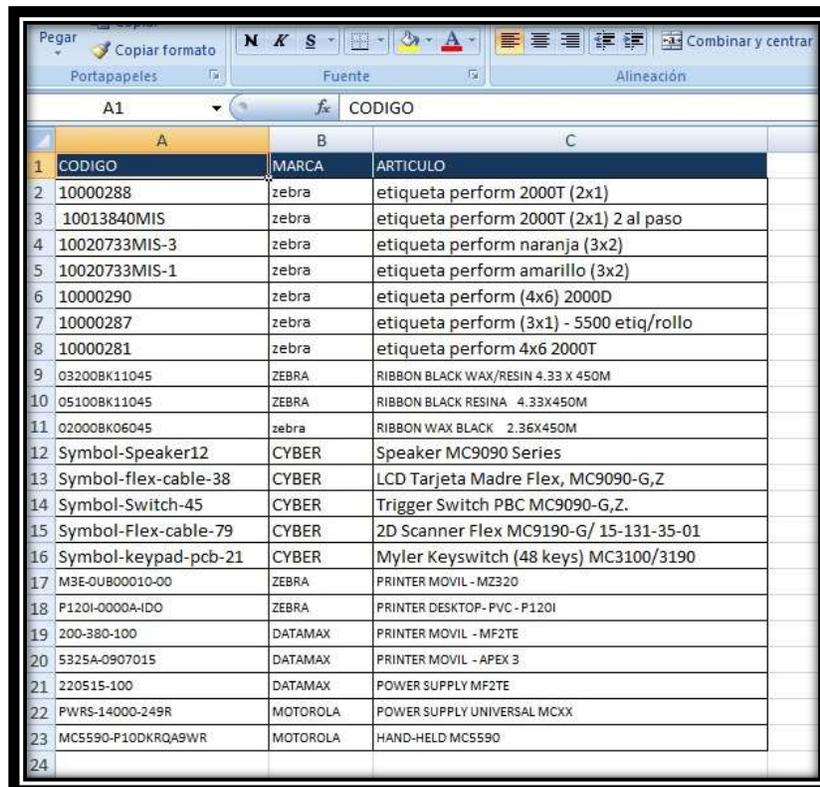
### **3.2.3 Configuración de la interfaz RFIDen ClearStream versión 3.1**

- 1) La ilustración 22 muestra el Ingreso a la pantalla de inicio de ClearStream para proceder con las configuraciones correspondientes y construir nuestro proyecto RFID, para eso necesitamos estar en la opción Configure y dirigimos a la pestaña **Profiles** donde crearemos un perfil asignándole un nombre y así poder sincronizar y capturar la información de los Tags por medio de los Reader y las antenas.



**Ilustración 22: Interfaz de configuración – ClearStream versión 3.1**

- 2) Dentro del **perfil** creado iremos configurando los **procesos** en el cual cada proceso es una información enviada desde una fuente a un destino. En donde la fuente será nuestro dispositivo RFID y el destino una base de datos externa (Excel, Texto, ODBC) identificado por el usuario esto lo podemos observar en la ilustración No. 23.



	A	B	C
1	CODIGO	MARCA	ARTICULO
2	10000288	zebra	etiqueta perform 2000T (2x1)
3	10013840MIS	zebra	etiqueta perform 2000T (2x1) 2 al paso
4	10020733MIS-3	zebra	etiqueta perform naranja (3x2)
5	10020733MIS-1	zebra	etiqueta perform amarillo (3x2)
6	10000290	zebra	etiqueta perform (4x6) 2000D
7	10000287	zebra	etiqueta perform (3x1) - 5500 etiq/rollo
8	10000281	zebra	etiqueta perform 4x6 2000T
9	03200BK11045	ZEBRA	RIBBON BLACK WAX/RESIN 4.33 X 450M
10	05100BK11045	ZEBRA	RIBBON BLACK RESINA 4.33X450M
11	02000BK06045	zebra	RIBBON WAX BLACK 2.36X450M
12	Symbol-Speaker12	CYBER	Speaker MC9090 Series
13	Symbol-flex-cable-38	CYBER	LCD Tarjeta Madre Flex, MC9090-G,Z
14	Symbol-Switch-45	CYBER	Trigger Switch PBC MC9090-G,Z.
15	Symbol-Flex-cable-79	CYBER	2D Scanner Flex MC9190-G/ 15-131-35-01
16	Symbol-keypad-pcb-21	CYBER	Myler Keypswitch (48 keys) MC3100/3190
17	M3E-0UB00010-00	ZEBRA	PRINTER MOVIL - MZ320
18	F120I-0000A-IDO	ZEBRA	PRINTER DESKTOP- PVC - P120I
19	200-380-100	DATAMAX	PRINTER MOVIL - MF2TE
20	5325A-0907015	DATAMAX	PRINTER MOVIL - APEX 3
21	220515-100	DATAMAX	POWER SUPPLY MF2TE
22	PWRS-14000-249R	MOTOROLA	POWER SUPPLY UNIVERSAL MCXX
23	MC5590-P10DKRQA9WR	MOTOROLA	HAND-HELD MC5590
24			

**Ilustración 23: Base de datos Excel**

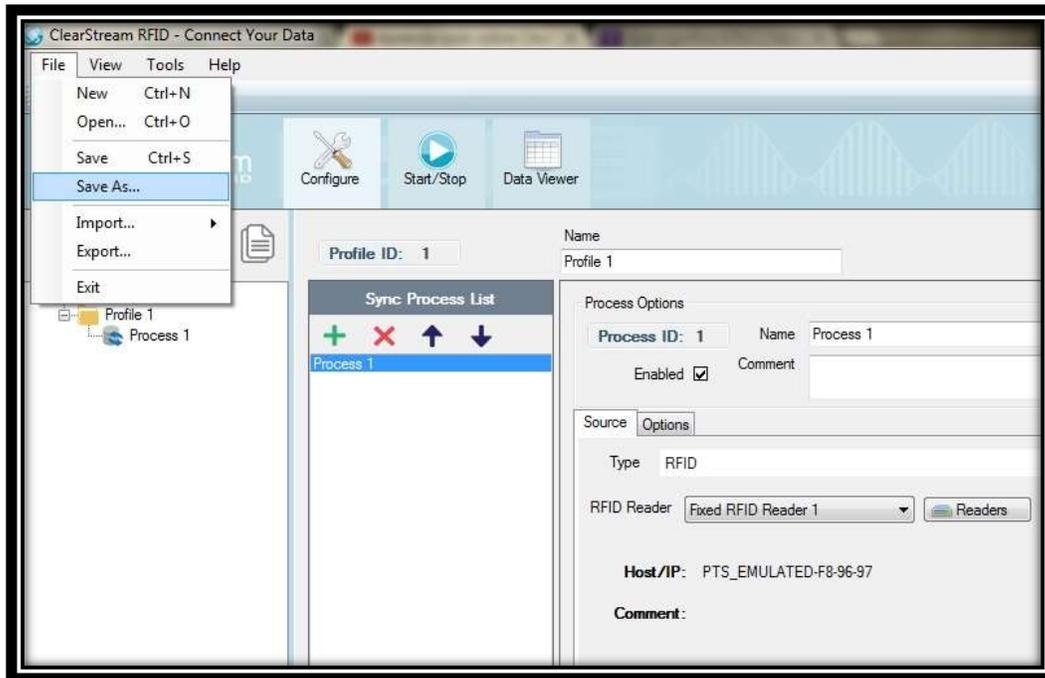
- 3) En la ilustración No. 24 y 25 se observa la definición de la fuente en **(Type)** **que** en este caso sería la RFID y en la pestaña **Readers**, registramos o añadimos el equipo/ modelo (fijo) que estaremos utilizando en el sistema para eso tendremos que asignarle una dirección IP. Ej.: 192.168.4.108. que se encuentra dentro de nuestro segmento de red o bien hacemos una búsqueda en la LAN en la opción **Find** y ver que Readers están disponibles para registrarlos y automáticamente se mostrara la información del Reader seleccionado en el registro. De esta manera quedara registrado.

**Nota:** es importante saber que podemos ingresar a nuestro sistema a través de VPN



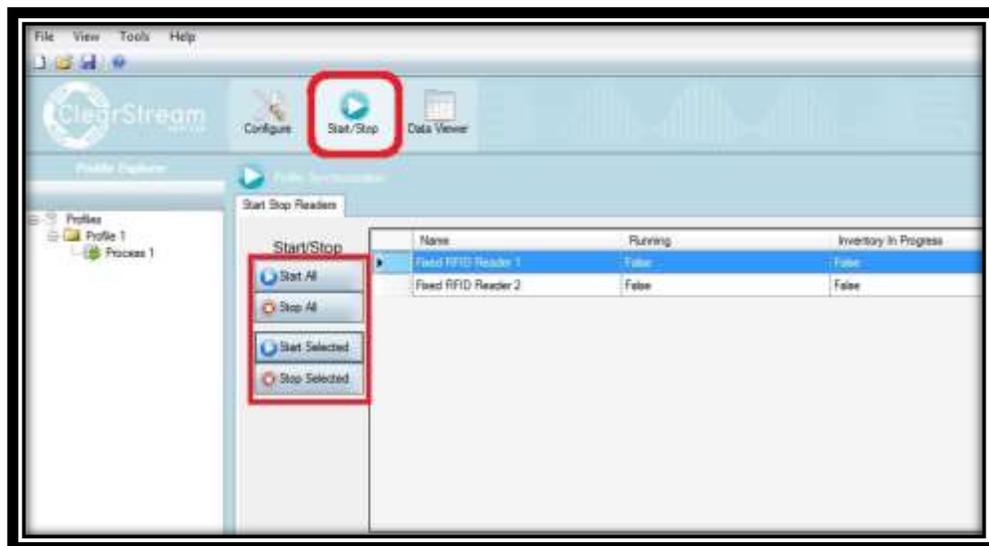
**Ilustración 24: Entorno de configuración de Readers y Antenas**

- 4) Luego del paso anterior, lo que haremos será grabar el proyecto y asignarle un nombre esta acción se observa en la ilustración No. 26, después de esto se procede a crear la conexión a la base de datos.



**Ilustración 25: Conexión a base de datos**

- 5) Ahora pasamos a la opción **Start/Stop** donde daremos inicio a los **procesos** de lectura de los Readers que anteriormente fueron configurados, en la ilustración 27 se visualizan dos opciones donde podemos inicializar todos los procesos en este caso activar todos los Reader o bien solamente uno y luego nos dirigimos a la opción **Data Viewer** para poder visualizar la base de datos (imagen 28). Para más información, dirigirse al inciso 4.4.1 Manual de descarga e instalación ClearStream 3.1



