



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas

AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS CON AUTENTICACIÓN O IDENTIFICACIÓN MEDIANTE LA TECNOLOGÍA RFID

Wendy Karina Arrecis Gómez

Asesorado por el Ing. Miguel Enrique Guerra Connor

Guatemala, junio de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS CON AUTENTICACIÓN O
IDENTIFICACIÓN MEDIANTE LA TECNOLOGÍA RFID**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

WENDY KARINA ARRECIS GÓMEZ

ASESORADO POR EL ING. MIGUEL ENRIQUE GUERRA CONNOR

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA EN CIENCIAS Y SISTEMAS

GUATEMALA, JUNIO DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Marlon Antonio Pérez Türk
EXAMINADORA	Inga. Sonia Yolanda Castañeda Ramírez
EXAMINADORA	Inga. Floriza Ávila Pesquera de Medinilla
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS CON AUTENTICACIÓN O
IDENTIFICACIÓN MEDIANTE LA TECNOLOGÍA RFID**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas, con fecha noviembre de 2013.



Wendy Karina Arrecis Gómez

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Escuela de Ciencias y
Sistemas

Guatemala, 28 de Abril de 2014

Ingeniero
Carlos Azurdia Morales

Respetable Ingeniero Azurdia:

Por este medio le informo, que como asesor del trabajo de graduación del estudiante universitario de la carrera de Ingeniería en Ciencias y Sistemas, WENDY KARINA ARRECIS GOMEZ, carné 200511929, he revisado el trabajo de graduación titulado: "AUTOMATIZACION DE PROCESOS CON AUTENTICACION O IDENTIFICACION MEDIANTE LA TECNOLOGIA RFID", y a mi criterio el mismo está completo y cumple con los objetivos propuestos para su desarrollo según el protocolo.

Agradeciendo su atención a la presente,

Atentamente,

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Miguel Enrique Guerra Connor".

Miguel Enrique Guerra Connor
Ingeniero en Ciencias y sistemas
Colegiado 12070

Ing. Miguel Enrique Guerra Connor
Asesor de trabajo de graduación
Colegiado: 12070



Universidad San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas

Guatemala, 14 de Mayo de 2014

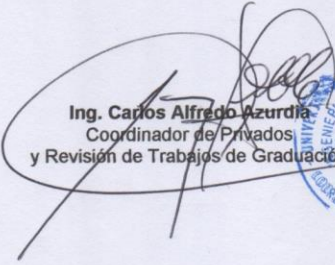
Ingeniero
Marlon Antonio Pérez Turk
Director de la Escuela de Ingeniería
En Ciencias y Sistemas

Respetable Ingeniero Pérez:

Por este medio hago de su conocimiento que he revisado el trabajo de graduación de la estudiante **WENDY KARINA ARRECIS GÓMEZ** con carné **2005-11929**, titulado: **"AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS CON AUTENTICACIÓN O IDENTIFICACIÓN MEDIANTE LA TECNOLOGIA RFID"**, y a mi criterio el mismo cumple con los objetivos propuestos para su desarrollo, según el protocolo.

Al agradecer su atención a la presente, aprovecho la oportunidad para suscribirme,

Atentamente,


Ing. Carlos Alfredo Azurdia
Coordinador de Privados
y Revisión de Trabajos de Graduación



E
S
C
U
L
A

D
E

C
I
E
N
C
I
A
S

Y
S
I
S
T
E
M
A
S

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIENCIAS Y SISTEMAS
TEL: 24767644

El Director de la Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del asesor con el visto bueno del revisor y del Licenciado en Letras, del trabajo de graduación "AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS CON AUTENTICACIÓN O IDENTIFICACIÓN MEDIANTE LA TECNOLOGÍA RFID", realizado por la estudiante WENDY KARINA ARRECIS GÓMEZ, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Marlon Antonio Pérez Türk
Director, Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas



Guatemala, 16 de junio 2014

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref.DTG.D.309-2014

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas, al trabajo de graduación titulado: **AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS CON AUTENTICACIÓN O IDENTIFICACIÓN MEDIANTE LA TECNOLOGÍA RFID**, presentado por la estudiante universitaria: **Wendy Karina Arrecis Gómez** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympto Paiz Ríos
Decano



Guatemala, junio de 2014

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por ser el dador de mi vida, sabiduría y fuerzas necesarias para emprender los retos que se han presentado en el camino y permitirme alcanzar este éxito.
- Mis padres** Julio Arrecis (q.e.p.d.), Walter Valencia y a Magda Gómez por todo el amor y apoyo incondicional que me brindaron durante toda la carrera y darme el ejemplo de seguir adelante.
- Mi esposo** Daniel Navarro, por darme todo su amor, tiempo, comprensión y apoyo todos estos años.
- Mis hermanas** Ana María y Julia Andrea Arrecis, Laura Gabriela y María Eugenia Valencia, por haber compartido conmigo todo este tiempo.
- Mi abuela** Por todo el apoyo que nos ha dado a mis hermanas y a mí todos estos años.
- Mis suegros** Por ser los padres de la persona que me ha dado todo su amor y apoyo.

Mi familia

Tías, tíos y primas que me apoyaron indirectamente todo este tiempo.

Mis compañeros(as) de la Universidad

Por brindarme su amistad, apoyo y permitirme compartir muchos momentos en toda la carrera.

Mis amigas

Por brindarme su amistad durante muchos años y siempre alentarme a seguir adelante.

AGRADECIMIENTOS A:

La Universidad de San Carlos de Guatemala	Por haberme dado la oportunidad para mi formación como profesional.
Facultad de Ingeniería	Por permitirme la oportunidad de adquirir todos los conocimientos y desarrollarme como profesional.
Mis catedráticos	Por compartir todo el conocimiento adquirido lo cual permitió mi formación académica.
Ing. Miguel Guerra	Por brindarme su apoyo para el desarrollo de mi trabajo de graduación.
Ing. Edgar Sabán	Por darme la oportunidad y apoyo en la realización del EPS.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. TECNOLOGÍA RFID	1
1.1. ¿Qué es un sistema RFID?	1
1.2. Composición de un sistema RFID.....	2
1.2.1. Etiqueta RFID o Transponder	2
1.2.1.1. Etiquetas o <i>tags</i> activos.....	5
1.2.1.2. Etiquetas o <i>tags</i> pasivos.....	5
1.2.1.3. <i>Tags</i> semiactivos	6
1.2.2. Lector.....	7
1.2.3. Ordenador, <i>host</i> o controlador	10
1.2.4. <i>Middleware</i>	10
1.2.5. Programadores o impresora RFID.....	11
1.3. Clasificación de los sistemas RFID.....	12
1.3.1. Por su capacidad de programación	13
1.3.2. Por su modo de alimentación o fuente de energía ..	13
1.3.3. Por su rango de frecuencia.....	14
1.3.4. Por su protocolo de comunicación.....	14
1.3.5. Por su principio de propagación	15
1.3.6. Por distancia de lectura	16
1.4. Frecuencias RFID aceptadas y utilizadas.....	16

1.4.1.	Baja frecuencia (135 KHz).....	17
1.4.1.1.	Capacidad de datos	17
1.4.1.2.	Velocidad y tiempo de lectura	17
1.4.1.3.	Cobertura	17
1.4.1.4.	Costos	18
1.4.1.5.	Áreas de aplicación	18
1.4.2.	Alta frecuencia (13,56 MHz)	18
1.4.2.1.	Capacidad de datos	19
1.4.2.2.	Velocidad y tiempo de lectura	19
1.4.2.3.	Cobertura	19
1.4.2.4.	Costos	19
1.4.2.5.	Áreas de aplicación	20
1.4.3.	Ultra alta frecuencia (433 MHz, 860 MHz, 928 MHz).....	20
1.4.3.1.	Capacidad de datos	20
1.4.3.2.	Velocidad y tiempo de lectura	21
1.4.3.3.	Cobertura	21
1.4.3.4.	Costos	21
1.4.3.5.	Áreas de aplicación	21
1.4.4.	Microondas (433 MHz, 860 MHz, 928 MHz).....	22
1.4.4.1.	Capacidad de datos	22
1.4.4.2.	Velocidad y tiempo de lectura	22
1.4.4.3.	Cobertura	23
1.4.4.4.	Costos	23
1.4.4.5.	Áreas de aplicación	23
1.5.	Funcionamiento	23
1.6.	Estándares	25
1.6.1.	ISO	26
1.6.2.	EPC	28

1.6.3.	Gen 2.....	31
1.6.4.	Otros.....	31
1.7.	Modo de conectividad.....	32
1.8.	Tipos y capacidad de datos almacenados	33
1.9.	Seguridad y riesgos en el uso de RFID	34
1.9.1.	Medidas de seguridad para las etiquetas	35
1.9.2.	Medidas de seguridad para la comunicación radio.....	36
1.9.3.	Medidas de seguridad para el lector	37
1.9.4.	Riesgos del uso de RFID.....	37
1.9.4.1.	Riesgos para la seguridad	37
1.9.4.2.	Riesgos para la privacidad	39
1.10.	Utilización interna y externa.....	40
1.11.	Comparativa con tecnologías competidoras	41
1.11.1.	Código de barras	42
1.11.2.	RFID.....	43
2.	CASOS DE ESTUDIO.....	45
2.1.	Casos de estudio: implementación de RFID activa y Wi-Fi para la excelencia operativa en la industria automóvil.....	45
2.1.1.	Caso de estudio en centro de distribución de automóviles.....	45
2.1.2.	Beneficios obtenidos.....	47
2.2.	Casos de estudio: implementación RFID en la última milla de la cadena textil - confección.....	48
2.3.	Casos de estudio: aplicación de la tecnología RFID en el ámbito de la salud.....	51
2.3.1.	Caso de aplicación: etiquetado y seguimiento de activos en hospitales	52

2.3.2.	Caso de aplicación: farmacias del Ahorro utilizan RFID para control y rastreo de activos	54
2.4.	Casos de estudio: implementación de RFID en diversas bibliotecas en el extranjero	54
2.4.1.	Biblioteca Pública en Munich.....	55
2.4.2.	Biblioteca en Bogotá, Colombia	56
2.4.3.	Biblioteca en Manizales, Colombia.....	56
2.4.4.	Biblioteca en la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas (FCFM).....	57
2.5.	Casos de estudio: implementación de RFID en Supermercados COTO	58
2.6.	Casos de éxito: implementación de RFID	59
2.6.1.	Sector alimentario y bebidas	59
2.6.2.	Sector comercio al por menor	61
2.6.3.	Sector farmacéutico	61
2.6.4.	Sector administración.....	62
2.6.5.	Sector transporte.....	63
2.6.6.	Sector biblioteca / archivo	64
2.6.7.	Sector automoción	65
2.7.	Beneficios y ventajas de la tecnología RFID	66
3.	ANÁLISIS DE CÓMO PODRÍA IMPLEMENTARSE RFID EN LA BIBLIOTECA CENTRAL DE LA USAC	71
3.1.	Situación actual de la Biblioteca Central de la USAC.....	71
3.2.	Etapas de implementación general de un sistema RFID.....	77
3.3.	Análisis de costos de implementación	80
3.3.1.	Proveedores de la tecnología RFID	80
3.3.1.1.	Etiquetas RFID utilizadas en bibliotecas	81

	3.3.1.2.	Características de etiquetas y lector.....	82
	3.3.2.	Costos de implementación.....	83
3.4.		Propuesta para implementar un sistema RFID	85
	3.4.1.	Descripción del sistema RFID.....	85
	3.4.2.	Procesos que se pueden realizar con RFID	86
	3.4.3.	Funcionamiento del sistema RFID.....	88
	3.4.4.	Ventajas y desventajas de la implementación	89
	3.4.5.	Requerimientos de personal.....	92
	3.4.6.	Requerimientos de hardware y software	92
	3.4.6.1.	Etiquetas de RFID	93
	3.4.6.2.	Sensores inteligentes	93
	3.4.6.3.	Estación para préstamo o Lector RFID	94
	3.4.6.4.	Estación para programar etiquetas o estación de conversión.....	95
	3.4.6.5.	Servidor	95
	3.4.7.	Requerimientos de hardware opcionales.....	95
	3.4.7.1.	Estación de autopréstamo	96
	3.4.7.2.	Lector RFID portátil.....	96
	3.4.7.3.	Impresora de etiqueta RFID.....	97
	3.4.8.	Requerimientos técnicos	97
CONCLUSIONES			99
RECOMENDACIONES.....			101
BIBLIOGRAFÍA.....			103

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Componentes de un lector RFID.....	9
2.	Distribución de componentes de un lector RFID.....	9
3.	Métodos de propagación de la información.....	15
4.	Esquema de funcionamiento de un sistema RFID pasivo.....	25
5.	Formato de EPC.	29