**Ilustración 26: Interfaz de activación de los Readers**

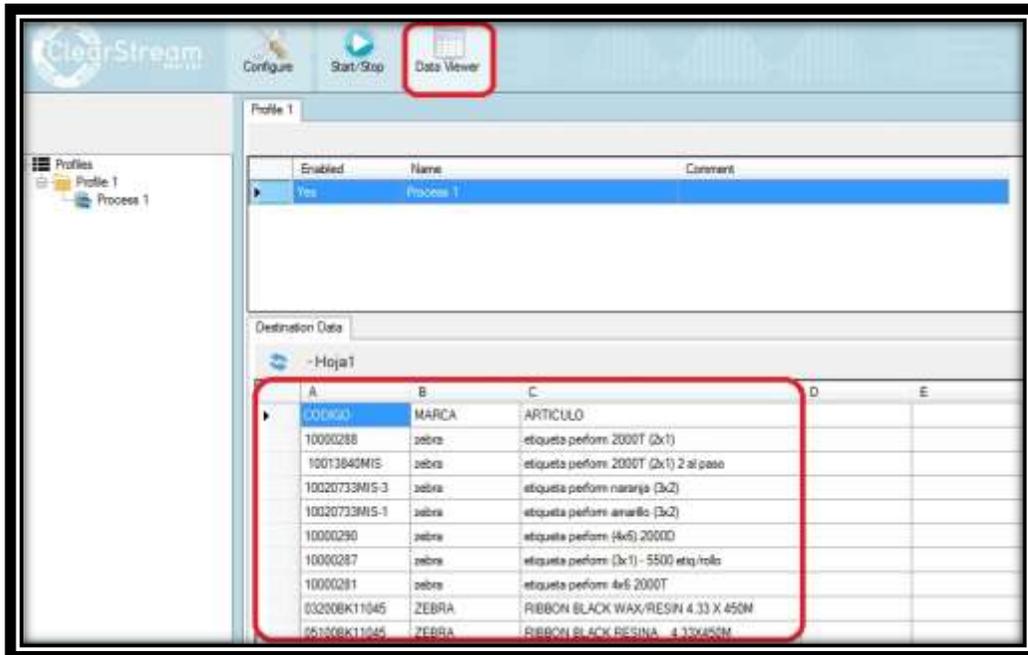
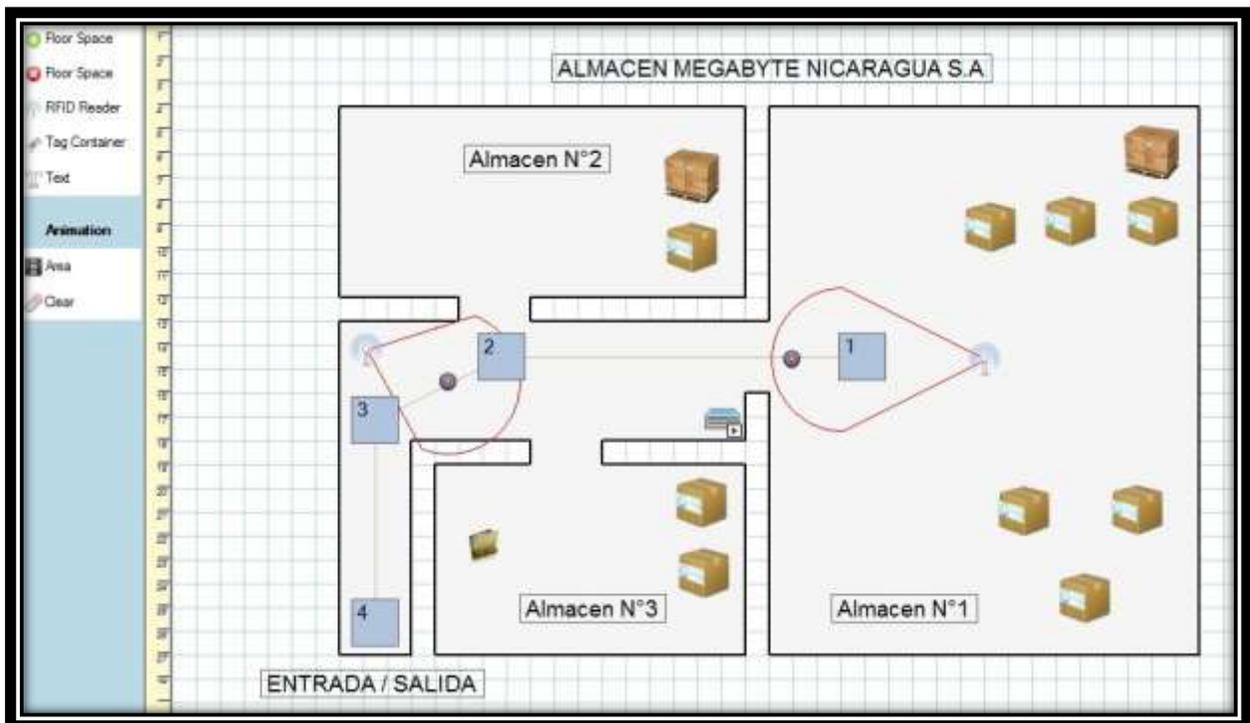


Ilustración 27: Interfaz de base de datos

### 3.2.4 Emulación del sistema RFID ClearStream versión 3.1

- 1) Una vez que hemos completado los procesos anteriores nos dirigimos a **virtual SiteSurvey**, que se localiza en la parte superior derecha de ClearStream en la pestaña: **Tools**, donde diseñaremos el área que constara con el sistema RFID.

Al habilitar esta herramienta los Readers virtuales que configuremos en el escenario tendrán una conexión totalmente directa con la base de datos que anteriormente asociamos, en la imagen No. 29 se muestra el entorno virtual de diseño.



**Ilustración 28: Entorno virtual de diseño de escenarios RFID**

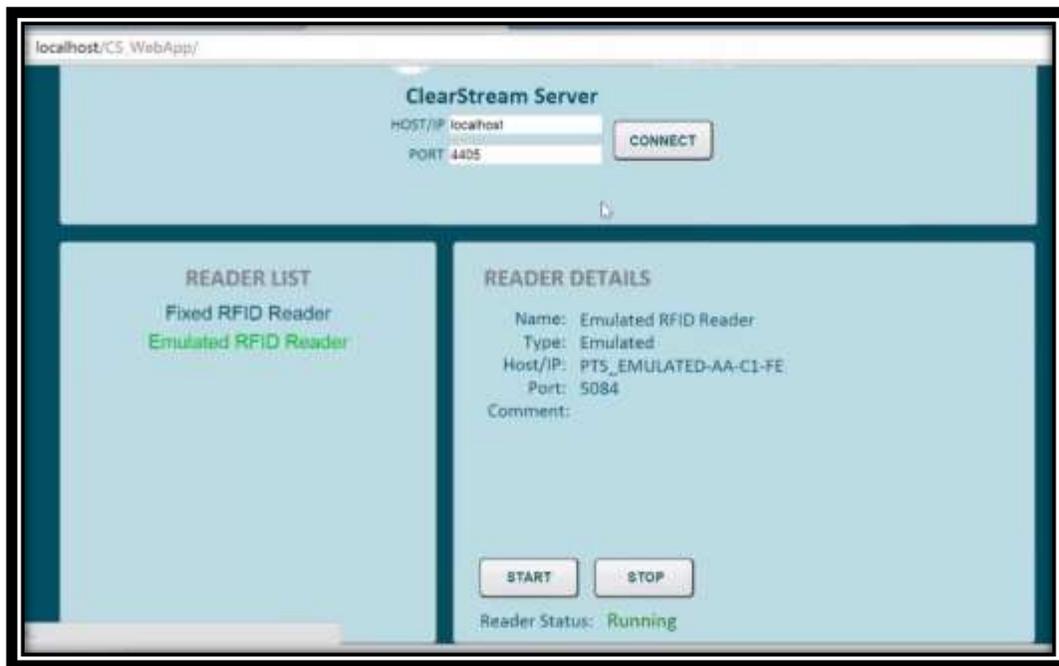
- 2) El movimiento de ítem que se genera en el sistema de inventario emulado es capturado por las antenas que están validando los procesos activos completamente y directamente como si sucediera en la realidad en nuestro Reader.

Comprobando de esta manera que dicha conexión, configuración y sincronización resultarían indiscutiblemente funcionales en el entorno real, luego se registra el comportamiento de las lecturas en la base de datos esto se puede observar en la ilustración No. 30.

EPC	TID	User	AntennaName	PowerRSSI	Date Time	ReaderName	Site/Unit	Count	T
3020303031386			1	-81	5/20/2015 9:59:59 AM	Feed RFID Reader	Management S.	1	T1
A000000000000			1	-80	5/20/2015 9:59:59 AM	Feed RFID Reader	Management S.	1	T1
0000000000000			1	-88	5/20/2015 9:59:59 AM	Feed RFID Reader	Management S.	1	T1
3020303030170			1	-81	5/20/2015 9:59:59 AM	Feed RFID Reader	Management S.	1	T1
B000000000000			1	-81	5/20/2015 9:59:59 AM	Feed RFID Reader	Management S.	1	T1
0000000000000			1	-83	5/20/2015 9:59:59 AM	Feed RFID Reader	Management S.	1	T1
A000000000000			1	-83	5/20/2015 9:59:59 AM	Feed RFID Reader	Management S.	1	T1
0000000000000			1	-83	5/20/2015 9:59:59 AM	Feed RFID Reader	Management S.	2	T1
E20020742090			1	-81	5/20/2015 9:59:59 AM	Feed RFID Reader	Management S.	2	T1
3020303031386			1	-81	5/20/2015 9:59:59 AM	Feed RFID Reader	Management S.	2	T1
3030303030170			1	-81	5/20/2015 9:59:59 AM	Feed RFID Reader	Management S.	2	T1

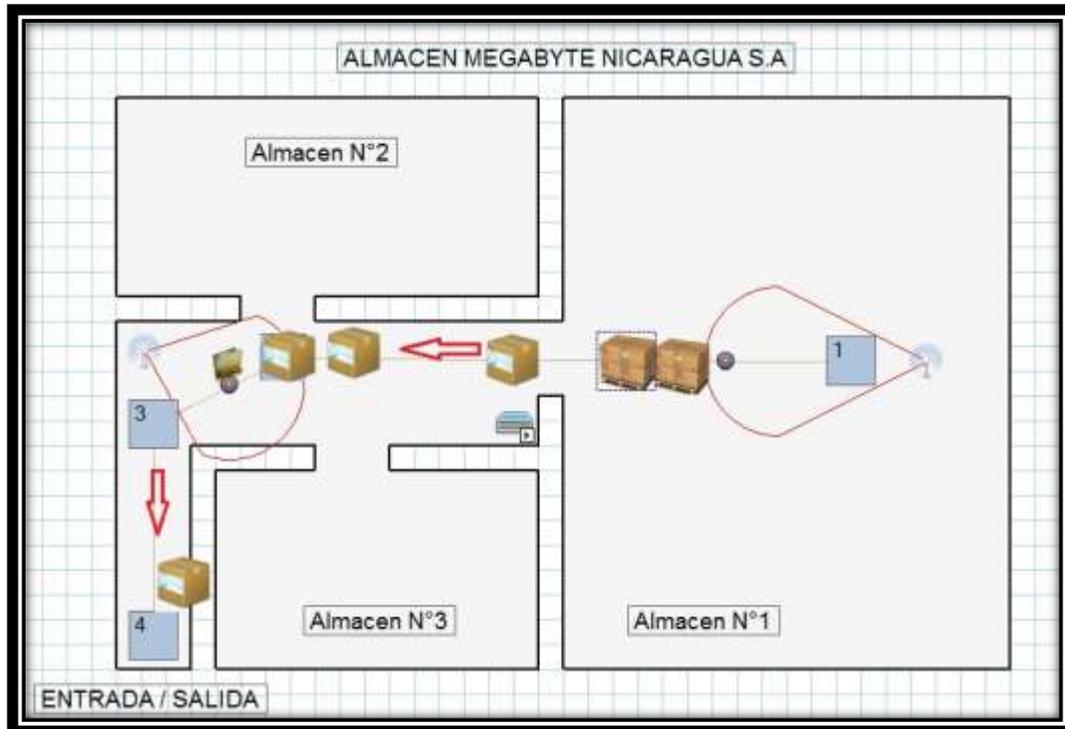
**Ilustración 29: Registro de comportamiento de la base de datos**

- 3) Por último presentamos ClearStream Server, esta web nos da acceso a nuestro sitio WebApp en línea que nos permitirá configurar los Readers desde cualquier parte del mundo y de esta manera poder iniciar una conexión y monitorear el comportamiento de nuestro inventario (ver imagen No. 31).



**Ilustración 30** Sitio Web para el monitoreo y configuración de los Readers.

4) Ahora bien, en el proceso inicial configuramos el Reader virtual (**Fijo**) el cual está listo para ser emulado en el entorno que hemos diseñado, para eso necesitamos activar los Reader en la opción **Star/ Stop** para inicializar el proceso que hemos configurado el cual sincronizara la base de tal forma que cada una de las lecturas de los tags RFID leídos sean aprobados en el sistema de ClearStream como si lo hiciera en un ambiente de producción con Readers, tags y con ítem de inventarios reales, esto se muestra en la ilustración 32.



**Ilustración 31: Entorno emulado con RFID**

### **3.3 Equipos RFID a utilizar**

Analizadas las condiciones y basados en las normas y recomendaciones hechas por los organismos reguladores como EPC, ETSI e ISO se utilizan los siguientes equipos.

#### **3.3.1 Tipo de Antena**

El principal factor que influye en la antena a utilizar es el rango de frecuencia de operación del sistema, con la frecuencia definida en 867.9 MHz nos permite delimitar el tipo de antena exclusivamente a equipos que trabajen en esta frecuencia.

Dentro de los fabricantes de equipos RFID que cumplen con los estándares y normas del ETSI encontramos:

- Zebra Technologies (Motorola)
- Honeywell
- Alien Technologies

Motorola y Honeywell son los fabricantes más destacados en este rubro tanto por calidad y costo económico, es por eso se consideró a estas dos marcas para elegir el modelo.

Dentro del catálogo RFID de Zebra Technologies encontramos la antena RFID AN480 la cual utiliza como frecuencia de operación los 868 MHz, la competencia en mercado de esta antena es la IA33B de Honeywell, en el siguiente sub-capítulo se muestra una tabla comparativa entre estos dos tipos de antena.

### **3.3.1.2 Comparativo entre antena Motorola AN480 y antena Honeywell IA33B**

Ambos tipos de antenas cumplen con las normas internacionales de RFID para la frecuencia antes mencionada, basado en esto la principal característica que nos guio a elegir la antena AN480 en nuestro sistema es por su estabilidad de operación y su costo económico.

<b>Modelo</b>	<b>AN480</b>	<b>IA33B</b>
<b>Frecuencia</b>	868 MHz	868 MHz
<b>Polarización</b>	Circular	Circular
<b>Cobertura</b>	Hemisférica	Hemisférica
<b>Ganancia</b>	6 dBi	5 dBi
<b>Impedancia</b>	50 $\Omega$	50 $\Omega$
<b>Costo \$</b>	377.50	438.00

Tabla 8: Comparativa de Antenas RFID<sup>46</sup>

### **3.3.1.3 Antena Motorola modelo: AN480**

Determinamos el uso de la Antena AN480, por eso a continuación presentamos características de este modelo.

Cabe mencionar que al utilizar la antena AN480, se debe utilizar el kit RFID de este fabricante esto por motivos de compatibilidad de software y hardware; el kit RFID de Motorola está compuesto por Antena AN480, Reader FX7400, Cable comunicador "LMR".

La ilustración 33 presenta la antena AN480 de Motorola, este tipo de antena por su diseño puede ser instalado en entornos de fabricación, almacén o cualquier área de producción. Tiene una excelente respuesta de banda de frecuencia extendida con alcance de 865– 956 MHz.

---

<sup>46</sup> Tabla 8: Fuente elaboración propia.



**Ilustración 32: Antena AN480**

La antena Motorola AN480 ofrece una baja relación axial que proporciona una ganancia más uniforme para un rendimiento superior. Esta antena de un solo puerto ofrece la máxima flexibilidad y el rendimiento necesarios para satisfacer las necesidades de las empresas de todo el mundo.

**Ficha técnica**

<b>Características</b>	<b>Descripción</b>
<b>Físicas</b>	Dimensiones sin tornillos para instalación: 25.91 cm de largo x 25.91 cm de largo x 3.35 cm de profundidad Dimensiones con tornillos para instalación: 25.91 cm de largo x 25.91 cm de largo x 5.03 cm de profundidad Peso: 1.13 Kg Conector: "N" hembra Posición del conector: En espiral Soporte del montaje: Disponible por separado Material de la cubierta: Aluminio con cubierta de plástico color blanco.
<b>Operación</b>	Rango de frecuencia: 865– 956 MHz Ganancia: 6.0dBil VSWR (perdida de retorno): 1.3: 1 Amplitud de haz 3db (planos H y V): 65° Potencia máxima: 2 vatios Relación axial: 1.5 dB Polarización: D/I Circular

<b>Ambientales</b>	Temperatura de funcionamiento: -25°C a 70°C Sellado ambiental: IP54 Cumple con TAA: No
--------------------	--

**Tabla 9: Ficha Técnica Antena AN480<sup>47</sup>**

### 3.3.2 Tipo de Reader

Dentro de los tipos de lectores RFID encontramos 4 grupos.

- Lectores fijos
- Lectores portátiles o manuales
- Lectores de sobremesa USB
- Lectores de carretilla

Debido a características de diseño los lectores de carretilla y de sobremesa USB no son viables al entorno de aplicación de nuestro sistema RFID, ya que estos están diseñados para ambientes de aplicaciones como la minería (lector de carretilla), tiendas Retail (sobremesa USB).

Así las opciones se limitan a usar un lector fijo o uno portátil.

La comunicación entre lector y antena es unos de los parámetros fundamentales de un sistema de RFID, tomando en cuenta que se determinó el uso de una antena Marca: Motorola, Modelo AN480 y apreciando que por efectos de compatibilidad entre equipos se debe de usar un lector Motorola.

No es recomendable el uso de una antena de un fabricante y un lector de otro fabricante, dado que no se lograra una excelente comunicación entre ambos, por eso muchas veces los fabricantes venden el kit completo de producto RFID que incluye "Antena y Lector", dadas las condiciones anteriores se realiza la comparativa entre el lector fijo FX7400 y el lector móvil MC9190-Z.

---

<sup>47</sup> Información tomada de [www.motorola/rfidlatinoamerica/equipos/an480.com](http://www.motorola/rfidlatinoamerica/equipos/an480.com) recuperado el 4 de junio 2015.

### **3.3.2.1 Comparativo entre lector fijo Motorola FX7400 y lector móvil Motorola MC9190-Z**

Ambos tipos de lectores cumplen con las normas y estándares internacionales de RFID designado por UPCglobal, basado en esto los parámetros que nos guio a elegir al lector fijo FX7400 son por las características siguientes.

- Costo económico: En promedio un lector fijo presenta un valor de 75% con respecto al valor de un lector móvil.
- Interfaces de aplicaciones: El lector fijo presenta aplicaciones tales como clearstream mientras en un lector móvil al usar sistema Windows Mobile se debe incurrir en costo de desarrollo de una aplicación propia.

<b>Modelo</b>	<b>FX7400 (Lector fijo)</b>	<b>MC9190-Z (Lector móvil)</b>
<b>Frecuencia</b>	868 MHz	868 MHz
<b>Polarización</b>	Circular	Circular
<b>Cobertura</b>	Hemisférica	Hemisférica
<b>Ganancia</b>	6 dBi	6 dBi
<b>Impedancia</b>	50 $\Omega$	50 $\Omega$
<b>Costo \$</b>	1596.40	2150.80
<b>Robustez</b>	Norma IP54	Norma IP64

Tabla 10: Comparativa entre lectores RFID. <sup>48</sup>

---

<sup>48</sup> Fuente elaboración propia Datos obtenidos de [www.motorola.com/rfid](http://www.motorola.com/rfid)

### **3.3.2.1 Reader Motorola modelo: FX7400**

El lector RFID UHF FX7400 de Motorola se presenta en la imagen No. 34, este lector es ideal para implementaciones empresariales globales debido a su robustez física y de funcionamiento, Cuenta con características empresariales que incluyen: auto-discovery y set-up pre-definidos para facilitar la instalación, alimentación mediante Ethernet (POE) para eliminar la necesidad de costosas caídas de tensión y funciones avanzadas para la transmisión segura de datos.

Esta combinación única hace que la serie de lectores RFID FX7400 sea especialmente adecuada para el inventario de retail y aplicaciones de gestión empresarial de activos con rendimiento y tamaño reducido.



**Ilustración 33: Lector FX7400<sup>49</sup>**

---

<sup>49</sup> Fuente [www.motorola/rfidlatinoamerica/images.com](http://www.motorola/rfidlatinoamerica/images.com)

**Ficha técnica:**

<b>Características</b>	<b>Descripción</b>
<b>Antenas</b>	4 puertos monoestáticos de altas prestaciones (RP TNC) 2 puertos monoestáticos de altas prestaciones (RP TNC)
<b>Protocolo de Interface Aéreo</b>	EPCglobal UHF Class 1 Gen 2 / ISO 18000-6C
<b>Potencia Transmitida</b>	+10.0 a +30 dBm (con fuente de alimentación externa)
<b>El rendimiento típico en entornos difíciles (Autoset Dense Reader Mode)</b>	~200 tags/segundo
<b>Regiones Soportadas</b>	US, Canadá y regiones adheridas a la regulación U.S. FCC Part 15 Europa y otras regiones adheridas a la regulación ETSI EN 302 208 sin LBT
<b>Interface de aplicación con Host</b>	EPCglobal Low Level Reader Protocol (LLRP) + RM
<b>Comunicaciones</b>	10/100 BaseT Ethernet (RJ45) Host y cliente USB (tipo B)
<b>Servicios de Red</b>	DHCP, HTTPS, FTPS, SSH, HTTP, FTP, Telnet, SNMP y NTP
<b>Dirección IP</b>	Dinámica y Estática
<b>Interfaces de Control</b>	RM 1.0.1 (con XML sobre HTTP/HTTPS y SNMP vinculante)
<b>Actualización de Firmware Fiable</b>	Posibilidad de actualización de firmware remota o basada en Web

**Tabla 11: Ficha Técnica Lector FX7400**

### 3.3.3 Cable de Comunicación (RF) 240"; Cable Tipo LMR

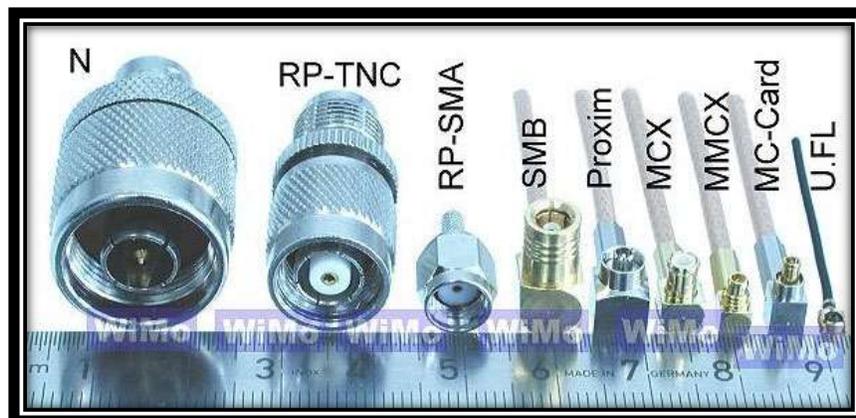


**Ilustración 34: cable comunicador Tipo LMR**

Cuando se determina el tipo de antena a utilizar, el siguiente paso es el uso adecuado del cable comunicador entre Lector-Antenas.

Las características y parámetros que debe cumplir un cable de comunicación para antenas se miden por cuatro factores fundamentales:

1. El diámetro del cable, se mide en milímetros y es el grosor que tiene el cable, y dependiendo del diámetro del cable influye en el tipo de conector.



**Ilustración 35: Tipos de conectores**

2. La frecuencia de trabajo se mide en MHz, los cables están diseñados para trabajar en un rango de frecuencia determinado, se deduce a mayor frecuencia de trabajo mayor será la pérdida de señal.

3. La impedancia del cable, se mide en ohmios  $\Omega$ , normalmente suelen tener 50 ó 75  $\Omega$  pero también los hay hasta de 93  $\Omega$ , los de 75  $\Omega$ . Si no tenemos conocimiento de la impedancia de un cable debemos rechazarlo.
4. Los decibelios de los cables, es una característica que nos dice la pérdida de señal que hay por cada metro de cable.

### **Cable de comunicación a utilizar:**

Se utilizó cable LMR-400 que posee las siguientes características

Longitud: 6 m

Impedancia: 50  $\Omega$

Pérdida en dB: 0.217 dB/m

La pérdida total por impedancia es el resultado de la multiplicación de la distancia del cable de comunicación por la pérdida en un metro, a continuación utilizamos esta fórmula para definir la pérdida total considerando que los cables de comunicación a utilizar miden 6 m.

$$\text{pérdida total: } \left(0.217 \frac{\text{dB}}{\text{m}}\right) (6 \text{ m}) = 1.3 \text{ dB} \quad (15)$$

## **3.4 Configuración del sistema**

### **3.4.1 Ingreso a consola del Lector RFID**

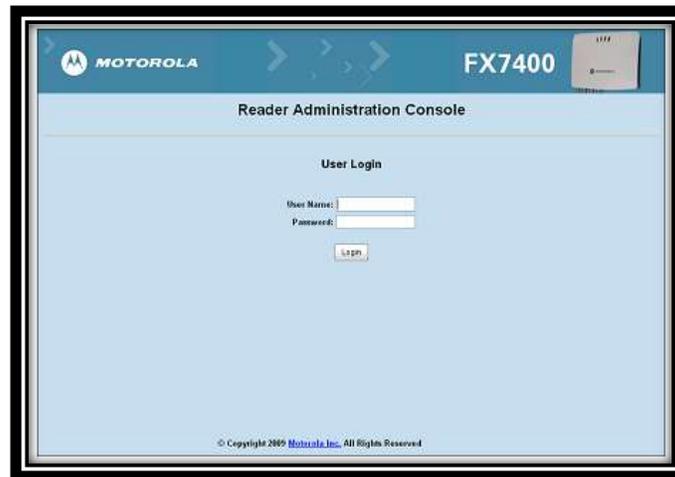
- 1) Primeramente prepare el lector y las etiquetas (Tags).
- 2) Conecte la antena a la antena Puerto 1.
- 3) Conecte el cable Ethernet al puerto Ethernet.

Se recomienda conectar el lector a una subred que soporta DHCP. Este procedimiento de inicio rápido no es garantizado para trabajar si DHCP está desactivado en el lector y si el lector está conectado directamente a un PC.

Conecte la fuente de alimentación de CA a una toma de corriente y conectar con el puerto de alimentación.

Nota: No se requiere este paso para las redes de apoyo Power-over-Ethernet (POE)

- 1) Una vez realizado los pasos anteriores nos dirigimos al navegador (Explorer) e ingresamos la dirección: FX7400DE9BFA, para poder entrar a la consola en donde nos pedirá UserName: **admin** Password: **change**, luego estaremos dentro de la consola de administración.



**Ilustración 36: Consola de lector RFID**

### **3.6.2 Conexión al lector**

Para conectar a través de nombre de host:

- 1- Abra un navegador. Navegadores recomendados son IE6, IE7, IE8, o Mozilla 3.
- 2- Introduzca el nombre del host, siempre que en la etiqueta del CD, en el navegador (por ejemplo, `http://fx7400cd3b0d`) y pulse Enter.

Aparecerá la ventana Inicio de sesión de usuario y el lector está listo.

**NOTA:** Conecte el lector a una red compatible con el registro de nombres de host y de consulta para asegurar la red.

Puede acceder al lector utilizando el nombre de host. Por ejemplo, algunas redes pueden registrar nombres de host a través de DHCP. La primera vez que se conecta al lector, se recomienda mantener DHCP activado tanto en el PC y en el lector, a pesar de que no se garantiza que el nombre de host trabajará todo el tiempo. Utilice el nombre proporcionado en la etiqueta del CD o bien usar la dirección MAC del lector ubicada en la parte superior.

El nombre de host es una cadena con el FX7400 prefijo, seguido de los tres últimos octetos de direcciones MAC.