TABLAS

I.	Comparativa entre características de <i>tags</i> pasivos y <i>tags</i> activos.....	6
II.	Estándares ISO RFID.....	27
III.	Estándares ISO Serie 18000.....	28
IV.	Características del código de barras lineal.....	42
V.	Características código de barras 2-D y código matriciales.....	43
VI.	Características etiquetas RFID.....	44
VII.	Eficiencia de etiquetas en los diferentes tipos de prendas.....	51
VIII.	Caso empresa <i>Beaver Street Fisheries</i>	60
IX.	Caso empresa Grupo Leche Pascual.....	60
X.	Caso empresa METRO Group.....	61
XI.	Caso empresa Cardinal Health.....	62
XII.	Caso organización fábrica nacional de moneda y timbre.....	63
XIII.	Caso empresa aeropuertos de Malpensa y Hong Kong.....	64
XIV.	Caso empresa Florida State University.....	65
XV.	Caso empresa Nokia Tyres.....	66

XVI.	Proveedores tecnología RFID.....	81
XVII.	Etiquetas RFID.....	82
XVIII.	Características de etiquetas de diferentes proveedores	82
XIX.	Características de lectores portátiles de diferentes proveedores.....	83
XX.	Costos de equipo RFID.....	84
XXI.	Ventajas y desventajas del sistema código de barras.....	90
XXII.	Ventajas y desventajas con sistema RFID.....	91

GLOSARIO

Acoplamiento	Dispositivo o método que tiene por objetivo transferir energía.
CCTV	Circuito cerrado de televisión. Es una tecnología de video vigilancia visual diseñada para supervisar una diversidad de ambientes y actividades.
EPC	Código electrónico de producto. Es un número único diseñado para identificar de manera inequívoca cualquier objeto.
EPCglobal	Es una organización que lidera el desarrollo de estándares de la industria impulsados por las normas del Código Electrónico de Producto o EPC.
ERP	Planificación de recursos empresariales. Son sistemas de información gerenciales que integran y manejan muchos de los negocios asociados con las operaciones de producción y de los aspectos de distribución de una compañía en la producción de bienes o servicios.

Jaula de Faraday	Espacio cerrado que se encuentra revestido de metal lo que imposibilita la influencia de los campos electromagnéticos del exterior en el interior del mismo es decir que las ondas de radio no se adentran en el interior de la jaula.
Middleware	Es un software que asiste a una aplicación para interactuar o comunicarse con otras aplicaciones, software, redes, hardware y/o sistemas operativos.
ONS	Servicio de Nombre de Objetos. Es un mecanismo para descubrir información sobre un producto y los servicios relacionados en el Código Electrónico de Producto.
PDA	Asistente Digital Personal. Es una computadora de mano originalmente diseñada como agenda electrónica con un sistema de reconocimiento de escritura.
RFID	Identificación por Radio Frecuencia. Es un sistema de almacenamiento y recuperación de datos remotos que usa dispositivos denominados etiquetas, tarjetas, transpondedores o <i>tags</i> RFID.
TAG	Etiqueta RFID.

Transpondedor

Es un tipo de dispositivo utilizado en telecomunicaciones. Realiza la función de recepción y respuesta.

RESUMEN

La presente investigación se realizó con el propósito de dar a conocer la tecnología Identificación por Radio Frecuencia (RFID), su utilización e implementación en diferentes sectores, pero con un enfoque especial en bibliotecas, específicamente en la Biblioteca Central de la Universidad de San Carlos de Guatemala. La importancia de este trabajo deriva a que a nivel mundial RFID está sustituyendo al sistema de código de barras, gracias a sus avances y ventajas sobre dicho sistema.

La investigación detalla todos los aspectos importantes de la tecnología RFID y cuenta con información proveniente de diversas fuentes, entre ellas, tesis relacionadas a la implementación de RFID en bibliotecas de países de América del Sur. También se hace mención de diversos casos de implementación de la tecnología RFID, no solo en el sector educativo, sino en el sector farmacéutico, industrial, salud, transporte, alimentación entre otros.

Después de detallar todos los aspectos importantes sobre esta tecnología (así como los diversos casos de estudio), se especifican los diversos factores para la implementación de la tecnología RFID en la Biblioteca Central de la Universidad de San Carlos.

OBJETIVOS

General

Generar un aporte para la Universidad de San Carlos de Guatemala, por medio de una investigación sobre la tecnología RFID y su viabilidad de implementación en la Biblioteca Central.

Específicos

1. Definir los aspectos relevantes e importantes de la Identificación por Radio Frecuencia (RFID) y sus conceptos relacionados.
2. Determinar las ventajas y desventajas que ofrece la tecnología RFID en su implementación.
3. Definir casos de éxito en donde ha sido implementada la tecnología RFID.
4. Investigar casos donde ha sido implementada la Identificación por Radio Frecuencia RFID en bibliotecas.

INTRODUCCIÓN

En muchas bibliotecas no solo del país sino del mundo entero es utilizado el sistema de código de barras como medio principal de identificación de libros, este sistema ofrece muchas ventajas sobre el sistema de búsqueda manual y ha demostrado ser muy efectivo, pero tiene sus limitaciones y desventajas comparado con sistemas más modernos como RFID (Identificación por Radio Frecuencia).

RFID es una de las tecnologías que captura e identifica por medio de ondas de radio la información contenida en etiquetas electrónicas las cuales son adheridas a personas, objetos o animales. Existen varios tipos, tamaños y formas de etiquetas así como el material con el que se encuentran elaboradas para las diferentes implementaciones. Estas son colocadas en puntos clave de forma que no sean visibles.

La información es capturada por medio de lectores RFID, los cuales se encargan de enviar los datos capturados a él o los servidores de aplicaciones para que estos se encarguen de procesar la información y realizar las acciones requeridas. La captura de la información puede realizarse de forma inalámbrica, lo cual permite que pueda capturarse mucha información en pocos segundos sin tener que poner en contacto cada uno de los artículos con el lector.

La implementación de la tecnología RFID ha sido ampliamente utilizada en bibliotecas del continente americano, como por ejemplo en Chile, EE.UU. entre otros. Esta tecnología también ha sido (y continua siendo) implementada en muchos sectores, por ejemplo el del control de equipaje en los aeropuertos, sistemas de inventarios, control de equipo médico, cobro en el transporte y muchos otros. Cada día son más los sectores que están iniciando la implementación de la tecnología RFID para innovar y automatizar los procesos industriales.

1. TECNOLOGÍA RFID

1.1. ¿Qué es un sistema RFID?

La tecnología RFID o Identificación por Radio Frecuencia es un sistema que almacena, recupera y transmite datos por medio de ondas de radio entre un lector y una etiqueta. Estas ondas transmiten la información que está contenida en una etiqueta o *tags* RFID, esta información puede ir desde un bit hasta varios Kbytes el tamaño a transmitir depende del sistema de almacenamiento que posea la etiqueta o *tag*.

La etiqueta RFID es un dispositivo pequeño aproximadamente del tamaño de la cabeza de un alfiler y este puede adherirse a cualquier objeto, animal o persona. Estas etiquetas pueden almacenar información como características, caducidad, fabricante entre otras. Referente al objeto, animal o persona que la contenga.

RFID pertenece a una gama de tecnologías para la identificación automática y recuperación de datos. Dentro de estas tecnologías también se encuentra el código de barras, la lectura de caracteres ópticos y los sistemas infrarrojos de identificación.

A través del chip que es utilizado por la tecnología RFID se puede mantener un rastreo de la localización ya sea del objeto, animal o persona. La distancia de rastreo varía conforme al tamaño, tipo y antena del chip pero puede ir de los 2 centímetros a los 13 metros.

1.2. Composición de un sistema RFID

Un sistema RFID está compuesto por elementos que son esenciales para el funcionamiento del sistema. Cada elemento puede tener diferente importancia de acuerdo a los objetivos y finalidades que se deseen alcanzar al realizar una implementación con esta tecnología. Los componentes que se pueden mencionar son: etiquetas, lector, ordenador, middleware, programadores o impresoras entre otros que no son principales.

1.2.1. Etiqueta RFID o Transponder

Dicha etiqueta también se conoce como *tag* o transpondedor que se deriva de TRANSMitter/resPONDER. Se le llama transpondedor por su forma de operar ya que permite la recepción y transmisión de señales.

Esta etiqueta se coloca en un objeto, animal o persona. Al mencionar objetos se puede mencionar por ejemplo: autos, productos, plantas, llaves, tarjetas y otros. La etiqueta o *tag* que se coloca en los objetos puede diferir de acuerdo a las características de este, ya que existen *tags* especiales para textil, líquidos, metales y libros.

Este *tag* consta de un microchip o circuito integrado, una pequeña antena de radiofrecuencia, memoria no volátil donde se almacenan datos, memoria ROM donde se almacenan instrucciones básicas, memoria RAM para almacenar datos durante comunicación y otros componentes electrónicos que procesan la señal. En dicho chip se almacena o guarda información referente al objeto al cual fue adherida la etiqueta y la antena habilita la comunicación por radiofrecuencia con el lector.

Se pueden encontrar *tag* de características y capacidades diferentes por lo que existe una clasificación para entender su comportamiento o modo de trabajo. Estos *tags* o etiquetas se clasifican según su tipología (activo, pasivo y semiactivo), por su tipo de memoria, capacidad de almacenamiento, origen de alimentación, frecuencias de trabajo, características físicas, protocolo de interfaz aérea.

Hay características que pueden modificar el comportamiento de un *tag* o etiqueta RFID. Entre ellas: memoria no volátil, memoria RAM, la antena y componentes electrónicos que se encargan de procesar la señal de la antena. Entre las propiedades que una etiqueta o el *tag* RFID pueden tener están:

- Adhesión del *tag*: mecanismo adhesivo o mecánico para adjuntarlo al objeto.
- Lectura del *tag*: comunicar la información mediante la radiofrecuencia.
- Kill/Disable (inhabilitación): algunos *tags* permiten al lector enviar un comando para que deje de funcionar permanentemente, siempre y cuando reciba el correcto *Kill code*. Esto provoca que no responda nunca más.
- Memoria: la etiqueta contiene una memoria interna la cual tiene una capacidad dependiendo del modelo de la etiqueta. Hay varios tipos de memoria entre los que podemos mencionar:
 - Solo escritura (una sola escritura): esta característica permite al usuario configurar o escribir su valor una sola vez; después de modificar el inicial, es imposible cambiarlo.

- De lectura y escritura: existen algunos *tags* que tienen la capacidad de poder escribir y reescribir tantas veces como se desee. Normalmente hay un límite de escritura muy elevado cerca de las 100 000 escrituras.
- Anticolisión: permite al *tag* conocer cuándo debe transmitir para no entorpecer o molestar otras lecturas. Esta característica se realiza mediante protocolos que permiten controlar las comunicaciones entre el *tag* y el lector.
- Seguridad y encriptación: algunos *tags* permiten la encriptación de la información cuando se realiza la comunicación, así como también existe la posibilidad de responder únicamente a lectores, que les proporciona un *password* secreto.
- Estándares soportados (conformidad): los *tags* pueden cumplir con uno o más estándares, permitiendo comunicarse con los lectores que los cumplen.

Las etiquetas toman diversas formas y tamaños según los entornos donde se utilizarán y el tipo de material en el que se encuentran encapsulados ya sea en plástico, cristal o cerámica.

Estos *tags* también pueden estar insertados en tarjetas de plástico como las tarjetas de crédito, las cuales son llamadas *contactless smart cards* o láminas de papel que reciben el nombre de *smart labels*.

1.2.1.1. Etiquetas o *tags* activos

Las etiquetas o *tag* activos son aquellos que necesitan de una fuente de alimentación externa o batería. La ventaja de estas etiquetas se presenta en la distancia, ya que tienen un mayor alcance de emisión debido a que son capaces de transmitir señales más potentes, otra ventaja es que permiten habitualmente procesos de lectura y reescritura, además no necesita que el lector inicie la comunicación. Entre las desventajas que presenta esta etiqueta se puede mencionar: tiempo de vida útil limitado debido al tipo de batería y temperaturas a las que opera, su costo es bastante elevado suele ser cinco veces mayor al de una etiqueta pasiva y son de mayor tamaño.

Estas etiquetas tiene varias características: fuente de alimentación propia en las que se puede utilizar una batería de litio o dióxido de manganeso y pueden llegar a tener larga duración, la distancia de lectura o escritura se encuentra entre los 10 y 100 metros, diversas frecuencias y memoria entre 4 y 32 kilobyte.

1.2.1.2. Etiquetas o *tags* pasivos

Las etiquetas o *tags* pasivos no necesitan una fuente de alimentación externa ya que se alimentan del campo generado por el lector RFID. Una de las ventajas de esta etiqueta es su sencillez y bajo costo, pero su distancia de lectura es menor que oscila entre los 10 centímetros hasta unos pocos metros, esto dependerá de la frecuencia de funcionamiento, diseño y tamaño de la antena de la etiqueta.

1.2.1.3. *Tags* semiactivos

Los *tags* o etiquetas semiactivas tienen una fuente de poder integrada, la cual energiza a la etiqueta para su operación es decir que utiliza la energía para alimentar el microchip, sin embargo, para transmitir datos, una etiqueta semi-activa utiliza la potencia emitida por el lector.

Tabla I. **Comparativa entre características de *tags* pasivos y *tags* activos**

<i>Tag</i> pasivo	<i>Tag</i> activo
Funciona sin batería	Funciona con batería
Relativamente económico	Relativamente costoso
Ciclo de vida ilimitado	Ciclo de vida limitado por la batería
Poco peso	Mayor peso
Alcance limitado (3 – 5 metros)	Mayor alcance (100 metros)
Sensible al ruido	Mayor inmunidad ante presencia de ruido
Dependencia de la señal del dispositivo lector	Transmisor propio
Requiere dispositivos lectores potentes	Relaja el requisito de potencia de los lectores
Velocidad de transmisión baja	Velocidad de transmisión alta
Lectura simultánea baja	Lectura simultánea alta
Alta sensibilidad de orientación	Menor sensibilidad de orientación

Fuente: <http://www.rfidpoint.com/regiones-y-paises/europa/la-tecnologia-rfid-usos-y-oportunidades/>. Consulta: 06 de enero de 2012.

1.2.2. Lector

También llamado interrogador o módulo digital. Se encarga de transmitir una señal de radiofrecuencia para detectar si existe alguna etiqueta en un determinado rango de acción. Existen lectores de dos tipos: los lectores con bobina simple que consiste en que la misma bobina sirve para transmitir la energía y los datos y los interrogadores con dos bobinas que consiste en que una bobina se usa para transmitir energía y la otra bobina para transmitir datos.

El lector está compuesto por un módulo de radiofrecuencia (transmisor y receptor), una unidad de control y una antena para interrogar los *tags* vía radiofrecuencia

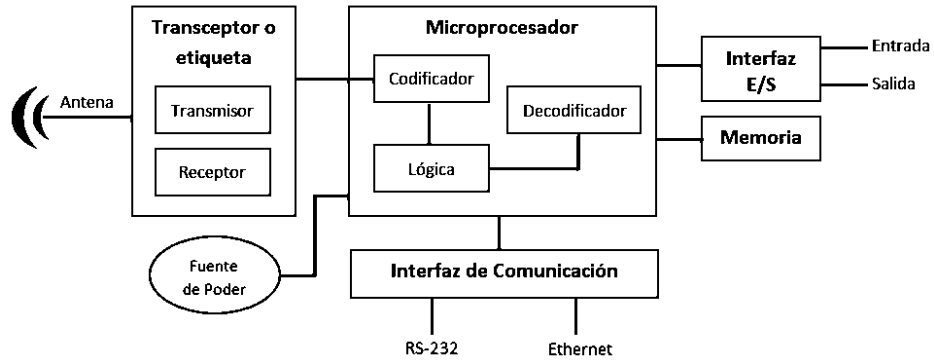
Estos incorporan una interfaz a una computadora personal, *host* o controlador, a través de un enlace local o remoto: RS232, RS485, Ethernet, WLAN (RF, Wifi y Bluetooth), lo que permite enviar los datos del transpondedor al sistema de información.

El lector es el componente principal en un sistema RFID y cuenta con los siguientes elementos:

- Transmisor: emite la potencia y envía el ciclo del reloj por medio de la antena hacia las etiquetas que se encuentren dentro del rango de lectura.
- Receptor: se encarga de recibir las señales analógicas que envían los *tags* o etiquetas por la antena para después mandar los datos al microprocesador y que ese se encargue de convertir en su equivalente digital.

- Antena: va conectada al transmisor y el receptor.
- Microprocesador: decodifica la señal recibida y es responsable de implementar el protocolo de lectura.
- Memoria: almacena información como los parámetros de configuración del lector y contiene una lista de últimas lecturas, de modo que si se pierde la comunicación con la computadora los datos no se pierdan.
- Canales de entrada/salida: estos canales permiten al lector interactuar con sensores y actuadores externos. Es un componente opcional.
- Controlador: es el componente que permite comunicarse y controlar las funciones del lector.
- Interfaz de comunicación: provee las instrucciones o pasos a realizar para la comunicación con el sistema, que permiten la interacción con entidades externas, mediante el controlador, para transferir datos y recibir comandos. Esta puede tener distintos tipos de interfaz, por ejemplo: RS-232, RS-485, interfaz de red, entre otras.
- Fuente de alimentación: alimenta de forma eléctrica al resto de componentes del lector. Regularmente consiste en un cable conectado a la toma corriente.

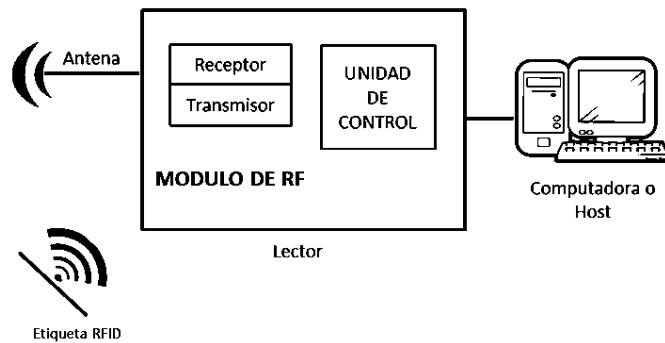
Figura 1. **Componentes de un lector RFID**



Fuente: elaboración propia, con programa de Paint.

En la figura 1 se observa la distribución de los componentes y el orden de comunicación que existe entre estos.

Figura 2. **Distribución de componentes de un lector RFID**



Fuente: elaboración propia, con programa de Paint.

Para que el lector detecte si existen etiquetas o *tags* que están enviando información hacia el lector, este puede funcionar de tres formas: interrogando su zona de cobertura continuamente, interrogando periódicamente o interrogando de forma puntual.

1.2.3. Ordenador, *host* o controlador

Este se encarga de recibir la información de uno o varios lectores que se encuentren dentro del área y a su vez comunica al sistema de información. El ordenador o *host* puede tener comunicación con los lectores.

1.2.4. *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. Se encarga 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.

Este se encarga de la transmisión de los datos entre los extremos de la transacción. Es decir se encarga de transmitir los datos que están almacenados en una etiqueta hacia el sistema de información.

Las funciones principales del *middleware* son:

- Adquirir los datos: extrae, agrupa y filtra los datos de múltiples lectores RFID.
- Encaminar los datos: dirige los datos extraídos al sistema apropiado dentro de la aplicación.

- Gestión de procesos: el *middleware* puede ocuparse de diversos procesos o eventos acorde a las reglas de la organización como por ejemplo envíos no autorizados, pérdidas en *stock*.
- Gestión de dispositivos: monitorea y coordina los lectores RFID y verifica el estado y operatividad de estos.

Muchos de los *middleware* desarrollados o en desarrollo se ajustan a los estándares de EPCglobal.

EPCGlobal es una organización de estándares sin fines de lucro la cual tiene como objetivo facilitar la transición uniforme y crear un proceso para que la tecnología EPC se convierta en un estándar que permita identificar los productos, artículos o ítem en cualquier lugar de la cadena de abastecimiento esto quiere decir que podríamos obtener o detallar la información correspondiente al producto por medio del EPC.

1.2.5. Programadores o impresora RFID

Estos son dispositivos que permiten leer, escribir e imprimir etiquetas inteligentes que son colocadas en los diferentes productos, artículos o ítems.

Existe una impresora RFID que son programadores especiales. Esta impresora puede tener la capacidad de lectura/escritura y permite programar las etiquetas y a su vez imprimir con tinta la información visible.

Las etiquetas pasivas programables no tienen previsto almacenar información, estas requieren del proceso de codificación para ser utilizadas. La codificación puede ser realizada por un lector que se encuentra dentro de una impresora RFID o cualquier lector externo preparado para realizar la tarea.

Estos dispositivos manejan un control de calidad que consiste en la lectura de las etiquetas antes de imprimir, el sistema lee cada etiqueta verificando en la base de datos la información que contiene la etiqueta y realiza la comparación si existiera alguna inconsistencia la impresora guarda la información, cancela y marca la etiqueta para luego imprimir la etiqueta correcta.

1.3. Clasificación de los sistemas RFID

Los sistemas RFID se pueden clasificar de acuerdo a distintos criterios, como la frecuencia, la alimentación de las etiquetas, el principio de funcionamiento, entre otros criterios.

- Por su capacidad de programación
- Por su modo de alimentación o fuente de energía
- Por el rango de frecuencia de trabajo
- Por el protocolo de comunicación
- Por el principio de propagación
- Por distancia de lectura

1.3.1. Por su capacidad de programación

Uno de los criterios en los que se clasifica un sistema RFID es la capacidad de programación y es una característica que debe tenerse muy clara, debido a la utilización que se le dará a las etiquetas ya que estas pueden utilizarse de una a muchas veces, esto dependerá el mercado en donde sea utilizada. Por su capacidad de programación se puede clasificar en:

- Solo lectura: los datos son grabados en la etiqueta desde su fabricación.
- Una escritura, muchas lecturas: este puede ser programado solo una vez y los datos son grabados por el usuario.
- Lectura y escritura: estas pueden ser programadas muchas veces entre 10 000 y 100 000. Estos dispositivos tienen una memoria *flash* para almacenar los datos.

1.3.2. Por su modo de alimentación o fuente de energía

El modo de alimentación o fuente de energía es uno de los criterios que pueden afectar un sistema RFID, ya que de la fuente de energía dependerá el funcionamiento de las etiquetas. Por su fuente de energía se pueden clasificar en:

- Activos: cuando las etiquetas necesitan de una batería para transmitir la información.
- Pasivos: si no se necesita de una alimentación externa.

1.3.3. Por su rango de frecuencia

En los sistemas RFID es importante definir un rango de frecuencia, ya que dicha característica define también la distancia y velocidad en que pueden ser transmitidos los datos. Por su rango de frecuencia se clasifican en:

- Baja frecuencia (BF): rangos inferiores a 135 KHz.
- Alta frecuencia (AF): frecuencia de 13,56 MHz.
- Ultra alta frecuencia (UHF): frecuencias de 433 MHz, 860 MHz, 928 MHz.
- Frecuencia de microondas: frecuencias de 2,45 GHz y 5,8 GHz.

1.3.4. Por su protocolo de comunicación

La forma en que los datos de la etiqueta se transmiten puede diferir de acuerdo al protocolo de comunicación utilizado, es decir si la transmisión será constante o habrá intervalos de tiempo para la transmisión. Por su protocolo de comunicación se clasifican en:

- Dúplex: la comunicación se da cuando la etiqueta transmite su información en cuanto recibe la señal del lector y mientras dura esta.
- Secuencial: la comunicación se da cuando el campo del lector se apaga a intervalos regulares, momento que aprovecha la etiqueta para enviar su información.

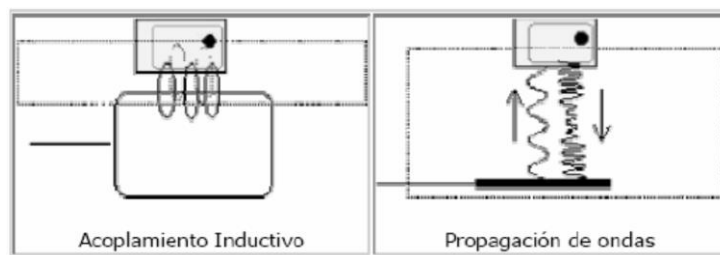
1.3.5. Por su principio de propagación

Este principio se basa en que conjuntos de fenómenos físicos son utilizados por el sistema RFID para conducir las ondas del transmisor al receptor. Existen dos tipos de propagación los cuales son:

- Inductivos: Utilizan el campo magnético creado por la antena del lector para alimentar la etiqueta o *tag*.
- Propagación de ondas electromagnéticas: utilizan la propagación de la onda electromagnética para alimentar la etiqueta o *tag*.

Se puede clasificar un sistema de RFID en sistemas basados en el acoplamiento electromagnético o inductivo, y basados en la propagación de ondas electromagnéticas. Se puede apreciar su funcionamiento en la figura 2.

Figura 3. **Métodos de propagación de la información**



Fuente: <http://www.cic.ipn.mx/posgrados/images/sources/cic/tesis/B041245.pdf>.

Consulta: 15 de diciembre de 2011.