Por ejemplo, para una dirección MAC de 00: 15: 70: CD: 3B: 0D, utilice el prefijo FX7400, seguido por el último de tres

Dirección MAC octetos (CD, 3B y 0D), para crear el nombre de host FX7400CD3B0D.

Tipo http: // FX7400CD3B0D en la barra de direcciones del navegador para acceder al lector.

Para conectar mediante el puerto USB para la conexión de red, consulte Motorola USB RNDIS controlador en la página 3-6. El valor por defecto Dirección IP para el lector es 169.254.10.20

### ***Primera Hora / Start-Up Login***

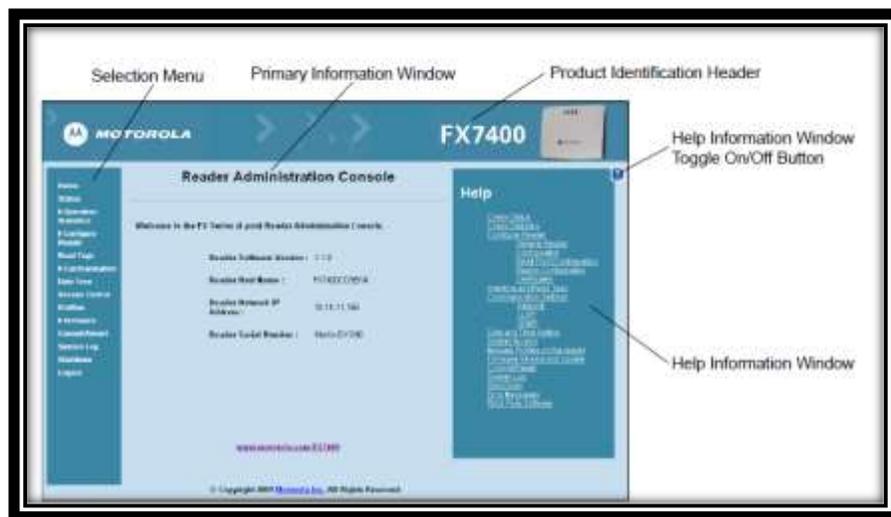
Al iniciar el lector, por primera vez, establecer un ID de usuario y una contraseña únicos.

- 1- En la ventana Inicio de sesión de usuario, escriba **admin** en el Nombre de Usuario: campo e introduzca **Change** en el campo Contraseña.

Haga clic en Iniciar sesión. Aparecerá la ventana **Configuración Región**.

NOTA: La ventana de Configuración de Región no aparece para las configuraciones de lectores estadounidenses. Para estos modelos, le aparecerá la ventana principal de la consola de administrador.

## Menú de consola FX-7400



**Ilustración 37: Menú de consola**

Estaremos describiendo las funciones y procedimientos del administrador del lector de la consola de la serie FX.

Acceder a la consola de administrador utilizando un navegador web desde un ordenador host y utilizarlo para administrar y configurar el lector. Los principales ventanas y apoyo del administrador de la consola tienen cuatro áreas, cada una conteniendo única información sobre el lector.

**Menú Selección** - selecciona la función de la ventana de información primaria

- **Ventana de información primaria** - proporciona la información de la función primaria
- **Identificación de Productos Header** - identifica el producto
- **Ayuda Ventana de información:**
  - Proporciona información detallada para apoyar la ventana de información primaria
  - Incluye una barra de desplazamiento para desplazarse por la información
  - Incluye un botón de activación para activar / desactivar la ventana de información de ayuda

## Configuración de región

Establecer la región de operación. Ajuste de la unidad a una región diferente es ilegal.

NOTA: La **Configuración de Región** no está disponible para los lectores configurados para operar en la región de Estados Unidos (bajo Normas de la FCC). En este caso, omita este paso.

- 1- En la ventana de **Preferencias de Configurar Región**, seleccione la región en el menú desplegable.



Ilustración 38: configuración de región

- 2- Seleccione la Norma de Comunicación, en su caso
- 3- Seleccione **FrequencyHopping**,
- 4- Seleccione el canal correspondiente (s), si procede.
- 5- Seleccione la casilla de verificación.
- 6- Seleccione **Establecer propiedades** para completar la selección de región. Aparecerá la ventana Exitosa Operación.
- 7- Seleccione **Commit / Descartar**.
- 8- Haga clic en **Commit** para guardar la nueva configuración de región y aplicar estos cambios en el archivo de configuración de lector, o haga clic en **Descartar** para descartar los cambios de configuración región.

### 3.6.3 Lectura de TAGS

Seleccione Leer las etiquetas, para ver la ventana del lector en operación.

**Nota:** Habilitar soporte de Java JRE en el navegador para que esta página funcione correctamente. Consulte el Apéndice D, Java e Instalar / Procedimientos de actualización.

Al actualizar el FX7400 de la versión 1.0 a la versión 1.1 (o viceversa), cerrar el navegador y re-abrirlo para que se aclare la versión anterior de los archivos almacenados en caché. Si la caché de Java para los applets está activada, desactive la caché

Subprograma antes de iniciar el navegador para utilizar la página **ReadTags**.

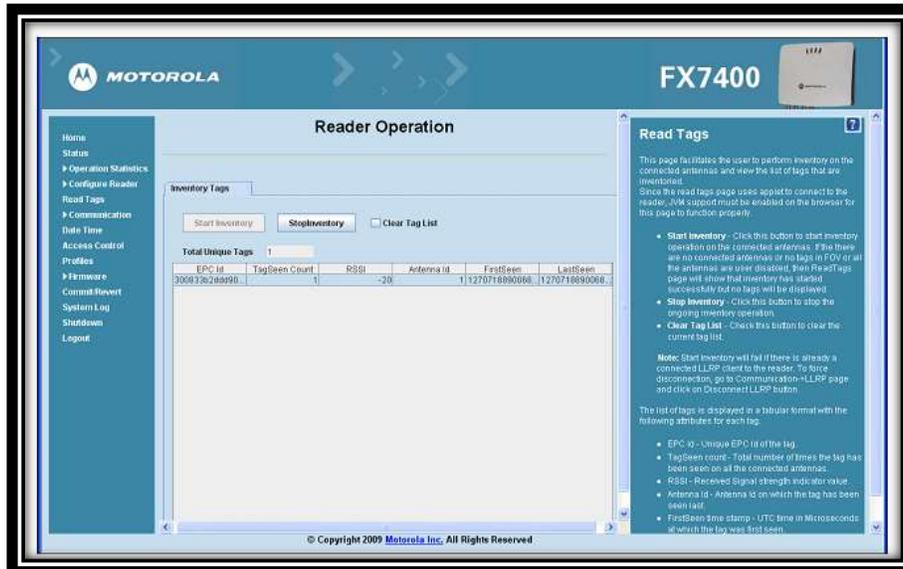


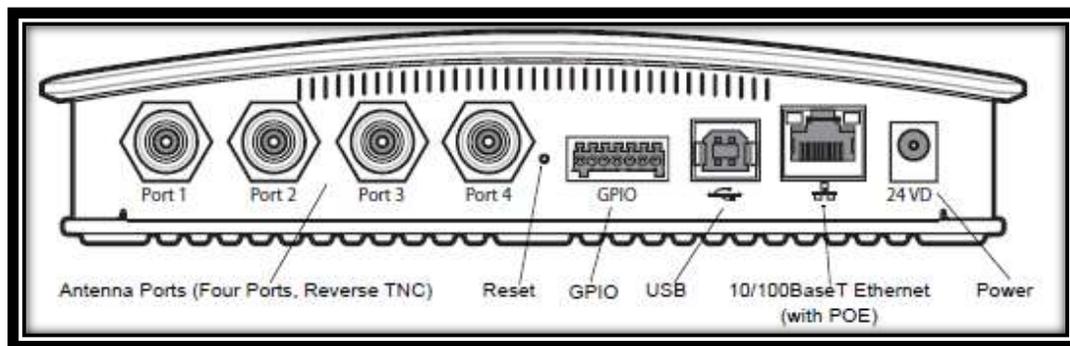
Ilustración 39: Lectura de etiquetas

- Haga clic en **Inicio Inventario** para iniciar un análisis bajo demanda de las antenas conectadas y / o para activar o desactivar puntos de lectura encuestados.
- Haga clic en **Detener Inventario** para detener la operación de inventario.
- Seleccione la casilla de verificación **Lista Tag Clear** para borrar la lista de etiquetas actual

La lista de etiquetas aparece en una tabla con los siguientes atributos para cada TAG:

- **Id EPC:** Steam ID etiqueta EPC.
- **TagSeen Contador:** Número de veces que la etiqueta se identifica en la antena específica.
- **RSSI:** Recibidas intensidad de la señal de indicación.
- **Antena Id:** Antena de identificación en la que se ve la etiqueta.
- **FirstSeen marca de tiempo:** hora UTC (en microsegundos) cuando la etiqueta fue visto por primera vez.
- **LastSeen marca de tiempo:** hora UTC (en microsegundos) cuando la etiqueta fue visto por última vez.

### 3.6.4 Panel del Reader RFID

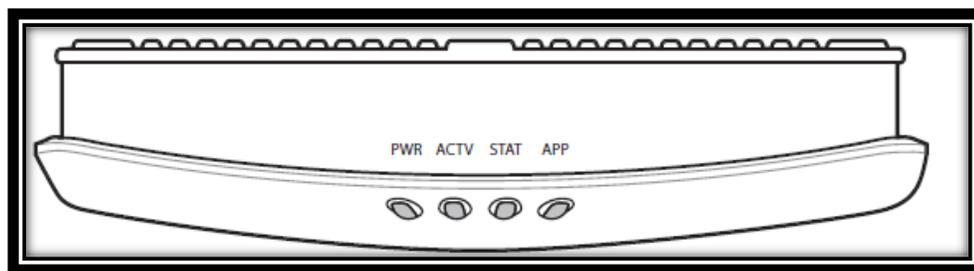


**Ilustración 40: Panel del Lector RFID**

Puerto	Descripción
<b>antena Puertos (TNC inversa)</b>	Dos versiones de puerto: Conecte hasta dos antenas. Cuatro versiones de puerto: Conecte hasta cuatro antenas.
<b>Reset</b>	Para restablecer el lector insertar un clip en el orificio de restablecimiento, pulse y mantenga pulsado el botón de reinicio por no más de 2 segundos. Esto restablece el lector, pero conserva el ID de usuario y contraseña.
<b>GPIO</b>	Inserte un cable serie DE15 para conectarse a dispositivos externos.
<b>USB</b>	El puerto de cliente USB compatible (por defecto) un modo de red de operación. Esto permite una interfaz de red secundaria como un adaptador virtual a través de USB. ActiveSync también puede ser activado en el puerto de cliente USB. Utilice Visual Studio para utilizar el puerto USB para el desarrollo. Utilice una herramienta de visualización a distancia para acceder a la interfaz gráfica de Windows CE.

	Los usuarios avanzados pueden desactivar y activar ActiveSync a través de un cambio de registro en Windows CE y puede crear un protocolo de comunicación personalizado en el puerto USB
<b>10/100BaseT Ethernet</b>	Inserte un cable estándar RJ45 Ethernet para conectarse a una red Ethernet con o sin POE.
<b>Power</b>	Conector DC, se conecta a un adaptador de CA aprobado. La fuente de alimentación (varía dependiendo del país). Potencia máxima 24 VCC, 1,2 A.

### Indicadores LED en Reader RFID



LED	Función	Estado	Descripción
<b>PWR</b>	Power	apagado rojo sólido rojo intermitente ámbar sólido verde sólido	Lector está apagado arranque actualización de firmware Inicialización de aplicaciones después de arrancar Reader está encendido y operando
<b>ACTV</b>	Actividad	apagado ámbar intermitente verde intermitente	No hay operaciones de RF El de 500 mseg indica otra operación etiqueta El de 500 mseg indica una etiqueta está inventariado o leer
<b>STAT</b>	Status	apagado rojo sólido rojo intermitente verde intermitente	No hay errores o eventos GPIO Anomalía de actualización de firmware El de 500 mseg indica un error en la operación de RF En para 500 mseg indica un evento GPI
<b>APP</b>	Aplicación	Verde / Rojo / Ámbar	Controlado a través de RM

### 3.6.5 Ganancia de la antena y la potencia radiada

FX Series	US	EU
<b>Max. poder de frecuencia conducido</b>	+ 30 dBm	+ 29.6 dBm
<b>Ganancia máxima de antena (incluyendo la pérdida de cable)</b>	+ 6 dBiL	+5.5 dBiL
<b>Max. Potencia radiada</b>	4W EIRP	2W ERP

### 3.6.6 Comunicación con el Lector RFID

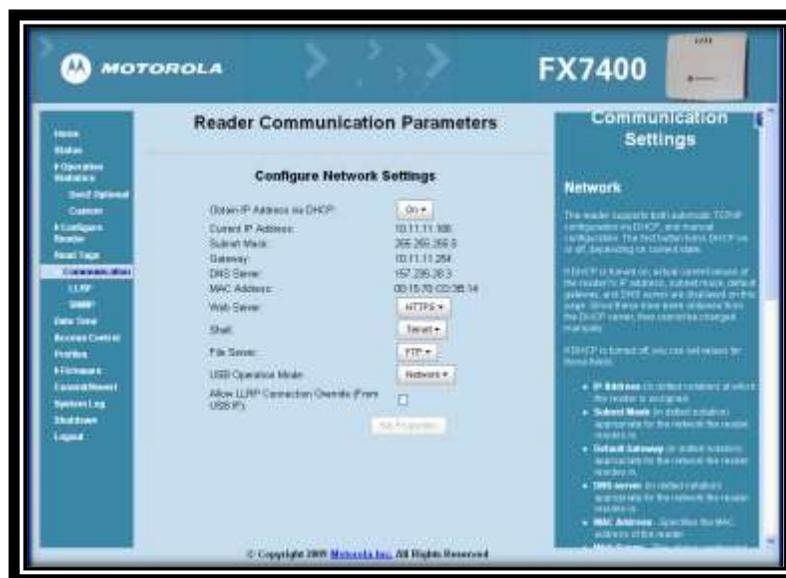


Ilustración 42: comunicación con el Lector RFID

Sólo una sesión LLRP puede estar activo en el lector ya sea a través de la interfaz Ethernet primaria o a través de la red virtual sobre la interfaz USB.