1.3.6. Por distancia de lectura

Como todo sistema es diferente y cada uno puede tener distintas características y necesidades, es importante definir la distancia en que una etiqueta puede ser leída para transmitir los datos que esta tiene. La distancia de lectura se puede clasificar en:

- Proximidad: pocos centímetros.
- Vecindad: entre un metro.
- Largo alcance: por encima de un metro.

1.4. Frecuencias RFID aceptadas y utilizadas

Los sistemas RFID pueden clasificarse de acuerdo al rango de frecuencia que utilizan y estas frecuencias se pueden catalogar según la longitud de onda y el rango de frecuencia en que se encuentre, pero no todos los rangos pueden trabajarse con la tecnología RFID. El rango de frecuencias en el que operan las etiquetas RFID son:

- LF (*Low Frequency*, baja frecuencia) de 120 KHz – 134 KHz.
- HF (*High Frequency*, alta frecuencia) de 13,56 MHz
- UHF (*Ultra High Frequency*, ultra alta frecuencia) de 433 MHz, 868 MHz, 928 MHz.
- Microonda de 2,45 GHz.

Entre mayor sea la frecuencia el alcance será menor pero la velocidad de transmisión de datos aumentara.

1.4.1. Baja frecuencia (135 KHz)

Suelen utilizarse en etiquetas pasivas y para su funcionamiento usan el acoplamiento inductivo. Su principal ventaja es la aceptación en todo el mundo, además funciona cerca de los metales y es un frecuencia altamente difundida.

1.4.1.1. Capacidad de datos

La capacidad de datos que puede almacenar una etiqueta depende del rango de frecuencia, pero también depende del proveedor de la etiqueta. Para las etiquetas pasivas su capacidad es alrededor de 64 bits y para las activas es de hasta 2 kilobits.

1.4.1.2. Velocidad y tiempo de lectura

Por lo regular la tasa de transferencia es baja entre 200 bits por segundo y 1 kilo bits por segundos, pero como se mencionó en la capacidad de datos esta velocidad y tiempo de lectura también depende del proveedor de la etiqueta.

1.4.1.3. Cobertura

Para las etiquetas pasivas la cobertura es pequeña, alcanza los 0,5 metros aunque esto puede variar debido a la potencia disponible en la etiqueta.

Para las etiquetas activas la cobertura es mayor ya que supera los 2 metros y de igual forma puede variar debido a la potencia.

1.4.1.4. Costos

En general se puede decir que tanto las etiquetas activas como pasivas en este rango de frecuencia son caras, en relación con la de frecuencias superiores debido a los componentes utilizados como la antena en espiral.

1.4.1.5. Áreas de aplicación

Debido a la distancia de lectura que se puede tener con una etiqueta de baja frecuencia es importante mencionar en que sistemas o áreas puede utilizarse este rango de frecuencia. Las características de las aplicaciones son:

- Leer poca cantidad de datos
- Pequeñas distancias como
 - Control de acceso
 - Identificación de animales (gestión de ganado, identificar y controlar especies protegidas o identificar animales domésticos)
 - Gestión de bienes
 - Identificación de vehículos
 - Contenedores

1.4.2. Alta frecuencia (13,56 MHz)

Suelen utilizarse en etiquetas pasivas y para su funcionamiento utilizan el acoplamiento inductivo. Además esta frecuencia como la baja es muy difundida pero esta no funciona cerca de los metales

1.4.2.1. Capacidad de datos

Para las etiquetas pasivas su capacidad es alrededor de 512 bits hasta 8 kilobits. Esta capacidad dependerá también de la marca y proveedor de las etiquetas.

1.4.2.2. Velocidad y tiempo de lectura

Por lo regular la tasa de transferencia está entre 25 kilobits por segundo. También hay con tasas mayores a los 100 kilobits por segundo. Lee aproximadamente 40 etiquetas por segundo.

1.4.2.3. Cobertura

Debido al rango de frecuencia, estas etiquetas tienen cierta distancia de cobertura. Para las etiquetas pasivas la cobertura es alrededor de 1 metro, aunque como para otras características este factor también puede variar de acuerdo al proveedor de las etiquetas.

1.4.2.4. Costos

Su costo es mejor que las de baja frecuencia y depende de la forma de la etiqueta y su aplicación. El costo también dependerá del proveedor de la etiqueta, así como las diferentes características que pueden variar como por ejemplo la capacidad de almacenamiento.

1.4.2.5. Áreas de aplicación

La alta frecuencia es apta para utilizarse en aplicaciones como la trazabilidad de los productos, movimiento de equipaje, acceso a edificio. Estas aplicaciones cuentan con las siguientes características:

- Leer poca cantidad de datos
- Pequeñas distancias como
 - Control de acceso
 - Gestión de maletas en aeropuertos
 - Pago en medios de transporte
 - Bibliotecas y seguimiento de libros
 - Servicios de alquiler
 - Seguimiento de paquetes o artículos de ropa
 - Aplicaciones logísticas en la cadena de suministros

1.4.3. Ultra alta frecuencia (433 MHz, 860 MHz, 928 MHz)

Para su funcionamiento utilizan la propagación por ondas electromagnéticas para la comunicación de los datos y alimentar la etiqueta cuando esta es pasiva.

1.4.3.1. Capacidad de datos

Las etiquetas que funcionan bajo este rango tienen una capacidad de almacenamiento, aunque esta capacidad también podría variar un poco, de acuerdo al fabricante. Para las etiquetas pasivas y activas su capacidad es alrededor de 32 bits hasta 4 kilobits.

1.4.3.2. Velocidad y tiempo de lectura

Por lo regular la tasa de transferencia está entre 28 kilobits por segundo. También hay con tasas mayores, ya que depende también del proveedor. Lee aproximadamente 100 etiquetas por segundo.

1.4.3.3. Cobertura

La cobertura para las etiquetas de este rango es mayor que la frecuencia baja y la frecuencia alta. Para las etiquetas pasivas la cobertura es alrededor de 3 o 4 metros. Para las activas y frecuencia de 433 mega Hertz la cobertura alcanza los 10 metros.

1.4.3.4. Costos

Los costos dependen de la forma de la etiqueta, así como el tamaño de la etiqueta. También dependerá de las demás características como la capacidad de datos, velocidad de transmisión y el fabricante.

1.4.3.5. Áreas de aplicación

Los equipos que operan en este rango de frecuencia no pueden utilizarse de forma global, debido a que no existen regulaciones globales para su uso, por lo que su aplicación depende de la legalidad en el país. Esta frecuencia es apta para utilizarse en aplicaciones con las siguientes características:

- Distancias de transmisión superiores
- Cadenas de suministro
- Trazabilidad de objetos de valor
- Automatización de las tareas de inventario
- Pago de peaje en autopistas

1.4.4. Microondas (433 MHz, 860 MHz, 928 MHz)

Estas frecuencias son las más habituales y no tiene el problema de las regulaciones globales, además que en esta frecuencia se pueden trabajar largas distancias de lectura y altas velocidades de transmisión.

1.4.4.1. Capacidad de datos

La capacidad de almacenamiento para las etiquetas que se trabajan en estas frecuencias varía de acuerdo al tipo de etiqueta, así como del proveedor. Tanto para las activas como pasivas la capacidad es alrededor de 128 bits hasta 512 kilobits.

1.4.4.2. Velocidad y tiempo de lectura

La velocidad y tiempo de lectura para estas frecuencias puede llegar a variar por el fabricante o proveedor. Por lo regular la tasa de transferencia está debajo de los 100 kilobits por segundo, sin embargo, algunos dispositivos alcanzan 1 megabit por segundo.

1.4.4.3. Cobertura

La cobertura para las etiqueta de estas frecuencias van desde 1 hasta los 2 metros, esto también dependerá del proveedor. Para las etiqueta activas la cobertura es aproximadamente de 15 metros.

1.4.4.4. Costos

Los costos de las etiquetas de estas frecuencias dependen de la forma de la etiqueta, el modo de alimentación, la capacidad de datos y el fabricante que las distribuya.

1.4.4.5. Áreas de aplicación

Estas frecuencias de microondas son muy utilizadas para seguimiento y trazabilidad de personas u objetos debido a la cobertura que pueden tener las etiquetas. Entre las características que las aplicaciones pueden tener son:

- Alta cobertura
- Velocidades de transmisión elevadas
- Pago de peaje en autopistas y rastreo de vehículos

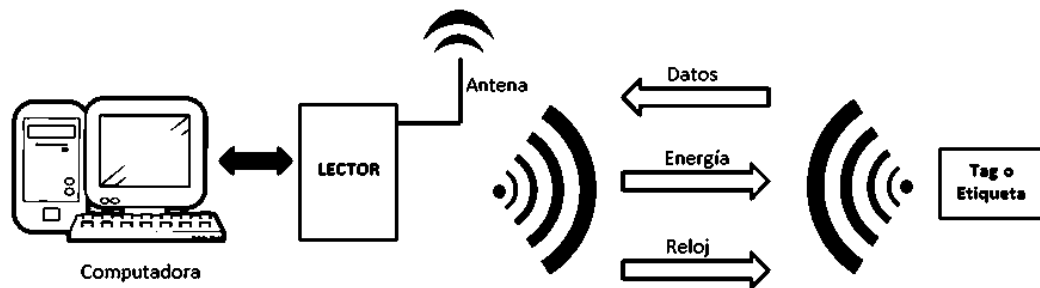
1.5. Funcionamiento

Como se ha mencionado anteriormente existen varios sistemas RFID los cuales tienen variaciones tecnológicas, sin embargo, todos se basan en el mismo principio de funcionamiento el cual se describe a continuación:

- Se les coloca la etiqueta o *tag* RFID a todos los objetos que se desea identificar o controlar.
- La antena que se encuentra en el lector emite un campo de radiofrecuencia para crear un campo magnético, lo que provoca que todas las etiquetas que se encuentran dentro del rango se activen.
- Cuando una etiqueta ingresa en dicho campo utiliza la energía y la referencia temporal recibidas para realizar la transmisión de los datos almacenados en su memoria. En el caso de etiquetas activas la energía necesaria proviene de la batería de la etiqueta la cual permite la transmisión de los datos.
- El lector que se encargó de recibir los datos los envía al ordenador o host para su procesamiento. El envío de los datos al ordenador puede realizarse de diversas formas ya que existen varias formas de conexión entre el lector y el host.

La comunicación que se realiza entre la etiqueta y el lector se realiza por señales de radiofrecuencias a una determinada frecuencia. La comunicación entre la etiqueta y el lector tienen ciertas características de alcance, velocidad y seguridad dependiendo del rango de frecuencia, el tipo de antena, el tipo de etiquetas y otros parámetros que pueden configurarse.

Figura 4. **Esquema de funcionamiento de un sistema RFID pasivo**



Fuente: elaboración propia, con programa de Paint.

Como se puede observar en la figura existen dos interfaces de comunicaciones: la que se da entre el lector y el sistema de información y la que se da entre el lector y la etiqueta. La conexión que se da entre el lector y el sistema de información puede ser local o remota, cableada o inalámbrica como el RS 232, RS 485, Ethernet, WLAN, GPRS, UMTS, y la conexión que se da entre el lector y la etiqueta se realiza a través de frecuencias.

1.6. Estándares

La tecnología RFID debe cumplir con estándares debido a que ha sido implementada en diferentes partes de la industria, en la cual ya se tienen estándares definidos. Los estándares de la tecnología RFID han sido creados por organizaciones como ISO Y EPC.

1.6.1. ISO

Las normas ISO definen estándares comerciales e industriales que contribuyen y garantizan las características deseables de los productos y servicios tales como calidad, medio ambiente, seguridad, fiabilidad, eficiencia y capacidad de intercambio con un costo económico. La IEC (“International Electrotechnical Comision”) junto a la ISO se encarga de definir los estándares en los campos de la electrónica y las tecnologías.

Existen estándares ISO para RFID:

Tabla II. **Estándares ISO RFID**

Estándares ISO para RFID	
11784 11785 14223	Contiene la estructura del código de identificación por radiofrecuencia para animales. El estándar ISO 14223 detalla el interfaz aire entre el lector y el transpondedor RFID basado en la condición de compatibilidad según la norma ISO 11784-5.
10536 14443 15693	Definen las características físicas, el interfaz aire y la inicialización, y los protocolos anti-colisión y de transmisión de las tarjetas inteligentes (“ <i>vicinity cards</i> ” o “ <i>Smart cards</i> ”). Estas tarjetas se pueden utilizar para una o múltiples aplicaciones (control de acceso, autenticación de usuario, prepago).
10374	Especifica todos los requisitos de usuario para la identificación automática de contenedores de carga, incluyendo sistemas de identificación del contenedor, codificación de datos, criterios de rendimiento y seguridad.
15961 15962 15963	Estándares para las técnicas de identificación automática y adquisición de datos para gestión de objetos. Incluyen protocolo de datos, interfaz de aplicación, reglas de codificación de datos e identificación única.
Series 18000	Las normas ISO 18000 1 a 6 definen los parámetros para el interfaz aire en las frecuencias aceptadas de forma internacional: 135kHz, 13,56MHz, banda UHF, 2,45GHz y 5,8GHz. la norma ISO 18046 se centra en los métodos de prueba de rendimiento de etiquetas y lectores, mientras que la norma 18047 se ocupa de los test de conformidad de los dispositivos. Este estándar es similar al de EPCGlobal.