Si la conexión está activa en una interfaz y un intento de conexión posterior se hace sobre la otra interfaz, el último intento se impone y crea una nueva sesión en esa interfaz, desconectar la interfaz anterior.

## Estado

Haga clic en Estado en el menú de selección para ver la ventana **Estado Reader**. Esta ventana muestra información sobre el lector y puntos de lectura (antenas).

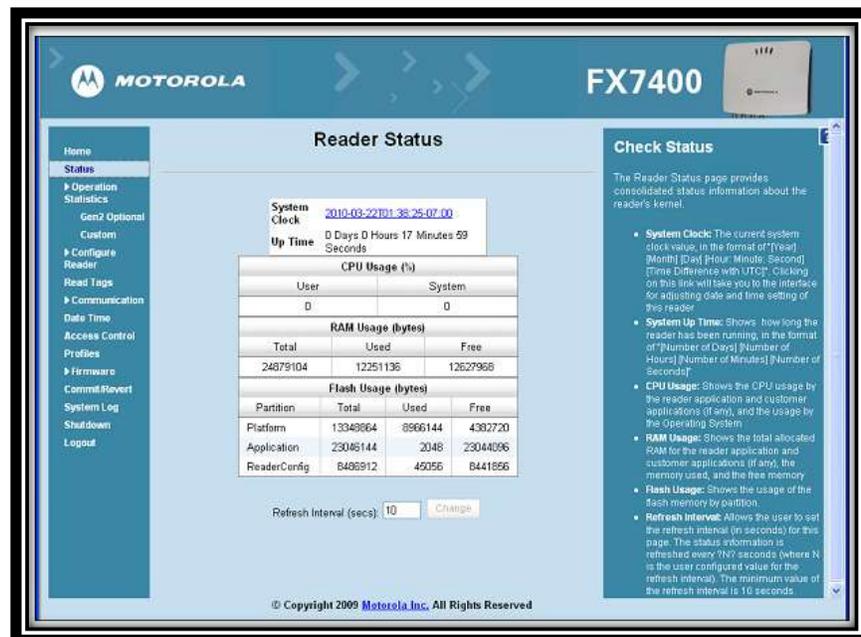


Imagen 1: Estado del Lector

La ventana **Estado Reader** proporciona información sobre el estado consolidado de lector:

- **Reloj del Sistema** - El valor del reloj del sistema actual, en el formato [año] [mes] [Día] [Hora: Minuto: Segundo]

[Diferencia horaria con GMT]. Haga clic en el enlace para ajustar la configuración de fecha y hora lector.

- **Tiempo Up** - Muestra el tiempo que el lector ha estado funcionando, en el formato [Número de días] [Número de horas] [Número de Minutos] [Número de segundos].

- **Uso de la CPU** - Muestra el uso de la CPU, las aplicaciones de usuario (si los hay), y el uso del sistema.

- **Uso de RAM** - Muestra la memoria RAM total asignado para el lector, la memoria utilizada y la memoria libre.
- **Uso de Flash** - Muestra el uso de memoria flash partición.
- **Intervalo de actualización** - Establece el intervalo de actualización (en segundos) para la ventana. La información de estado se actualiza cada N segundos (donde N es el valor configurado por el usuario para el intervalo de actualización). El valor mínimo intervalo de actualización es de 10 segundos.

### 3.6.7 configuración del Lector

Utilice los submenús **Configurar Reader** para acceder a las siguientes funciones.

#### Parámetros Reader (general)

Seleccione **General** en el menú de selección para configurar los ajustes del lector usando esta ventana.

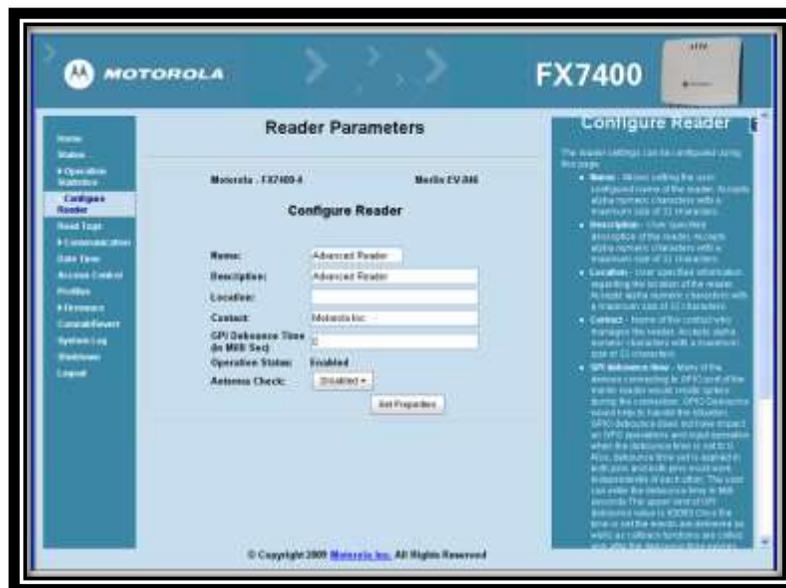


Ilustración 43: Parámetros del Lector

**Nombre** - Establece el nombre lector. Acepta hasta 32 caracteres alfanuméricos.

**Descripción** - Describe el lector. Acepta hasta 32 caracteres alfanuméricos.

**Ubicación** - Proporciona información sobre la ubicación lector. Acepta hasta 32 caracteres alfanuméricos.

**Contacto** - Nombre del lector. Acepta hasta 32 caracteres alfanuméricos, GPI de rebote Tiempo - eventos Los retrasos de entrada hasta este momento y ofrece estos eventos sólo si los estados PIN permanece en el mismo nivel.

**Estado Operación** - Muestra el estado de operación del lector actual (Enabled, Disabled o desconocido).

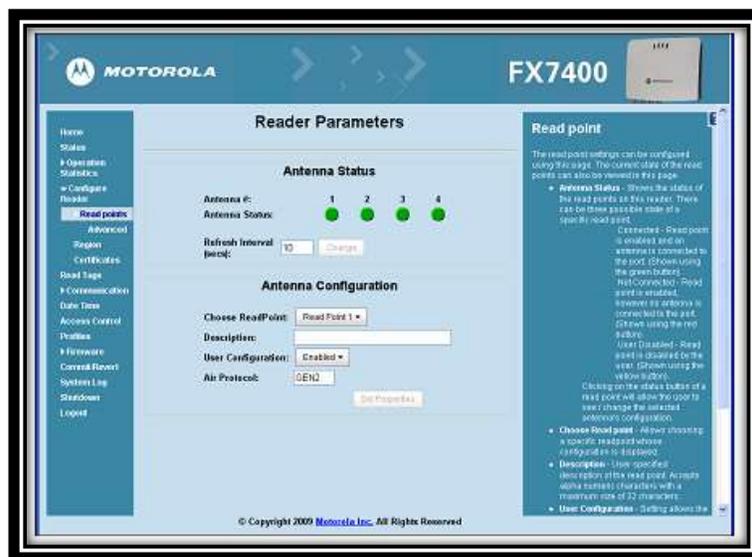
**Antena Check** - Controla la función de detección de la antena en el lector. Desactivado indica que el lector hace comprobación si una antena está conectada en los puertos. Cuando está ENABLED, el lector supervisa la presencia de una antena en el puerto y sólo transmite RF si una antena está conectada.

**Establecer propiedades** - Envía los cambios en el lector.

**Puntos de lectura:**

Haga clic en los **puntos de lectura** en el menú de selección para ver el estado de la **antena y ventana de configuración**. Utilice esta ventana para

Configurar los ajustes del punto de lectura y ver el estado actual de puntos de lectura.



**Ilustración 44: Puntos de lectura**

## **Estado de la antena**

Los botones de estado indican el estado del lector leer puntos:

- **Verde:** Conectado - Lectura punto está habilitado y una antena se conecta al puerto.
- **Rojo:** No conectado - Lectura punto está habilitado, sin antena está conectada al puerto.
- **Amarillo:** El usuario deshabilitado - El usuario deshabilitado el punto de lectura.

Haga clic en botón de estado de un punto de lectura para ver y / o cambiar la configuración de la antena seleccionada.

## **Configuración de la antena:**

- **Elija Leer Punto** - Seleccione un punto de lectura (o todos) para mostrar la configuración.
- **Descripción** - Escriba una descripción punto de lectura de hasta 32 caracteres alfanuméricos.
- **Configuración de usuario** - Activar o desactivar el punto de lectura. Desactivación de una operación de RF bloques de puntos de lectura mediante el puerto / antena.
- **Protocolo de Aire** - Muestra los protocolos aéreas del punto de lectura en apoyo. El lector actualmente sólo es compatible con EPC Class1 GEN2 protocolo de aire.
- **Establecer propiedades** - Seleccione Establecer propiedades para aplicar los cambios. Seleccione Commit / Descartar para guardar la cambios para el lector.

## **Estadísticas Reader:**

Seleccionar **Estadísticas de Operación** para ver la ventana Reader Estadísticas de Operación.

Esta ventana ofrece opciones para ver estadísticas de puntos de lectura individuales o estadísticas combinadas para todos los puntos de lectura, incluyendo los valores de éxito y fracaso de estadísticas de cada punto de lectura.

El recuento estadístico es acumulativo y a la vez el lector inicia restablecer nuevamente la estadística.

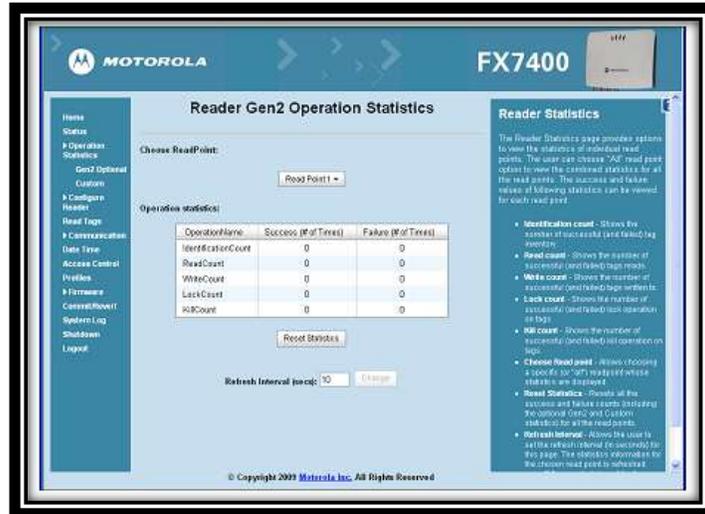


Ilustración 45: estadísticas del lector

- Elija **ReadPoint** - Seleccione un punto de lectura específico o seleccione Todo en la lista desplegable para mostrar las estadísticas.
- **IdentificationCount** - Muestra el número de exitosos (y fracasado) inventarios de etiquetas.
- **ReadCount** - Muestra el número de éxito (y no) la etiqueta se lee.
- **WriteCount**- Muestra el número de éxito (y no) etiqueta escribe.
- **Cuenta de bloqueos** - Muestra el número de operaciones de bloqueo de éxito (y fracasado) en las etiquetas.
- **Killcount** - Muestra el número de éxito (y no) las operaciones en las etiquetas muertas.
- **Restablecer Estadísticas** - Restablece todos los cargos de éxito y fracaso de todos los puntos de lectura.
- **Intervalo de actualización** - Establece el intervalo de actualización (en segundos) para esta ventana. La información estadística para el punto de lectura elegido se actualiza cada N segundos (donde N es el intervalo de actualización establecido). El valor mínimo es 10 segundos. Introduzca un nuevo valor y haga clic en Cambiar para establecer un nuevo intervalo.

# ***Capítulo IV***

#### **4.1 Conclusiones**

El sistema de identificación de productos utilizando tecnología RFID, incidirá positivamente en la automatización de los procesos en la empresa Megabyte Nicaragua S.A de tal forma que las pruebas realizadas comprobaron el funcionamiento del sistema asegurando el control y seguimiento de los productos e información enlazada a la base de datos interna.