Fuente. elaboración propia.

Tabla III. **Estándares ISO Serie 18000**

Estandar ISO – Serie 18000 para la definición del interfaz aire RFID	
18000-1	Parámetros genéricos para el interfaz aire en todas las frecuencias.
18000-2	Parámetros para el interfaz aire para comunicaciones por debajo de 135KHz.
18000-3	Parámetros para el interfaz aire para comunicaciones a 13,56KHz.
18000-4	Parámetros para el interfaz aire para comunicaciones a 2,45GHz.
18000-5	Parámetros para el interfaz aire para comunicaciones a 5,8GHz.
18000-6	Parámetros para el interfaz aire para comunicaciones desde 860 a 960 MHz. La ISO 180006A y B especifican el interfaz aire para RFID pasivas en la banda UHF (900MHz).
18000-7	Parámetros para el interfaz aire para comunicaciones a 433MHz.

Fuente. elaboración propia.

1.6.2. EPC

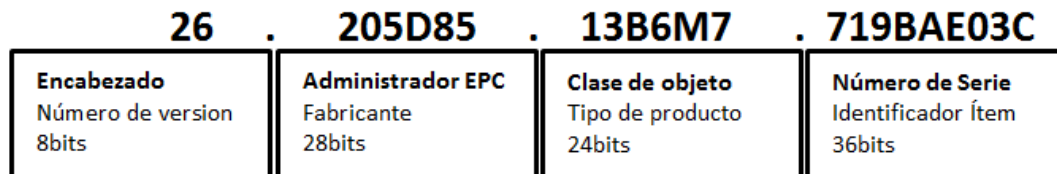
EPC global es una organización sin fines de lucro que ha desarrollado una amplia gama de estándares para la identificación de productos. Los estándares EPC están enfocados a la cadena de suministro y particularmente definen la metodología para la interfaz aérea; el formato de los datos almacenados en una etiqueta RFID, para la identificación de un producto, captura, transferencia, almacenamiento y acceso de estos datos; así como el middleware y la base de datos que almacena esta información.

EPC o Código Electrónico de Producto es un esquema para identificar los objetos físicos de forma universal por medio de las etiquetas o *tags* RFID.

El código EPC está dividido en varias partes de forma que el código identifica el fabricante, número de serie y versión. El rango de memoria va de los 64 a los 256 bits. El formato de una etiqueta EPC tiene las siguientes partes:

- Encabezado (*Header*): es el número de versión del código.
- Administrador EPC: identifica una empresa que es responsable de mantener la Categoría de objeto y Número serial. EPC Global asigna el Administrador General a una entidad, asegurando que cada uno de estos números sea único.
- Categoría de objeto: es el tipo exacto de producto, este número debe ser único dentro de cada dominio del número de Administrador general.
- Número serial: es el identificador único de ítem o producto dentro de cada categoría de objeto.

Figura 5. **Formato de EPC**



Fuente: elaboración propia.

EPCGlobal define ciertos estándares para RFID en todos los niveles, es decir que tiene especificaciones para la etiqueta, el protocolo de comunicaciones, entre otras. Estas especificaciones son:

- El formato lógico de los datos de la etiqueta RFID.
- El protocolo de comunicación de las siguientes etiquetas:
 - Clase 0 a 900Mhz
 - Clase 1 a 13,56 Mhz
 - Clase 1 rango de 860 MHz a 930 MHz
- El middleware que recibe y procesa los datos ("*Savant*"), así como la comunicación entre los lectores y escritores. Como los lectores pueden recibir datos de cientos de etiquetas este debe filtrar y consolidar la información antes de enviar al sistema indicado.
- La especificación PML (*Physical Markup Language*), lenguaje basado en XML que define el formato de la información de intercambio entre componentes dentro de la red EPC.
- La especificación ONS (*Object Name Service*) que es similar a DNS (*Domain Name Service*) utilizado en internet. ONS actúa como un directorio para las organizaciones que desean buscar números de productos en internet.

La misión de EPCGlobal es el desarrollo e implantación de un sistema de estándares globales (abiertos y gratuitos) que combinan RFID, redes de comunicación y el EPC (Código Electrónico de Producto) con la finalidad de:

- Asegurar la interoperabilidad entre sistema utilizados por las compañías que componen la cadena de suministro.
- Permitir la identificación en tiempo real de cualquier producto, de cualquier empresa.

1.6.3. Gen 2

Fue aprobado en diciembre 2004. Puede llegar a formar parte principal de los estándares en etiquetas RFID. EPC Gen2 es la abreviatura de EPC global UHF Generation 2.

1.6.4. Otros

Existe más estándares y estos están enfocados a ciertas industrias, en específico que utilizan la tecnología RFID en ciertos procesos como lo puede ser la identificación de llantas, entre otros. Entre estos estándares se puede mencionar:

- AIAG B-11 (Automotive Industry Action Group) para la identificación de llantas.
- ANSI MH10.8.4 para aplicaciones estándar de RFID con contenedores reutilizables.

Existen también organizaciones que han creado algún estándar relacionado con RFID o han desarrollado alguna función regulatoria. Entre estas organizaciones están:

- ANSI (American National Standards Institute)
- AIAG (Automotive Industry Action Group)
- EPCglobal
- CEN (Comite Europeen Normalisation)
- ASTM (American Society for Testing Materials)

Los 4 organismos o instituciones principales que velan por las normativas RFID o son:

- ETSI (European Telecommunications Standards Institute)
- ISO/IEC (International Organization Standardization)
- EPC Global (Electronic Product Code World-wide)
- ROHS (Restriction of Hazardous Substances)

1.7. Modo de conectividad

Los lectores RFID han tendido a usar comunicaciones seriales (RS-232 o RS-485). Actualmente se intenta habilitar Ethernet o wireless 802.11 en sus lectores.

Las opciones que se tienen para realizar la conexión son:

- RS-232: protocolo confiable de corto alcance el largo del cable limitado a los 30 metros. Entre sus limitantes se puede mencionar una baja velocidad de comunicación que va de 9 600 bps a 115,2 kilobits por segundo.
- RS-485: mejora el RS-232 ya que permite un largo de cable de hasta los 1 200 metros. La velocidad de transferencia de hasta 2,5 megabits por segundo. Debido a que el protocolo es de tipo bus permite la conexión de múltiples dispositivos al mismo cable.
- Ethernet: debido a lo confiable que es el protocolo TCP/IP sobre Ethernet. Es una de las opciones más factibles debido a la sencilla instalación y menos costo en la integración.

- Wireless 802.11: este tipo de conexión se utiliza en los lectores RFID móviles.
- USB: algunos proveedores de lectores RFID han habilitado los lectores para poder comunicar mediante el puerto USB.

1.8. Tipos y capacidad de datos almacenados

Para tener una mejor organización de los datos almacenados en las etiquetas se deben tener bits para identificar los datos y otros para recuperación o detección de errores con el fin de satisfacer las necesidades de recuperación.

La cantidad de bits que corresponde para datos va a depender del tamaño que la etiqueta permita almacenar. Así también la cantidad de datos depende del tipo de aplicación que se desarrollara. Las etiquetas pueden utilizarse con el fin de transportar:

- Un identificador: la etiqueta guarda una cadena numérica o alfanumérica que representa:
 - Una identidad para identificar un objeto, producto, animal o persona.
 - Una clave de acceso que permite la consulta de otra información almacenada en algún ordenador.
- Ficheros de datos que permiten almacenar información organizada. El objetivo del PDF puede ser la transmisión de la información e iniciar acciones.

1.9. Seguridad y riesgos en el uso de RFID

Debido a que muchas veces se trabajan con datos o información que no pueden ser descifrados por cualquier usuario es de mucha importancia que estos datos no puedan ser descriptados.

Esta tecnología puede conllevar ciertos riesgos, estos dependerán del tipo de usuario que esté utilizando RFID. Se puede mencionar que están los usuarios o entidades que utilizan RFID para optimizar los procesos y los usuarios o entidades que utilizan RFID, para ofrecer un servicio como control de acceso, venta productos, es por estos riesgos la importancia de la seguridad en la lectura de la información que contiene la etiqueta.

Como la tecnología RFID es una tecnología para la cual no se necesita que el producto tenga contacto con el lector. Cualquier persona con un lector podría escanear las etiquetas únicamente con estar cerca de objeto que tenga la etiqueta y obtener la información.

Las principales amenazas de privacidad en los sistemas RFID son:

- Lecturas no autorizadas de las etiquetas. Las etiquetas pueden contener información personal, datos en forma de una clave de acceso. Por lo que estos no deben ser leídos por terceros.
- Seguimiento de las personas, preferencias, gustos. Cuando un comprador porta una etiqueta con sus datos y la utiliza para realizar los pagos de compras sus movimientos pueden ser seguidos y almacenados para su posterior utilización en cuando a gustos y preferencias.

- Uso de datos para extracción de información personal. A partir del conjunto de datos que contenga una etiqueta y estos sean extraídos estos pueden utilizarse para encontrar patrones de comportamiento del portador de la etiqueta y de esta forma utilizarlos para obtener beneficios.
- Uso de datos para propósitos diferentes de su empleo original.
- Uso de datos para monitorización de comportamiento específico.

EPCglobal formó una comisión la cual estableció unas directrices para la protección de la privacidad de los consumidores. Entre estas se puede mencionar:

- Información al consumidor. Los consumidores deben ser informados sobre la presencia de códigos electrónicos en los productos.
- Elección de consumidor. Los consumidores deben ser informados sobre la elección de un producto de este tipo por si desean quitar la etiqueta RFID o bien buscar otro.
- Educación al consumidor. Los consumidores deben tener la posibilidad de informarse con lo que respecta al uso de las etiquetas RFID.

1.9.1. Medidas de seguridad para las etiquetas

Una de las formas de evitar la modificación de datos es utilizar etiquetas de solo lectura o bien no escribir datos directamente en la etiqueta si no únicamente código y tener la información en una base de datos.

Para evitar que la información de las etiquetas sea borrada o las etiquetas sean desactivadas por personas no autorizadas se pueden utilizar métodos de autenticación previos.

También para tener una mayor seguridad puede cifrarse la información que sea privada o sensible.

Otra forma de proteger la privacidad del cliente podría ser la desactivación de las etiquetas RFID antes que el usuario tenga en sus manos el objeto o producto. Al desactivar estas etiquetas ya no pueden volverse a activar lo cual presenta una desventaja. Esta se desactiva al enviarle un comando especial.

Una etiqueta también puede protegerse por medio de una jaula de Faraday, la cual consiste en un contenedor hecho de una malla de metal el cual es impenetrable a las señales de radio de determinadas frecuencias.

1.9.2. Medidas de seguridad para la comunicación radio

Al almacenar la información en una base de datos esta debe desplazarse hacia el computador que contenga dicha almacén de datos, por lo que el cifrado de estos datos puede evitar la obtención de información monitorizando el enlace radio.

1.9.3. Medidas de seguridad para el lector

Como en muchos sistemas y aplicaciones, la seguridad es de importancia, ya sea seguridad física o seguridad mediante la aplicación. Para evitar la falsificación de lectores se puede utilizar la autenticación entre el lector y la etiqueta.

1.9.4. Riesgos del uso de RFID

Como en todo sistema o aplicación siempre existen riesgos que se debe de considerar para evitar que estos servicios no sean interrumpidos, alterados o que pueda darse algún tipo de fraude o bien pueda alterarse la información personal de los usuarios del sistema, es por ello la importancia de analizar los peligros o inseguridades que puedan darse.

1.9.4.1. Riesgos para la seguridad

Estos riesgos son los que se dan por deterioro o interrupción del servicio de forma que se persigue un beneficio económico, es decir, que estos actos son realizados de forma maliciosa. Como ejemplo, de ataque a un sistema RFID se puede mencionar en la interrupción de la comunicación entre la etiqueta y el lector. Existen diversas formas de atacar a los sistemas RFID entre las que se puede mencionar:

- Aislamiento de etiquetas: consiste en la interrupción de la comunicación entre la etiqueta y el lector. Este aislamiento puede ser beneficioso y malicioso al mismo tiempo, por ejemplo se puede aislar el pasaporte electrónico de forma que se evita las lecturas de información pero

también podría utilizarse para sustraer productos protegidos por etiquetas RFID.