- Con la realización de diagnósticos se pueden determinar las ventajas de una empresa para la utilización de tecnologías de automatización que brinden mejoras en la agilización de sus procesos de producción y protección de productos.
- Siguiendo todas las recomendaciones de las organizaciones de regulación de tecnologías se garantiza la buena implementación de una ellas según se considere en los ambientes y factores que se desean mejorar.
- Con la emulación de sistemas o interfaces graficas permiten una buena implementación de equipos en el diseño para mejorar los procesos.
- Siguiendo todas las recomendaciones de los fabricantes de equipos específicos permite dar un buen funcionamiento de ellos, permitiendo una buena comunicación como es el caso de la tecnología RFID que mejora los procesos de inventarios y facturación en lo productos de una empresa.

## **4.2 Recomendaciones**

**Recomendación 1:** Una de las consideraciones que se debe tomar a la hora de implementar cualquier tecnología es el funcionamiento 24/7 por lo que se debe garantizar un respaldo eléctrico en la plata arquitectónica en caso de fallas e interrupciones eléctricas de la red comercial.

**Recomendación 2:** Todo proceso de actualización e implementación de tecnologías en uso y nuevas debe ir acompañado de un plan de capacitación del personal que estará en operación en la empresa.

**Recomendación 3:** Debido a la cantidad de fabricantes de Tags RFID, se debe adquirir siempre etiquetas regidas bajos estándares y normas de fabricación EPC e ISO.

**Recomendación 4:** A futuro ante el crecimiento de la empresa es recomendable configurar el sistema en lecturas de códigos de un grupo determinado, para garantizar el buen tráfico de información, lograr ahorros de recursos y tiempo.

**Recomendación 5:** El uso de aplicaciones Apps en Smartphone nos da una forma más de estar en monitoreo constante de la empresa y de sus movimiento, por lo que en futuras ampliaciones de procesos y tecnologías considerar estas aplicaciones como un opción más dentro de la red RFID.

### **4.3 Bibliografía**

*Alvarado Sánchez, J. A. (2008). Sistema de control de acceso con RFID.* Tesis de ingeniería eléctrica no publicada. Centro de investigación y de estudios avanzados del instituto politécnico nacional. México.

*Casero, M.E. (2012). Tecnología de identificación por radiofrecuencia: lectura de pedidos RFID en un almacén.* Tesis de ingeniería informática no publicada. Universidad de la rioja.

*Altamirano Loera, R. (2006). Propuesta de implementación de un sistema de Radio Frequency Identification (RFID) en la colección de la EGAP de la biblioteca del tecnológico de monterrey, campus ciudad de México.* Tesis de maestría en ciencias de la información y administración del conocimiento. Instituto tecnológico y de estudios superiores de monterrey. México D.F.

*Ronzio, O. Radiofrecuencia hoy.* Recuperado el 10 de octubre de 2014 de la pagina [www.agentesfisicos.com](http://www.agentesfisicos.com)

*Pilar, A.M. Metodología de la investigación.* Recuperado el 14 de octubre de 2014 de la pagina <http://www.monografias.com/trabajos66/metodos-investigacion-cientifica/metodos-investigacion-cientifica2.shtml#ixzz3HHJGzzHp>

*Portillo, J.I. & Bermejo, A.B & bernardos, A.M. informe de vigilancia tecnológica de Madrid: tecnología de identificación por radio frecuencia (RFID), aplicaciones en el ámbito de la salud.* Recuperado el 15 de octubre de 2014 de [www.madrid.org/edupubli](http://www.madrid.org/edupubli)

*Cáceres Chiquillo, J.J. & Morales Hernández', R.A. & Quintanilla padilla, R.E. (2009). Informe final de investigación: sistema de identificación y posicionamiento local por radiofrecuencia (RFID).* Recuperado el 18 de octubre 2014 de [www.itca.edu.sv](http://www.itca.edu.sv)

*Radio Frecuencia. EPC (Código Electrónico de Producto), Marianella Arava Arava.* EAN Costa Rica.

ETSI EN 302 208-1 v.1.1.1: Compatibilidad electromagnética y cuestiones de espectro de radiofrecuencia (ERM); Radio Frecuencia Identificación del equipo que opera en la banda de Equipo de Radio Frequency Identification.

## 4.4 Anexos

### 4.4.1 carta de finalización del desarrollo de seminario en la Empresa Megabyte Nicaragua, S.A.



Managua, 4 de Agosto 2015

Lic. Elizabeth Miranda Vargas  
Asistente Administrativo Megabyte Nicaragua S.A

A: Ing. Elim Campos  
Director Departamento de Tecnología  
Unan-Managua

Por este medio le comunico que los jóvenes Alvaro José Rodríguez Gómez (Cedula # 361-270991-0001C) y Saul Antonio Cuadra Amoretty (Cedula # 569-230988-0000B); realizaron el desarrollo de su tema de graduación para optar al título de Ingeniería electrónica emitido por la prestigiosa universidad de la que usted es miembro.

El título del tema desarrollado y concluido fue *"Propuesta de un Sistema de identificación de producto en la empresa Megabyte Nicaragua. S.A usando tecnología RFID"*, dichos estudiantes trabajaron durante el periodo del 10 de marzo 2015 al 4 de agosto 2015.

  
Elizabeth Miranda  
Asistente Administrativo

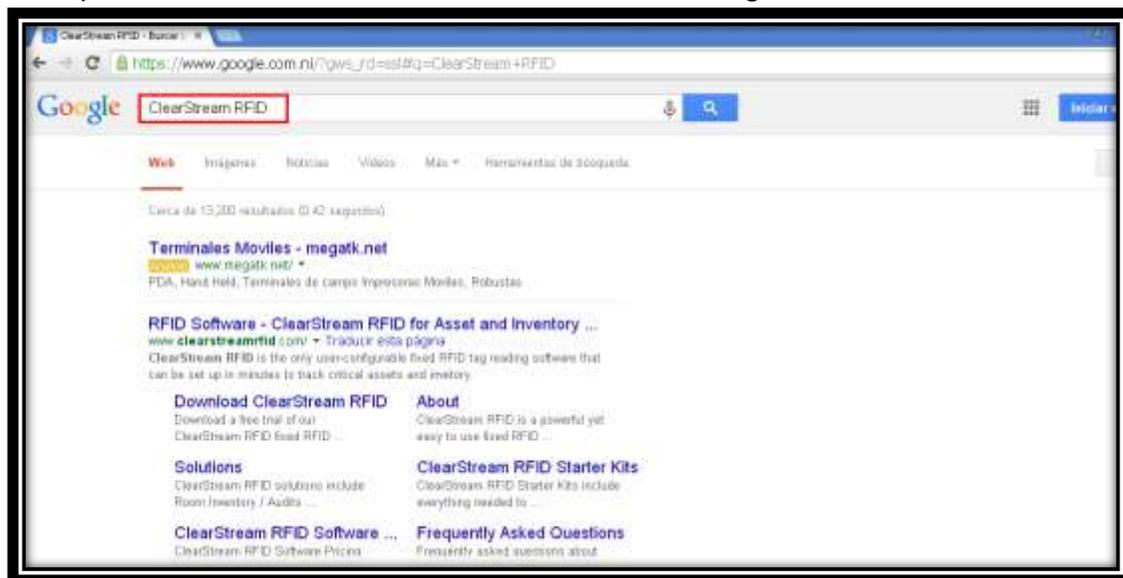


---

Esquina Norte de Canal-2 TV, 1 C. al Este, Residencial Bolonia  
Cel.: 505- 89912100 - [Elizabeth.Miranda@grupo-megabyte.net](mailto:Elizabeth.Miranda@grupo-megabyte.net)  
[www.megabytecenter.com](http://www.megabytecenter.com)

#### 4.4.2 Manual de descarga e instalación de ClearStream 3.1

- 1) Como primer paso para poder realizar la descarga necesitamos saber los requisitos del sistema de nuestro ordenador, para poder instalar **ClearStream RFID**.
  - Un PC con Windows con Windows XP / Vista / 7/8, Windows Server 2003/2008/2012.
  - Microsoft .NET Framework 3.5 o superior (Se le pedirá para instalar si es necesario).
  - Los lectores RFID compatibles: Motorola, Intermec, Impinj, alienígenas, ThingMagic o cualquier otro lector que apoya LLRP (Protocolo Reader de bajo nivel).
  - Acceso a la red o router conectado a un PC independiente
- 2) Una vez cumplidos los requisitos abrimos el navegador de preferencia y escribimos **ClearStream RFID**, para ingresar a la página oficial donde posteriormente estaremos realizando la descarga del software.



**Ilustración 46:página web ClearStream RFID**

- 3) Una vez dentro de la página de ClearStream nos dirigimos a **Take a Trial** que se muestra en la parte superior derecha (pestaña color naranja) o bien en la pestaña **Try it free** para poder llevar a cabo la descarga.

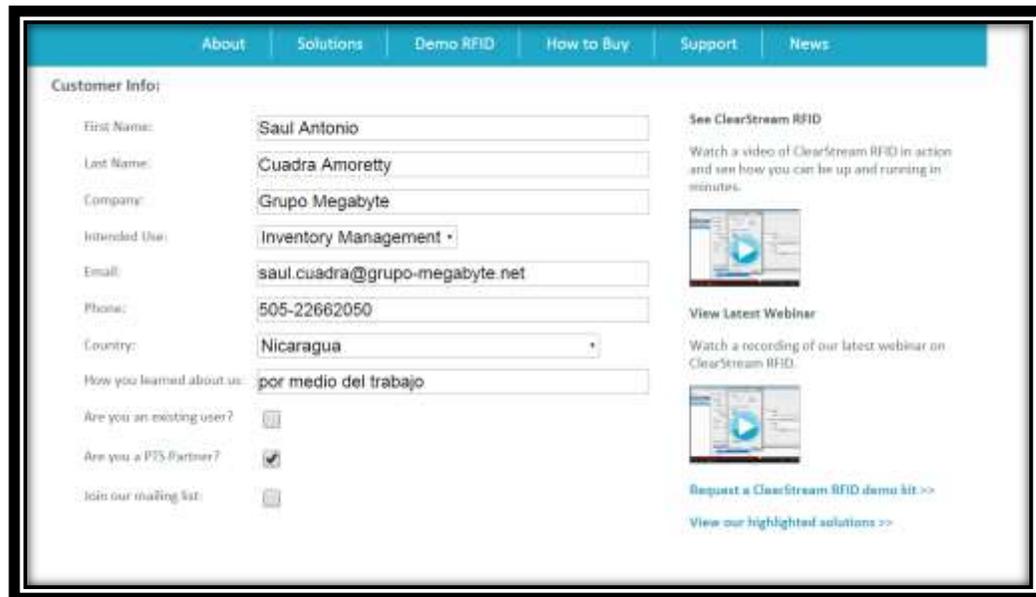


Ilustración 47: Sitio Web de ClearStream para descarga del software

- 4) Al ingresar tendremos que llenar un formulario el cual nos pedirá una dirección de correo valida de empresa, para poder realizar la descarga de ClearStream, los usuarios que poseen cuenta: gmail, hotmail y yahoo no tendrán acceso inmediato al archivo de descarga y se le enviará un enlace de descarga 24 horas después.



Ilustración 48: Entorno de descarga



The image shows a registration form on the ClearStream website. The form is titled "Customer Info:" and contains the following fields and options:

- First Name: Saul Antonio
- Last Name: Cuadra Amoretty
- Company: Grupo Megabyte
- Intended Use: Inventory Management
- Email: saul.cuadra@grupo-megabyte.net
- Phone: 505-22662050
- Country: Nicaragua
- How you learned about us: por medio del trabajo
- Are you an existing user?:
- Are you a PTS Partner?:
- Join our mailing list:

On the right side of the form, there are promotional links and videos:

- See ClearStream RFID: Watch a video of ClearStream RFID in action and see how you can be up and running in minutes.
- View Latest Webinar: Watch a recording of our latest webinar on ClearStream RFID.
- Request a ClearStream RFID demo kit >>
- View our highlighted solutions >>

Ilustración 49: Formulario de descarga del sitio Web de ClearStream

- 5) Luego como paso final nos dirigimos a la pestaña **Download** daremos clic, ahora solo resta esperar la descarga del software ClearStream RFID, el cual será guardado como un ejecutable.

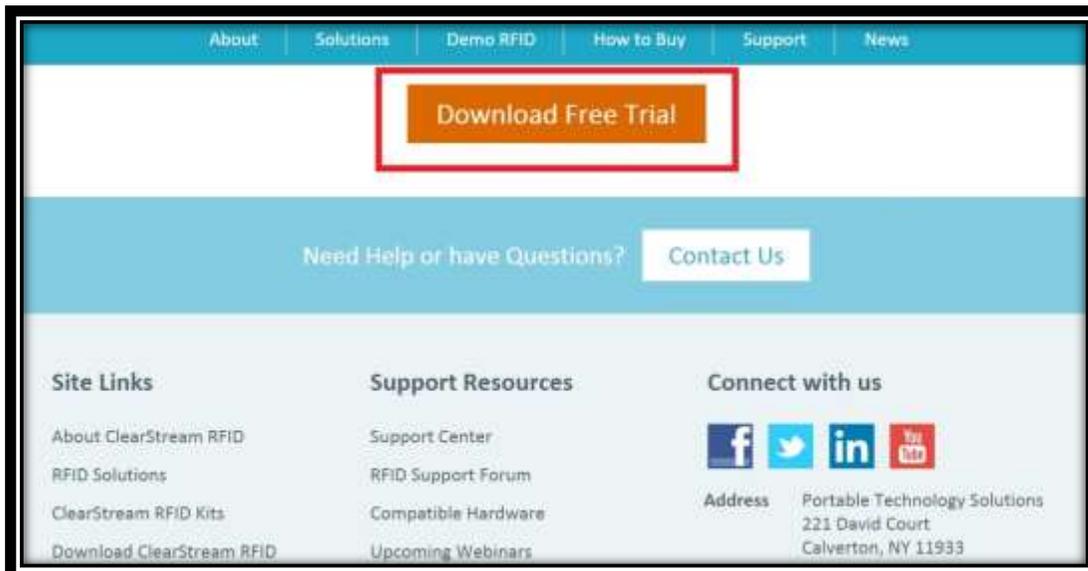
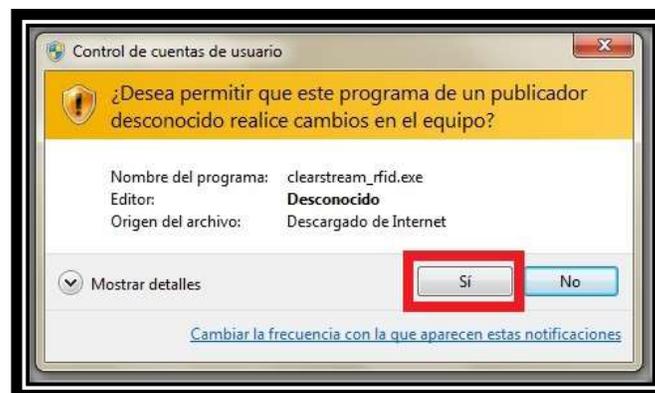


Ilustración 50: Opción de descarga de CleanStream versión 3.1



**Ilustración 51: Descarga en proceso del software RFID**

- 6) En este paso ejecutaremos el archivo (**Clearstream\_rfid.exe**) y seguiremos las indicaciones durante la instalación.



**Ilustración 52: Archivo ejecutable ClearStream\_rfid.exe**



**Ilustración 53: Entorno inicial de la instalación de ClearStream**



**Ilustración 54: Proceso de instalación del software**

#### 4.4.3 Inventario parcial de Megabyte Nicaragua S.A

### Megabyte Nicaragua S.A Inventario Parcial de Almacén Principal

#### Equipos

CODIGO	MODELO	MARCA	ARTICULO	U/M	STOCK MINIMO	STOCK ACTUAL
M2F-0UB00010-00	MZ220	ZEBRA	PRINTER MOVIL	UNIDAD	10	15
ZM400-2001-0100T	ZM400	ZEBRA	PRINTER INDUSTRIAL ZM400	UNIDAD	4	8
S4M00-2001-0100T	S4M	ZEBRA	PRINTER INDUSTRIAL S4M	UNIDAD	4	5
Z4M00-2001-0000	Z4M PLUS	ZEBRA	PRINTER INDUSTRIAL Z4M PLUS	UNIDAD	4	6
2824-21100-0001	LP2824	ZEBRA	PRINTER DESKTOP	UNIDAD	5	5
ZT23042-T01000FZ	ZT230	ZEBRA	PRINTER INDUSTRIAL	UNIDAD	4	8
M3E-0UB00010-00	MZ320	ZEBRA	PRINTER MOVIL	UNIDAD	10	50
P120I-0000A-IDO	P120I	ZEBRA	PRINTER DESKTOP- PVC	UNIDAD	3	36
200-380-100	MF2TE	DATAMAX	PRINTER MOVIL	UNIDAD	10	23
5325A-0907015	APEX 3	DATAMAX	PRINTER MOVIL	UNIDAD	10	33
MC5590-P10DKRQA9WR	MC5590	MOTOROLA	HAND-HELD MC5590	UNIDAD	5	23
MC659B-PD0BA00100	MC659B	MOTOROLA	HAND-HELD MC65	UNIDAD	5	6
MK590-A030DB9GWTWR	MK590	MOTOROLA	KIOSCO MK500	UNIDAD	5	21
MC3190-GL4H04E0A	MC3190	MOTOROLA	HAND-HELD MC3190	UNIDAD	5	7
MC9190-GJ0SWGYA6WR	MC9190	MOTOROLA	HAND-HELD MC9190	UNIDAD	5	11
MC4597-BAPA0000	MC45	MOTOROLA	HAND-HELD MC45	UNIDAD	5	43
MC2180-AS01E0A	MC2180	MOTOROLA	HAND-HELD MC2180	UNIDAD	5	14
ES405B-0AE2	ES405B	MOTOROLA	HAND-HELD ES400	UNIDAD	5	35
200333-100	OC3	DATAMAX	PRINTER MOVIL	UNIDAD	10	11
MC1000-KU0LF2K000R	MC1000	MOTOROLA	HAND-HELD MC1000	UNIDAD	5	22
LS2208-SR20001R-UR	LS2208	MOTOROLA	LECTOR LS2208	UNIDAD	10	19
MC7596-PZCSKQWA9WR	MC7596	MOTOROLA	HAND-HELD MC7596	UNIDAD	22	22
MC9060-SHOHBAAE4WW	MC9060	MOTOROLA	HAND-HELD MC9060	UNIDAD	5	5
IDMB-334112B	IDMB-33	IDtech	LECTOR BANDA MAGNETICA	UNIDAD	15	21
AP-PSBIAS-1P2-AFR		MOTOROLA	SYMBOLPOWER INJECTOR	UNIDAD	10	11
AP-0650-60010-US	Access Point	MOTOROLA	RADIO FRECUENCIA	UNIDAD	10	13
LS2208-SR20007R-UR	LS2208	MOTOROLA	LECTOR LS2208	UNIDAD	10	19
LS1203-7AZU0100SR	LS1203	MOTOROLA	LECTOR LS1203	UNIDAD	10	14
DS4208-SWZU0100ZWR	DS4208	MOTOROLA	LECTOR DS4208	UNIDAD	10	17
PWRS-MK500-00	CARGADOR	MOTOROLA	POWER SUPPLY MK500	UNIDAD	5	8
DS3508-SRAU0200ZR	DS3508	MOTOROLA	LECTOR DS3508 (1D/2D)	UNIDAD	10	7
GT800-100510-000	GT800	ZEBRA	PRINTER GT800 DESKTOP	UNIDAD	10	10
M3I-0UB00010-00	IMZ320	ZEBRA	PRINTER MOVIL IMZ320	UNIDAD	10	12
GX43-102410-000	GX430T	ZEBRA	PRINTER DESKTOP GX430T	UNIDAD	5	9
LI4278-TRBU0100ZLR	LI4278	MOTOROLA	LECTOR INALAMBRICO LI4278	UNIDAD	10	21
C31CD52062	TM-T20 II	EPSON	PRINTER TERMICA PARA POS	UNIDAD	5	14
GC420-100510-000	GC420	ZEBRA	PRINTER DESKTOP GC420	UNIDAD	5	6
P1031031	ZEBRA NET	ZEBRA	ZEBRANET 10/100 PRINT SERVER	UNIDAD	4	20
ZM400-2001-0000T	ZM400	ZEBRA	PRINTER INDUSTRIAL ZM400	UNIDAD	4	5
102-801-00000	105SL	ZEBRA	PRINTER INDUSTRIAL 105SL	UNIDAD	4	4
MC3190-GL4H04E0A	MC3190	MOTOROLA	HAND-HELD MC3190 / SIMAN	UNIDAD	2	2

*Propuesta de Sistema de identificación de producto en la empresa Megabyte Nicaragua.  
S.A usando tecnología RFID (identificación por radio frecuencia).*

LS1203-7AZU0100SR	LS1203	MOTOROLA	LECTOR LS1203	UNIDAD	10	23
DS4208-SWZU0100ZWR	DS4208	MOTOROLA	LECTOR DS4208	UNIDAD	10	44
PWRS-MK500-00	CARGADOR	MOTOROLA	POWER SUPPLY MK500	UNIDAD	5	16

## Consumibles

CODIGO	MOD.	MARCA	ARTICULO	U/M	STOCK MINIMO	STOCK ACTUAL
T100-400600P38-BLU/IL		datamax	etiqueta perform 4x6	Rollos	50	56
T100-400600P38-ORG/IL		datamax	etiqueta perform 4x6	Rollos	50	100
T100-400600P38-FLP/IL		datamax	etiqueta perform 4x6	Rollos	50	63
T100-400600P38-PNK/IL		datamax	etiqueta perform 4x6	Rollos	50	144
T100-400600P38-LGR/IL		datamax	etiqueta perform 4x6	Rollos	50	200
T100-400600P38-FOR/IL		datamax	etiqueta perform 4x6	Rollos	50	56
T100-400600P38-TAN/IL		datamax	etiqueta perform 4x6	Rollos	50	65
T100-400600P38-FRD/IL		datamax	etiqueta perform 4x6	Rollos	50	56
T100-400600P38-Y/IL		datamax	etiqueta perform 4x6	Rollos	50	122
T100-400600P38-LYL/IL		datamax	etiqueta perform 4x6	Rollos	50	55
T100-400600P38-PUR/IL		datamax	etiqueta perform 4x6	Rollos	50	59
T100-300300P38/IL		datamax	etiqueta perform 3x3	Rollos	50	67
T100-400250P38/IL		datamax	etiqueta perform 4x2.5	Rollos	50	77
T100-200150P38/IL		datamax	etiqueta perform 2x1.5	Rollos	50	98
T100-250150P38/IL		datamax	etiqueta perform 2.5x1.5	Rollos	50	82
420902		datamax	etiqueta perform 2.5x1.5	Rollos	50	72
10000283		Zebra	etiqueta perform 2000T (4x4)	Rollos	50	50
10000298		Zebra	etiqueta perform 2000D (2x1)	Rollos	50	168
10013839MIS		Zebra	etiqueta perform 2000T (1 1/2 x 1)	Rollos	50	286
10011704		Zebra	etiqueta ultimate 3000T (3x3)	Rollos	50	14
10013840MIS		Zebra	etiqueta perform 2000T (2x1) 2 al paso	Rollos	50	89
10000293		Zebra	etiqueta perform 2000D (4x3)	Rollos	50	61
10000281		Zebra	etiqueta perform 2000T (4x6)	Rollos	50	109
94688		Zebra	etiqueta ultimate 3000T (4x4)	Rollos	50	200
10010039		Zebra	etiqueta select 4000D (2x1)	Rollos	50	198
10005850		Zebra	etiqueta perform 2000T (2x1)	Rollos	50	114
17154		Zebra	etiqueta polypro 3000T (2x1)	Rollos	50	99
10010065		Zebra	etiqueta joyeria 8000D (2.188x0.500)	Rollos	50	59
10000284		Zebra	etiqueta perform 2000T (4x3)	Rollos	50	100
10015468MIS		Zebra	etiqueta polypro 3000T (1 1/4x 3/4)	Rollos	50	67
10015222MIS		Zebra	etiqueta ultimate 4000T silver (2x1)	Rollos	50	60
65156		Zebra	etiqueta perform 1000T tag (3.250x 5)	Rollos	50	400
10011697		Zebra	etiqueta ultimate 3000T (2x1)	Rollos	50	77
10011708		Zebra	etiqueta ultimate 4000T (2x1)	Rollos	50	60
10011707		Zebra	etiqueta ultimate 4000T (2x 0.500)	Rollos	50	74
10002627		Zebra	etiqueta ultimate 4000T (4x 2.500)	Rollos	50	53
10014716		Zebra	etiqueta polypro 4000T (2x1)	Rollos	50	88
LD-R4KN5B		ZEBRA	Z-SELECT 4 " X 81'	ROLLO	100	345
10011041		ZEBRA	Z-PERFORM 2 X 80'	ROLLO	100	2415
10011042		ZEBRA	Z-PERFORM 3 X 80'	ROLLO	100	431
740852-102-IL		datamax	rollo continuo premium 3.125x40	ROLLO	100	400
740525-102-IL		datamax	rollo continuo premium 2.25x100	ROLLO	100	1,250
10011044		Zebra	rollo continuo select 4000D (3X55)	ROLLO	100	4248
LD-R2KH5B		Zebra	rollo continuo select 4000D (2x81)	ROLLO	100	396
LD-R4KN5B		Zebra	Z-SELECT 4 " X 81'	ROLLO	100	314

*Propuesta de Sistema de identificación de producto en la empresa Megabyte Nicaragua.  
S.A usando tecnología RFID (identificación por radio frecuencia).*