- Suplantación: consiste en enviar información falsa cuando el sistema está esperando un dato válido o correcto.
- Inserción: consiste en insertar comandos ejecutables en la memoria de la etiqueta, esto puede provocar la desactivación del sistema o que todos los componentes no funcionen de forma correcta.
- Repetición: consiste en enviar al lector una señal de alguna etiqueta válida para que el receptor la acepte y esto permitirá la suplantación de la identidad de la etiqueta.
- Denegación de servicio: consiste en la saturación del sistema ya que se envía de forma masiva más datos de los que el sistema puede procesar.
- Desactivación, destrucción de etiquetas o inutilización de etiquetas: consiste en colocar las etiquetas en un fuerte campo electromagnético para que estas sean deshabilitadas.
- Clonación de la tarjeta RFID: este se ocasiona cuando la etiqueta se comunica con el lector y estos datos son copiados y replicados en otra etiqueta.
- Riesgo de ataque mediante inyección: cuando una etiqueta se comunica con el lector se puede pasar lenguaje SQL lo cual puede provocar la introducción de datos en la base de datos.

- Código malicioso: este riesgo consiste en la infección y transmisión de código malicioso que se incluyen dentro de la etiqueta RFID.
- *Spoofing*: este caso se da cuando la etiqueta es de lectura y escritura ya que se escriben datos en la etiqueta para sustituir la información original.

1.9.4.2. Riesgos para la privacidad

Estos riesgos consisten en acceder a la información personal o de los usuarios sin autorización. Entre las amenazas de privacidad se puede mencionar:

- Accesos no permitidos a etiquetas: las etiquetas pueden contener información personal como nombres, fecha nacimiento, dirección entre otros datos de mucha importancia.
- Rastreo de las personas y/o de sus acciones y gustos: una persona podría ser observada, clasificada o rastreada si porta alguna etiqueta que contenga sus datos.
- Uso de los datos para el análisis de comportamientos individuales: si bien una persona porta una etiqueta RFID, toda la información que se pueda recabar podría utilizarse para el análisis de los datos y establecer cuáles son las preferencias de los usuarios.

1.10. Utilización interna y externa

La principal característica de RFID es la capacidad de identificar, localizar, seguir o monitorear objetos sin la necesidad que exista una línea de visión directa entre el objeto, producto, animal o persona que contenga la etiqueta y el lector. Es por ello que este tipo de tecnología está siendo utilizado en muchos ámbitos como las aplicaciones de negocios, comerciales y de servicios.

Entre las aplicaciones que han implementado dicha tecnología se puede mencionar:

- Transporte y distribución
 - Seguimiento de activos
 - Aeronaves, vehículos, ferrocarriles
 - Contenedores
 - Sistemas de localización en tiempo real

- Empaquetado de artículos
 - Gestión de la cadena de suministro
 - Seguimiento de cajas y pales
 - Seguimiento de elementos
 - Industria farmacéutica
 - Inventario y *stocks*

- Industria y fabricación
 - Estampación
 - Flujo de trabajo

- Seguridad y control de accesos
 - Gestión de pasaportes y visados
 - Seguimiento de niños
 - Seguimiento de animales y equipajes
 - Prevención de falsificaciones
 - Acceso a ordenadores
 - Identificación de empleados
 - Acceso a aparcamientos
 - Acceso a laboratorios
 - Peajes
 - Pagos automáticos
 - Reconocimiento de clientes

- Monitorización y sensado
 - Presión, temperatura, volumen y peso
 - Aplicaciones de localización

- Sistema de biblioteca
 - Acceso y gestión de libros
 - Acceso y gestión de todo tipo de objetos

1.11. Comparativa con tecnologías competidoras

Cuando se habla de tecnologías de identificación automática se pueden mencionar otras alternativas a RFID, entre ellas se encuentra la que actualmente se utiliza en muchos lugares que es el código de barras que ha alcanzado un alto grado de madurez.

1.11.1. Código de barras

El código de barras es una tecnología denominada apuntar y disparar que exige mucho tiempo cuando se compara con la tecnología RFID. El código de barras es la representación de la información por un conjunto de líneas verticales que tienen diferente grosor y espaciado.

Esta tecnología presenta varias ventajas respecto a la tecnología RFID, entre estas se pueden mencionar la facilidad de implementación, bajo costo, amplia madurez y disponibilidad de productos. Pero presenta diversas desventajas o inconvenientes como su limitación de lectura ya que solo se puede leer un código de barras a la vez, requiere línea de visión física y orientación adecuada para realizar la lectura.

Tabla IV. **Características del código de barras lineal**

Características	Código de barras lineal
Posibilidad de modificar datos	Cuando se imprime código de barras no puede modificarse.
Seguridad de los datos	No usan cifrado y estándar es conocido.
Cantidad de datos almacenados	30 caracteres.
Costo	Muy bajo.
Estándares	Más de 200 esquemas.
Vida útil	Baja ya que la información impresa puede borrarse con el tiempo.
Distancia de lectura	Cercana debido a la línea de visión.
Número de elementos por lectura	Un código a la vez.
Posibilidad de interferencias	Daños físicos pueden imposibilitar lectura, son sensibles a la suciedad tanto etiqueta como lector.

Fuente: elaboración propia.

Tabla V. **Características código de barras 2-D y código matriciales**

Características	Código de barras 2-D y Códigos matriciales
Posibilidad de modificar datos	Cuando se imprime código de barras no puede modificarse.
Seguridad de los datos	Emplea corrección de errores, por lo que se podría destruir parte de la etiqueta sin destruir la información.
Cantidad de datos almacenados	Hasta 1 Kbyte.
Costo	Muy bajo para 2-D pero más alto para matriciales.
Estándares	PDF 417 que es un estándar de ISO para 2-D y Data Matrix, código QR y MaxiCode para matriciales.
Vida útil	Baja ya que la información impresa puede borrarse con el tiempo.
Distancia de lectura	Cercana debido a la línea de visión.
Número de elementos por lectura	Un código a la vez.
Posibilidad de interferencias	Son más robustos a los errores de lectura del código lineal.

Fuente: elaboración propia.

1.11.2. RFID

Como ya se han mencionado sus características generales en profundidad, para efectos de comparación se incluyen los aspectos considerados para la tecnología del código de barras.

Tabla VI. **Características etiquetas RFID**

Características	Etiquetas RFID
Posibilidad de modificar datos	Es posible dependiendo del estándar que se utilice ya que existen etiquetas de solo lectura, de una escritura y varias lecturas o de lectura-escritura.
Seguridad de los datos	Es posible cifrar los datos.
Cantidad de datos almacenados	Hasta 1 MB de información.
Costo	En descenso de acuerdo a los últimos avances, aunque también depende del tipo de etiqueta.
Estándares	Estándares de EPC y el estándar de ISO.
Vida útil	La vida útil de etiquetas pasivas que no requieren de baterías es muy grande. Las etiquetas activas su vida útil depende de la duración de la batería.
Distancia de lectura	Las etiquetas pasivas su alcance es aproximadamente de un metro y las etiquetas activas alcanzan decenas de metros.
Número de elementos por lectura	El lector puede leer cientos de etiquetas de forma simultánea.
Posibilidad de interferencias	Puede ser impedida por líquidos, madera o metales debido a que la comunicación es por frecuencia.

Fuente: elaboración propia.

Teniendo la información tanto del código de barras como de la tecnología RFID podemos mencionar las ventajas y beneficios que tiene RFID sobre el código de barras:

- No requiere línea visual con la etiqueta
- Rango de lectura extenso
- Lectura y escritura de varias etiquetas a la vez
- Mejoramiento de disponibilidad
- Mejora la exactitud del inventario

2. CASOS DE ESTUDIO

2.1. Casos de estudio: implementación de RFID activa y Wi-Fi para la excelencia operativa en la industria automovil

La fabricación de automóviles presenta grandes exigencias, con unas necesidades operativas más complejas y un menor margen de error. Las piezas, el equipamiento, los vehículos y los trabajadores están siempre en el centro de la acción. La visibilidad de estos elementos a través del proceso de fabricación es de crucial importancia para mejorar y optimizar las operaciones, además de reducir los costos.

2.1.1. Caso de estudio en centro de distribución de automóviles

En las diversas industrias que existen actualmente la fabricación de productos es realizada en grandes cantidades, ya que la demanda es alta por lo que la satisfacción de los clientes es el principal factor, por el cual la creación de estos productos debe hacerse en el menor tiempo y con un margen de error mínimo, de forma que la calidad de los productos creados sea la más alta y supere las expectativas ante la competencia.

En este caso de estudio realizado en un centro de distribución de automóviles la operación incluye miles de vehículos, los cuales son enviados a los distribuidores locales.

Uno de los objetivos de implementar la tecnología RFID era gestionar todo el ciclo vital de los vehículos a partir de las fases de admisión y pasando por las de toma de combustible, prueba, revisión, instalación y salida. Así como la de poder localizar de forma rápida y eficiente los vehículos para poder procesarlos y acelerar las fases de entrada y salida utilizando los dispositivos de mano (PDA).

Los camiones descargan cada mañana varios cientos de vehículos. AeroScout MobileView, usado en un PDA con escáner de código de barras, permite agilizar mucho el proceso de admisión. El usuario realiza el escaneo que identifica el vehículo, lee con el escáner la etiqueta AeroScout, la coloca en el espejo retrovisor, registra automáticamente el vehículo y lo integra en el sistema ERP para recuperar todos los detalles y atributos del vehículo.

El registro de los vehículos en el sistema ERP permitía tener un inventario de los que se encontraba en las instalaciones por lo que los pedidos para el plan de trabajo se generaban fácilmente. Este sistema también les permitía obtener la ubicación en tiempo real del vehículo lo cual reducía el tiempo de búsqueda.

Los dispositivos AeroScout Exciter se instalan en ciertos puntos de control, e indican el momento en el que los vehículos pasan por estos dispositivos e inicia las alertas del sistema cuando no se cumple alguna regla. Por ejemplo, si un vehículo que ha solicitado accesorios no los ha recibido.

El sistema ERP permite que los supervisores puedan llevar un control exacto y real del inventario y de esta forma obtener informes automatizados y al alcance para poder accederlos en cualquier momento y mediante diversos dispositivos.

2.1.2. Beneficios obtenidos

Como en todo sistema se pueden obtener distintos beneficios, ya que estos pueden notarse de acuerdo a las necesidades que se tenían antes de la implementación. En la revista RFID Magazine se mencionan algunos beneficios que se tuvieron en el caso de estudio de un centro de distribución de automóviles. A continuación se hace mención de estos:

- Reducción de los tiempo de recorrido inactivo, aumento del caudal de tráfico y procesado de más vehículos con los mismos recursos de equipo y trabajo.
 - Reducir al mínimo las interrupciones.
 - Aumentar la productividad de trabajo.
 - Evitar retrasos causados por vehículos fuera de lugar o extraviados.

- Reducción de costes, dando la aleta a los trabajadores y supervisores de turno, evitando situaciones en que los vehículos salen sin los accesorios instalados; ahorrar cientos de miles de euros al año en penalizaciones y reelaboración.

- Ahorros en trabajo directo – eliminación de actos sin valor añadido.
 - Búsqueda de vehículos
 - Monitorización manual
 - Elaboración manual de inventario
 - Los datos recogidos se utilizan para optimizar los procesos y mejorar la eficiencia.

2.2. Casos de estudio: implementación RFID en la última milla de la cadena textil - confección

Uno de los propósitos de la implementación de RFID para este caso de estudio fue la de poder medir el impacto en la implementación de dicha tecnología, para plasmar los resultados y utilizar estos para dar recomendaciones para una correcta implementación.

El centro de distribución es el que se encarga de llevar al punto de venta la mercadería que se vende en la tienda. En este centro se produce y se despacha la mercadería hacia el punto de venta, por lo que se debe tener una eficiencia operativa para poder satisfacer siempre la demanda que se tiene en el punto de venta, así como también los procesos deben realizarse con exactitud para que el producto despachado no tenga fallas y cumpla con los estándares de calidad.

En el punto de venta se recibe la mercadería y abastecen las estanterías de forma que se debe mantener el inventario actualizado, para saber qué mercadería se encuentra abajo del nivel para realizar el pedido al centro de distribución y así no dejar la tienda sin mercadería en existencia.

Todo el proceso de mantener el inventario actualizado lleva una serie de pasos que si se realiza sin la ayuda de tecnología puede llevar varias horas, lo que no permite acceder la información en cualquier instante de tiempo y esto puede provocar pérdidas.

La situación en la que se encontraba la última milla de la cadena textil era: no se podía obtener la información en tiempo real, los procesos de recibido y despacho y toma de inventario en las tiendas se realiza con código de barras, la exactitud del inventario esta alrededor de 80 a 86 por ciento, el indicador de proceso de recibido / despacho se encuentra en 5,4 segundos por unidad y el de proceso de toma de inventario en 2 minutos por unidad.

Los resultados que espera la cadena textil son: mejorar la visibilidad en la cadena de valor, reducir el porcentaje de pérdida de ventas, reducir los costos logísticos, incrementar las ventas en un 8 por ciento debido a la mejora en la administración del inventario y reducir en un 62 por ciento del tiempo en el proceso de toma de inventario.

La cadena textil realizo una serie de pruebas para diferentes tipos de prendas y utilizando diferentes tipos de etiquetas RFID para determinar cuál de las etiquetas era la más eficiente.

Las pruebas se realizaron a nivel de portal, banda transportadora y carrito de surtido y se utilizaron las siguientes etiquetas:

- Manghen
- 1143
- AD-223
- AD-828
- AD-824
- UMP BELT M3
- WT-AS11
- RSI-649
- RSI-658

Los diferentes tipos de prendas que contenían las etiquetas que dieron 100 por ciento en todas las pruebas tanto de portal, banda transportadora y surtido en carrito son:

- Camisetas
- Pantalones
- Ropa infantil
- Calcetines
- Jeans

Las etiquetas utilizadas fueron:

- AD 223
- WT-A511
- UPM Belt Monza 3
- AD 824

A continuación se muestra una tabla con el porcentaje de eficiencia de las etiquetas en los distintos tipos de prenda:

Tabla VII. **Eficiencia de etiquetas en los diferentes tipos de prendas**

Etiqueta	Camiseta	Pantalón	Ropa niño	Jeans	Calcetin
Manghen	98%	97%		92%	
BG	98%	90%		92%	
1143	95%	93%		83%	94%
AD-223	100%	100%	100%	100%	100%
AD-828	98%	98%	98%	98%	96%
AD-824	100%	100%	100%	100%	100%
UMP BELT M3	100%	100%	100%	100%	100%
WT-AS11	100%	100%	100%	100%	100%
RSI-649	8%	10%	30%	10%	
RSI-648	15%	10%	50%	10%	

Fuente: elaboración propia.

2.3. Casos de estudio: aplicación de la tecnología RFID en el ámbito de la salud

Las aplicaciones de la tecnología abarcan un gran campo de industrias, esto se debe a que la implementación de esta puede realizarse en distintos ámbitos por los grandes beneficios que se pueden adquirir. Uno de los ámbitos en el que ha sido implementada es el de salud, como lo es en hospitales y es un campo muy importante y que con el tiempo puede ampliarse su aplicación debido a su gran importancia.

2.3.1. Caso de aplicación: etiquetado y seguimiento de activos en hospitales

En la actualidad el equipo médico utilizado es de mucha importancia ya que estos son utilizados frecuentemente y sus costos elevados debido a la tecnología con la que se cuenta. Estos aparatos pueden encontrarse situados en diferentes partes de un hospital, por lo que se necesita ubicar en un lugar específico aquellos aparatos que puedan trasladarse de un lugar a otro o bien saber la ubicación de mismo ya que estos pueden ser utilizados con emergencia en determinado tiempo por lo que el tiempo de búsqueda debe ser mínimo debido a la necesidad de utilizarlos.

En hospitales estadounidenses el costo por robo de equipamiento y bienes está cercano a los \$ 4 000 anuales. Las cifras asociadas a los gastos que se producen a raíz de que en muchas intervenciones, han sido olvidados objetos en el cuerpo del paciente, han aumentado debido a que el olvido de estos instrumentos provoca riesgos para la salud y como consecuencia pérdidas debido a que el tiempo de hospitalización aumenta. De cada 10 000 intervenciones se olvida un objeto en el cuerpo del paciente lo que lleva a 1 500 objetos al año.

A continuación se presentan algunos casos de despliegue de RFID para solucionar este tipo de problemas.

- El Centro de Cardiología del Hospital Infantil de Columbus implementará un sistema de gestión de inventario basado en RFID para almacenar, seguir y gestionar la utilización de los dispositivos de alto valor (como catéteres) y equipamiento de soporte del cuidado del corazón. Desarrollado por Mobile Aspects, el sistema llamado iRISupply™, utiliza una arquitectura de seguimiento RFID para automatizar el cargo de las capturas, la gestión de inventario y las fechas de caducidad de los dispositivos, además de otros procesos operacionales claves en el campo del cuidado de la salud de los pacientes.
- El Medi-Clinic Hospital Group en Sudáfrica probó en enero de 2006 un sistema RFID para el seguimiento de los pacientes quirúrgicos. La solución, denominada *Holbert System* (de *Wavetrend Technologies*), ayuda a monitorizar el tiempo exacto que pasan los pacientes dentro de quirófano. Esto, además de mejorar la eficiencia de las operaciones, ayuda a concretar y mejorar los términos de pago de las compañías aseguradoras. Las etiquetas se colocan en la cama del paciente.
- En el Centro Médico Universitario de Stanford se llevó a cabo un estudio para etiquetar objetos quirúrgicos, como instrumentos y esponjas. Que se introducen en el cuerpo del paciente, de forma que se facilitara su contabilización al comienzo y al final de una operación.
- El Herentals Hospital (Bélgica) se ha lanzado (finales de 2007) a implementar un sistema de seguimiento en tiempo real de los pacientes por sus instalaciones. El integrador de redes y seguridad, Quantum junto con Ekahau provee el sistema.

2.3.2. Caso de aplicación: farmacias del Ahorro utilizan RFID para control y rastreo de activos

La cadena mexicana de droguerías implementó en enero del 2009 las etiquetas RFID de alta frecuencia e interrogadores para identificar el inventario de activos en sus 700 almacenes y tres de sus casas matrices. Esta implementación se realizó con el objetivo de tener el seguimiento desde las oficinas a los puntos de venta.

En esta implementación se incluyeron varios tipos de etiquetas RFID de varios proveedores, algunas etiquetas de papel, otras en aislante en espuma para la identificación de las computadoras portátiles y algunas de diversas formas para la identificación de activos y dispositivos que contienen metal.

2.4. Casos de estudio: implementación de RFID en diversas bibliotecas en el extranjero

Las bibliotecas anteriormente utilizaban las fichas bibliográficas, esta forma era ineficiente que después llegaron a ser sustituidas por los códigos de barras y los sistemas electromagnéticos para poder controlar y evitar la pérdida de libros.

En la actualidad aún existen bibliotecas que utilizan el sistema de seguridad electromagnético debido a los costos que implica la implementación de una nueva tecnología.

El nuevo sistema (RFID) se ha implementado ante todo para resolver un problema urgente: la localización de los libros y las operaciones como control de inventario y ordenación de los tomos fuera de lugar.

Actualmente, se calcula que el 5 por ciento de las bibliotecas a nivel mundial están utilizando la tecnología RFID, siendo Europa el continente que posee la mayor cantidad de bibliotecas con dicho sistema y también es el continente que tiene la mayor parte de proveedores de la tecnología RFID.

En América el país que tiene la mayor cantidad de bibliotecas con esta tecnología es Estados Unidos. Otro de los países de América que cuenta con dicha RFID es Chile que tiene 3 bibliotecas con aplicaciones bajo la tecnología de radio frecuencia.

2.4.1. Biblioteca Pública en Munich

La biblioteca de Munich está compuesta por una biblioteca principal y 25 bibliotecas regionales. En el 2006 se inició la implementación de RFID en la biblioteca principal y dos regionales.

El sistema RFID de la Biblioteca Pública de Munich, permite a los usuarios y visitantes de esta utilizar las estaciones de autopréstamo y devolver los libros las 24 horas del día. Cuando dejan la biblioteca, los usuarios pasan por una puerta que supervisa si los libros han sido tomados en préstamo correctamente. Si no es así, sonará una alarma visual y acústica. Gracias a la tecnología RFID, pueden realizarse préstamos o devoluciones de varios libros simultáneamente.

El *tag* o etiqueta que se utiliza en la biblioteca de Munich es Rafsec HF (13,56 Mhz) de UPM Raflatec.

2.4.2. Biblioteca en Bogotá, Colombia

El Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), dentro del proceso de modernización de bibliotecas, realizó la primera instalación de un Sistema de Vigilancia Electrónica RFID en el 2009, en la Biblioteca de la Sede de Hotelería, Turismo y Alimentos en Bogotá D.C. Esta implementación se realizó con equipos RFID UHF Gen2, provistos por Kimbaya RFID Solutions, empresa que a su vez realizó el diseño, desarrollo, instalación y puesta en marcha del sistema.

Debido al éxito de la biblioteca Sede de Hotelería, Turismo y Alimentos en Bogotá D.C., en el 2010 el SENA ha implementado el sistema en la Biblioteca Complejo Norte ubicada en Medellín y en la Biblioteca Barrio Pescadero ubicada en Cucuta. Cada implementación consistió con la instalación de un sistema RDIF de vigilancia electrónica que Kimbaya diseño para que sea un sistema escalable de modo que en el futuro puedan integrarse diferentes módulos como: inventario, autopréstamo, conteo de personal de modo que el equipo se va adquiriendo el equipo adicional necesario para la implementación.

2.4.3. Biblioteca en Manizales, Colombia

En el 2007 fue construida la Biblioteca Carlos Enrique Ruiz ubicada en el campus La Nubia de la Universidad Nacional de Colombia en Manizales la cual cuenta con ludoteca, mediateca, sala de exposiciones y sala de consulta.

En el 2008 fue inaugurada dicha biblioteca en la cual entro en funcionamiento el Sistema de Radio Frecuencia RFID que consiste en el programa de almacenamiento y recuperación de datos mediante ondas de radio.

El Sistema de Radio Frecuencia de la institución cuenta con 80 000 chips, cuatro antenas de radio frecuencia y un software en el que se descarga toda la información de los libros.

Debido a la implementación de RFID en la biblioteca, la Universidad ha sido pionera en el tema y servicios por lo que otras bibliotecas de Colombia se interesaron en todo lo referente al sistema, ejemplo de estas son las universidades del Valle, Santiago de Cali, San Buenaventura y Pontificia Javeriana.

Hasta ahora no había antecedes de que las bibliotecas de la Universidad de Manizales fueran referente en el tema tecnológico, pero con este sistema y los servicios como el autopréstamo, las colecciones abiertas y de reserva, la Sede Manizales se proyecta más competitiva, con excelente nivel académico y mejores servicios de calidad.

2.4.4. Biblioteca en la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas (FCFM)

En septiembre del 2006 el Centro de Cooperación de Tecnología de la Información ITCC Chile-Korea apoyo a la biblioteca de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile para la implementación de tecnología RFID en la biblioteca central de dicha universidad. Los dispositivos

como etiquetas, lectores e impresoras fueron entregados por la empresa coreana *Ceyon Technology* quedando la integración en manos de la facultad.

El proyecto abarca aproximadamente 30 mil libros, a los cuales se les reemplazaría el código de barras por la etiqueta de RFID. La inversión para dicha implementación alcanzó los 40 mil dólares. Debido a problemas de compatibilidad de protocolos que se tuvieron con el software de gestión y el software de RFID este proyecto se puso en marcha para el primer semestre del 2007.

Según datos otorgados por la biblioteca de FCFM, se calcula que actualmente existe un 0,2 por ciento de pérdidas en libros por colección.

2.5. Casos de estudio: implementación de RFID en Supermercados COTO

Una de las principales cadenas de supermercados de consumo en Argentina puso a prueba la tecnología RFID. COTO es pionero en la implementación de este tipo de tecnología.

Uno de los objetivos principales de implementar la tecnología RFID era la de diseñar y efectuar el grabado de etiquetas EPC desde el sistema propio de la empresa de logística.

Al implementar este tipo de tecnología se busca controlar el recorrido de los productos con etiquetas RFID desde que salen de la empresa hasta que llegan al supermercado para que después los clientes al tomar los diferentes productos a comprar y colocarlos en el carrito y finalmente pasar por un arco

metálico que contabilice la totalidad de la compra sin necesidad de pasar por la caja y de esta forma realizar el cobro de su cuenta electrónica.

Esto también permitiría que al encontrarse un producto en el nivel mínimo de inventario automáticamente se realice el pedido de más producto a los proveedores.

Pero para que el RFID funcione en el sector de consumo masivo, las empresas proveedoras deben implementarlo a la brevedad. Empresas como Arcor, Procter & Gamble y Unilever están trabajando en el desarrollo de sus propios sistemas.

Además el precio de los *tag* o etiquetas se debe bajar ya que en el 2007 el precio de estas en Argentina era de 40 centavos de dólar lo que equivale a México a 13 centavos de dólar.