10011041		Zebra	Z-PERFORM 2 X 80´	ROLLO	100	2415
10011042		Zebra	Z-PERFORM 3 X 80´	ROLLO	100	431
02000BK08345		ZEBRA	WAX 3.27 X 450M	ROLLO	50	97
02000BK11045		ZEBRA	WAX 4.33 X 450M	ROLLO	50	120
02000BK15645		ZEBRA	WAX 6.14 X 450M	ROLLO	50	57
02100BK11045		ZEBRA	WAX 4.33 "x 450M	ROLLO	50	51
02000BK06045		ZEBRA	2.36" x 450M Black Wax Ribbon	ROLLO	50	93
05319BK11045		ZEBRA	Wax, 4.33" x 450M	ROLLO	50	90
05555BK06045		ZEBRA	WAX 2.36 X 450M	ROLLO	50	72
02000GT11030		ZEBRA	WAX BLACK 4.33 X 300M	ROLLO	50	84
05100NT05707		ZEBRA	RESINA 2.52 X 74M	ROLLO	50	120
05100GS06407		ZEBRA	RESINA 2.56 X 74M	ROLLO	50	102
05319GS06407		ZEBRA	WAX 2.5 X 74M	ROLLO	50	67
800015-540-LA		ZEBRA	RIBBON TRUE YMCKO 330	UNIDAD	20	34
800015-120		ZEBRA	SecureRibbon 350 IMÁGENES	UNIDAD	20	23
800015-948		ZEBRA	RIBBON 165 IMÁGENES Black	UNIDAD	20	64
800015-448		ZEBRA	RIBBON COLOR 170 IMÁGENES	UNIDAD	20	61
800015-301		ZEBRA	RIBBON Black Resin, 1500 Image	UNIDAD	20	69

## Repuestos

CODIGO	MODELO	MARCA	ARTICULO	U/M	STOCK MINIMO	STOCK ACTUAL
25-68596-01R		ZEBRA	CABLE PRINTER MZXX SERIES	UNIDAD	10	90
KT 93765-01R		ZEBRA	SCREEN GUARD	UNIDAD	10	40
GL 7167026 KEYS		GLOBAL	CIRCUITOS IMPRESO SYMBOL MC70	UNIDAD	10	14
GL 70780 RUBBER BUTTON		GLOBAL	BOTONES DE CAUCHO SYMBOL MC70	UNIDAD	10	10
GL 70738-8 DIGITZER		GLOBAL	PANTALLA TACTIL MOTOROLA MC3090	UNIDAD	10	18
GL 71983K TIGGER Y RUBBER		GLOBAL	BOTON PLASTICO AMARILLO MC3000	UNIDAD	10	12
GL 71881 K DIGITEZER WITH		GLOBAL	PANTALLA TACTIL MOTOROLA MC5574	UNIDAD	10	11
GL 70516-B DIGITIZER		GLOBAL	TouchScreen MOTOROLA MC9090	UNIDAD	10	50
GL 1221 YELLOW RUBBER BUTTON		GLOBAL	BOTON CAUCHO SYMBOL PPT-8800	UNIDAD	10	10
GL 70640		GLOBAL	PANTALLA TACTIL PPT8800	UNIDAD	10	22
GL 1220 RUBBER KEYPAD		GLOBAL	TECLADO SYMBOL PPT 8800	UNIDAD	10	53
GL 71481 FLEX CIRCUIT		GLOBAL	CIRCUITOS IMPRESO SYMBOL PDT8846	UNIDAD	10	23
GL 71801 YELLOW SCAN BUTTON		GLOBAL	BOTON SCANER MOTOROLA MC7090	UNIDAD	10	10
GL 71975-LCD		GLOBAL	PANTALLA COLOR LCD MC-3000	UNIDAD	10	16
GL 9014		GLOBAL	TOUCH SCREEN PARA MC7090	UNIDAD	10	22
ML-2452-APA2-01			ANTENA P/ ROUTERS AP-5131	UNIDAD	10	100
MW8835GAUNTS		HP-REPAIR	CASE FRONTAL C/TOUCH ES400	UNIDAD	10	21
KEYPAD-PCB-34		HP-REPAIR	TECLADO ES400	UNIDAD	10	26
VIBRADOR-06		HP-REPAIR	MOTOR ES400	UNIDAD	10	32
AUDIO JACK-03		HP-REPAIR	CONECTOR DE AUDIFONO	UNIDAD	10	33
SPEAKER-21		HP-REPAIR	PARLANTES ES400	UNIDAD	10	20
SPEAKER-20		HP-REPAIR	Speaker ES400	UNIDAD	10	36
CONECTOR-35		HP-REPAIR	CONECTOR DE CABLE ES400	UNIDAD	10	52

*Propuesta de Sistema de identificación de producto en la empresa Megabyte Nicaragua.  
S.A usando tecnología RFID (identificación por radio frecuencia).*

<b>CONECTOR-46</b>		HP-REPAIR	SIM CARD MEMORY ES400	UNIDAD	10	26
<b>SWITCH-36</b>		HP-REPAIR	CAMARA SWITCH		10	13
<b>BACKUP-07</b>		HP-REPAIR	BATERIA BACKUP ES400	UNIDAD	10	32
<b>CA-753BK</b>		IMEXX	CABLES USB PARA PRINTER TIPO A/B MACHO	UNIDAD	10	61
<b>SYMBOL TOUCH-22</b>		MOTOROLA	TOUCH SCREEN ES400	UNIDAD	10	60
<b>72-142640-01</b>		MOTOROLA	HILOS PARA LAPIZ ES400	UNIDAD	10	12
<b>35099M</b>		ZEBRA	TOGGLE ENSAMBLE PARA PRINTER 140XIII / 105SL.	UNIDAD	10	15
<b>20-83080-11</b>	Laser 1D	MOTOROLA	laser 1D para Hand Held MC9090	UNIDAD	10	30
			bases + rebobinador para printer ZM400	UNIDAD	10	27
<b>25-68596-01R</b>		ZEBRA	CABLE PRINTER MZXX SERIES	UNIDAD	10	91
<b>KT 93765-01R</b>		ZEBRA	SCREEN GUARD	UNIDAD	10	43
<b>GL 7167026 KEYS</b>		GLOBAL	CIRCUITOS IMPRESO SYMBOL MC70	UNIDAD	10	24
<b>GL 70780 RUBBER BUTTON</b>		GLOBAL	BOTONES DE CAUCHO SYMBOL MC70	UNIDAD	10	10
<b>GL 70738-8 DIGITZER</b>		GLOBAL	PANTALLA TACTIL MOTOROLA MC3090	UNIDAD	10	18
<b>GL 71983K TIGGER Y RUBBER</b>		GLOBAL	BOTON PLASTICO AMARILLO MC3000	UNIDAD	10	11
<b>GL 71881 K DIGITEZER WITH</b>		GLOBAL	PANTALLA TACTIL MOTOROLA MC5574	UNIDAD	10	34
<b>2300-008530</b>		MOTOROLA	TOUCH PANEL MC55	UNIDAD	10	19
<b>105934-059</b>	Soportes para Platem	ZEBRA	SOPORTES PARA PLATEM GK420D	UNIDAD	10	17
<b>5814-003630</b>		MOTOROLA	MC55 HOUSING WITH TOUCH PANEL	UNIDAD	10	12
<b>67526-01R</b>		MOTOROLA	PPT8800 KIT PROTECTOR DE PANTALLA	UNIDAD	10	24
<b>KT-125249-03AR</b>		MOTOROLA	PROTECTOR DE PANTALLA PARA ES400	UNIDAD	10	53
<b>KT-17006-001R</b>		MOTOROLA	STYLUS PARA MC35	UNIDAD	10	22
<b>105940G-033</b>		ZEBRA	KIT ROLLER PLATEM	UNIDAD	10	16
<b>98-0440-4441</b>		MOTOROLA	PROTECTOR SCREEN PPT8100	UNIDAD	10	15
<b>98-0440-5292-0</b>		MOTOROLA	PROTECTOR SCREEN MC9090	UNIDAD	10	64
<b>8710-050301-35</b>		MOTOROLA	BATERIA BACKUP PARA EQUIPOS MC90XX	UNIDAD	10	100
<b>DA-14009-1</b>		ZEBRA	MEDIA COVER	JGO	10	23
	QL320	ZEBRA	BROCHES PARA PRINTER QL320	JGO	10	19
<b>79821M</b>		ZEBRA	SENSOR PARA ZM400	UNIDAD	10	12
<b>78-2872-01</b>		ZEBRA	EXTERNAL LABEL ROLL HOLDER MODULE	UNIDAD	10	15
<b>79860M</b>		ZEBRA	KIT (RIBBON STRIP PLATE) FOR THE ZM400	UNIDAD	10	16
<b>AN16861025</b>	QL320	ZEBRA	JGOS DE PARTES P/ IMPRESORAS	JUEGO	10	10

#### **4.4.4 Costo económico del sistema RFID**

Managua, 15 de Junio de 2015.

Estimados

En base a su atenta solicitud a continuación propuesta de equipos RFID,  
Instalación y configuración.

PROPUESTA:

Ítem	DESCRIPCION	CANT	PRECIO UNITARIO (US\$)	PRECIO TOTAL (US\$)
1	Reader RFID Fijo modelo: FX7400	1	1,596.40	1,596.40
2	Antenas modelo: AN480	2	377.50	755.00
3	Cable de comunicación 240"(RF) tipo: LMR	2	12.00	24.00
4	Powersupply (Reader)	1	35.20	35.20
5	Licencia ClearStream versión: 3.1	1	400.00	400.00
6	Tags RFID (UHF-Pasivas)	1,000	0.10	100
9	Costo en trabajo especializado		500.00	500.00
			Sub-Total	3410.6
			I.V.A	511.59
			Total	3922.19

*Propuesta de Sistema de identificación de producto en la empresa Megabyte Nicaragua.  
S.A usando tecnología RFID (identificación por radio frecuencia).*

---

Tres mil novecientos y veintidós Dólares con 19/100.

**TERMINOS Y CONDICIONES**

Duración de la oferta: 15 días.

Tiempo de entrega: Entre 20 a 30 días, una vez aprobada la cotización y haber enviado orden de compra.

Forma de pago: Contado o Cheque a nombre de: Megabyte Nicaragua S.A.

Cheque : MEGABYTE NICARAGUA, S.A

Transf. US\$: BAC-354082000

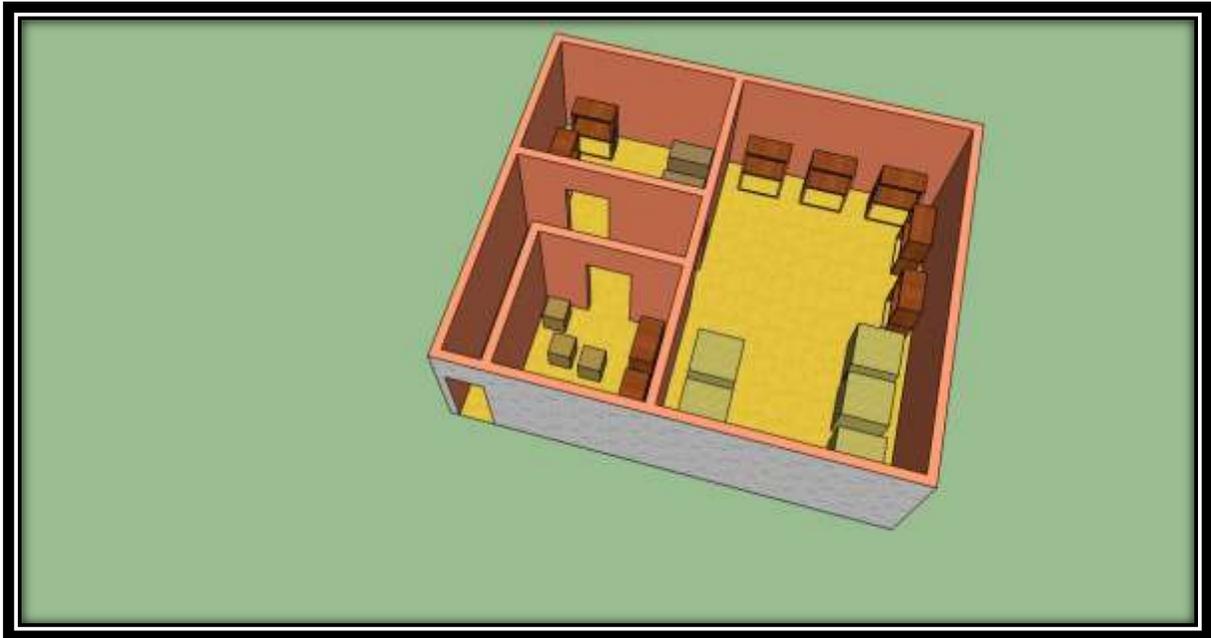
---

Esquina Norte de Canal-2 TV, 1 C. al Este, Residencial Bolonia  
Tel: (505) 2266 2050, 505- 2266 0990 - [ventasnicaragua@grupo-megabyte.net](mailto:ventasnicaragua@grupo-megabyte.net)  
[www.megabytecenter.co](http://www.megabytecenter.co)

**4.4.5 Imágenes en 3D del Área de bodega**



**Ilustración 55: Planta 3D**



**Ilustración 56: Planta 3D**