2.6. Casos de éxito: implementación de RFID

Como se mencionó anteriormente, varios casos de estudio en diferentes industrias se describen a continuación con ciertas características como lugar, año, problemática a resolver, beneficios aportados y el equipo para solución de varios casos de éxito en los diversos sectores industriales y de servicios

2.6.1. Sector alimentario y bebidas

En las siguientes tablas se mencionan dos casos relacionados al alimento y bebidas, en donde las empresas implementaron la tecnología RFID para la solución de su problemática.

Tabla VIII. **Caso empresa *Beaver Street Fisheries***

Empresa: Beaver Street Fisheries, distribuidor de pescado y mariscos	
Lugar: EE.UU.	Año: 2006
Problemática a resolver: cumplimiento del mandato de Wal-Mart.	
Beneficios aportados: <ul style="list-style-type: none"> • Favorecer la trazabilidad y visibilidad de productos. • Mejorar la gestión de almacén. 	
Equipo para solución: Impresora zebra y Portal de lectura RFID	

Fuente: <http://www.rfidpoint.com/regiones-y-paises/europa/la-tecnologia-rfid-usos-y-oportunidades/>. Consulta: 06 de enero de 2012.

Tabla IX. **Caso empresa Grupo Leche Pascual**

Empresa: Grupo Leche Pascual	
Lugar: España	Año: 2006
Problemática a resolver: gestión de la cadena de abastecimiento de la producción de huevo líquido.	
Beneficios aportados: <ul style="list-style-type: none"> • Control automático fiable, seguro y desasistido de la producción • Trazabilidad del huevo • Visibilidad completa y en tiempo real de los procesos y estado de producción • Información real del <i>stock</i> • Garantías de calidad de productos 	
Equipo para solución: <ul style="list-style-type: none"> • Se etiquetaron los carros que transportan los huevos de cada una de las granjas. • Los camiones disponen de ordenadores con Wi-Fi, GPS y RFID con 3 antenas en el interior del remolque. • Mediante Wi-Fi se transmiten los datos capturados en el camión a los sistemas de información de la empresa. 	

Fuente: <http://www.rfidpoint.com/regiones-y-paises/europa/la-tecnologia-rfid-usos-y-oportunidades/>. Consulta: 06 de enero de 2012.

2.6.2. Sector comercio al por menor

En los países de Europa es donde se puede observar que la implementación de la tecnología RFID ha sido en diversos sectores de la industria. A continuación se menciona un caso de una empresa en Alemania:

Tabla X. Caso empresa METRO Group

Empresa: METRO Group	
Lugar: Alemania	Año: 2008
Problemática a resolver: ampliar el uso de RFID a palés y cajas a todos sus hipermercados en Alemania.	
Beneficios aportados: <ul style="list-style-type: none">• Medida enmarcada en el plan estratégico del grupo para mejora en los procesos logísticos.	
Equipo para solución: <ul style="list-style-type: none">• Lectores RFID UHF de Checkpoint Systems.• Etiquetas con chip Ucode G2XL de NXP Semiconductors.	

Fuente: <http://www.rfidpoint.com/regiones-y-paises/europa/la-tecnologia-rfid-usos-y-oportunidades/>. Consulta: 06 de enero de 2012.

2.6.3. Sector farmacéutico

El sector farmacéutico es otra de las industrias donde la tecnología RFID ha sido implementada, estas se han realizado con el objetivo de seguimiento de productos, ya que existen muchos productos farmacéuticos de precios altos por lo que las farmacéuticas se ven en la necesidad de invertir en dicha tecnología.

Tabla XI. **Caso empresa Cardinal Health**

Empresa: Cardinal Health	
Lugar: EE.UU.	Año: 2006
Problemática a resolver: evaluación de la conveniencia de UHF RFID EPCglobal Gen 2 para el seguimiento a nivel de artículo en la cadena de suministro farmacéutica.	
Beneficios aportados: <ul style="list-style-type: none"> • UHF RFID es factible para el seguimiento y trazabilidad de productos farmacéuticos a nivel de artículo, caja, y palé, aunque es necesario trabajar en la mejora de los porcentajes de lectura. 	
Equipo para solución: <ul style="list-style-type: none"> • Etiquetado a nivel de artículo. • Etiquetas pasivas UHF y lectores fijos. 	

Fuente: <http://www.rfidpoint.com/regiones-y-paises/europa/la-tecnologia-rfid-usos-y-oportunidades/>. Consulta: 06 de enero de 2012.

2.6.4. Sector administración

Lo que buscan muchas industrias, en especial las de administración al implementar la tecnología RFID es obtener mayores niveles de seguridad en cuanto a documentación, accesos entre otros, para evitar que documentos sean falsificados o bien el acceso sea de mayor control.

Tabla XII. **Caso organización fábrica nacional de moneda y timbre**

Organización: Fábrica Nacional de moneda y timbre – Real Casa de la Moneda	
Lugar: España	Año: 2006
<p>Problemática a resolver: implantación del pasaporte electrónico (pasaporte-e) que proporcione mayores niveles de seguridad y control de acceso al país receptor evitando la entrada de delincuentes conocidos o terroristas. Se busca asegurar el tránsito seguro de ciudadanos entre países.</p>	
<p>Beneficios aportados:</p> <ul style="list-style-type: none"> • De acuerdo a la información en la Web del Ministerio Interior, y de modo similar a otros países de la Unión Europea, desde el 28 de Agosto del 2006 todos los pasaportes que se expidan en el territorio nacional serán del tipo pasaporte-e el cual incorpora un chip embebido en su portada posterior que contiene el dato biométrico relativo a la imagen facial del titular del documento, además de los datos personales. 	
<p>Equipo para solución:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se incorpora un tag embebido dentro del pasaporte, con aportaciones de: Sokymal aporta los inlays, ACG conocimiento de chips sin contacto y sistemas de mini control y Chip de NXP. 	

Fuente: <http://www.rfidpoint.com/regiones-y-paises/europa/la-tecnologia-rfid-usos-y-oportunidades/>. Consulta: 06 de enero de 2012.

2.6.5. Sector transporte

Esta tecnología RFID ha sido implementada en varios aeropuertos, como lo es el de Italia y China en el que mejoraron el proceso de control y gestión de equipaje debido a que la identificación por código de barras era menos eficiente.

Tabla XIII. **Caso empresa aeropuertos de Malpensa y Hong Kong**

Empresa: Aeropuertos de Malpensa (Italia) y Hong Kong (China)
Lugar: Italia y China
Año: 2008
Problemática a resolver: migrar de tecnología de identificación de maletas por código de barras a RFID para ganar en eficiencia en el control y gestión de equipajes.
Beneficios aportados: <ul style="list-style-type: none"> • En Hong Kong, se ha incrementado el número de maletas leídas con respecto al código de barras de un 80% a un 97% (de maletas que se procesan de forma automática). • En Malpensa, el uso de RFID da más rapidez al procesamiento de equipajes, más seguridad y fiabilidad.
Equipo para solución: <ul style="list-style-type: none"> • Hong Kong: 200 lectores, 500 antenas, 20M etiquetas / año, impresoras intermec EasyCoder PF2i. • Malpensa: primera fase (3 impresoras RFID y 2 lectores RFID)

Fuente: <http://www.rfidpoint.com/regiones-y-paises/europa/la-tecnologia-rfid-usos-y-oportunidades/>. Consulta: 06 de enero de 2012.

2.6.6. Sector biblioteca / archivo

El sector de biblioteca es uno que ha sido implementado en varios países latinoamericanos como Colombia y Chile. Estas implementaciones van en aumento debido a los beneficios aportados en dicho sector. A continuación se menciona una empresa en Estados Unidos que lo implemento para la localización de documentos en una universidad.

Tabla XIV. **Caso empresa Florida State University**

Empresa: Florida State University
Lugar: EE.UU.
Año: 2006
Problemática a resolver: en los archivos de la Universidad de Florida se almacena la documentación de más de 3,500 proyectos, lo que hace realmente difícil localizar un documento específico y que frecuentemente se extravíen porque los usuarios que los retiran no los devuelven.
Beneficios aportados: <ul style="list-style-type: none"> • El tiempo media a la semana que pasaba un empleado buscando documentos era de dos horas y media, con el nuevo sistema este tiempo es mínimo. • Se puede hacer un seguimiento del documento. Se sabe en todo momento que empleado lo ha sacado del archivo y a que persona se le ha prestado.
Equipo para solución: <ul style="list-style-type: none"> • Etiquetas con Inlay HF ISO 15693 de Texas Instruments con 2048 bits de memoria. • Lectores fijos para grabar las etiquetas que se pegaran a los documentos y para leer las etiquetas de los documentos prestados/devueltos. • Lectores portátiles para inventariado del archivo y localización de documentos archivados en estanterías incorrectas. • Software de control del sistema y seguimiento de documentos.

Fuente: <http://www.rfidpoint.com/regiones-y-paises/europa/la-tecnologia-rfid-usos-y-oportunidades/>. Consulta: 06 de enero de 2012.

2.6.7. Sector automoción

Como en otras industrias la tecnología RFID ha sido utilizada en el sector automoción para el seguimiento de productos, esto con el objetivo de agilizar los procesos de producción y automatizar la obtención de la información.

Tabla XV. **Caso empresa Nokia Tyres**

Empresa: Nokia Tyres
Lugar: Finlandia. Fabricante de ruedas. Año: 2007
Problemática a resolver: planificar, trazar y controlar la producción de neumáticos en la planta de fabricación.
Beneficios aportados: <ul style="list-style-type: none"> • Renovación de los procesos para mejorar la eficacia de producción y la automatización de informes. • Lograr una trazabilidad completa de los productos fabricados. • Tener visibilidad en tiempo real del stock disponible en los almacenes.
Equipo para solución: <ul style="list-style-type: none"> • Etiquetas RFID pasivas de UHF EPC Gen2 de Confines modelo Survivor. Se etiquetan los carritos que llevan los neumáticos. Se utilizan 1 000 etiquetas. • Lectores RFID de UHF EPC Gen2 de ElectroBit modelo URP1000-ETSI. Se utilizan 40 lectores. • Software de gestión de fabricación.

Fuente: <http://www.rfidpoint.com/regiones-y-paises/europa/la-tecnologia-rfid-usos-y-oportunidades/>. Consulta: 06 de enero de 2012.

2.7. **Beneficios y ventajas de la tecnología RFID**

En muchos países en las diversas industrias es utilizado el código barras para llevar el control de productos, objetos y mercaderías, con la finalidad de contar con un inventario más cercano a la realidad. Sin embargo, el escaneo de cada uno de los objetos puede llevar desde segundos hasta varios minutos, es por ello que muchas de las empresas han decidido el remplazo de esta tecnología por una que les ofrezca mayores beneficios como lo es la tecnología RFID.

Uno de los continentes que tiene mayor implementación de la tecnología RFID ha sido Europa, en el cual aproximadamente un 83 por ciento de las industrias que han decidido utilizar esta nueva tecnología han quedado satisfechas con los resultados obtenidos.

Entre los beneficios y ventajas que la tecnología RFID ofrece al implementarla se pueden mencionar:

- Se puede controlar de una forma más exacta y precisa la distribución de los productos así como el inventario.
- Se puede reducir los errores con lo que respecta a la información de producto.
- Se puede evitar el robo de los objetos.
- Mejora el seguimiento y localización de los objetos, documentos, personas, animales.
- Agiliza la validación de información.
- Reducción de tiempos al realizar inventarios, búsquedas, informes, conteos entre otros.
- Con lo que respecta a las bibliotecas el inventario que se realiza anualmente no provocaría el cierre de estas.

- En las bibliotecas se podría saber si un libro se encuentra o no en la ubicación o estante correcto y así evitar que un usuario no pueda localizarlo.
- Posibilidad de que sea una tecnología estable y eficaz así como poder entablar comunicación entre los sistemas RFID e internet.
- Lecturas más rápidas, precisas y simultáneas de los objetos que contengan etiquetas RFID.
- No se necesita que el objeto este en contacto directo con el lector RFID.
- Permiten enfrentar el problema ante las falsificaciones de productos.
- Las etiquetas RFID pueden almacenar diversa información referente al producto, objeto, persona o animal.
- Existen etiquetas de lectura y escritura, las cuales pueden leerse y escribirse un alto número de veces.
- Las etiquetas RFID pueden identificar a un producto de forma individual.
- Reducción en los errores de medición.
- Ciertos servicios pueden no necesitar la intervención de una persona.
- Las etiquetas RFID son resistentes a la humedad y temperatura.

- Las etiquetas pueden ser leídas a través de diversos materiales como plástico, pintura, etc. excepto metal y agua.

3. ANÁLISIS DE CÓMO PODRÍA IMPLEMENTARSE RFID EN LA BIBLIOTECA CENTRAL DE LA USAC

3.1. Situación actual de la Biblioteca Central de la USAC

La Biblioteca Central de la Universidad de San Carlos de Guatemala que se encuentra ubicada en el edificio de Recursos Educativos en la ciudad Universitaria zona 12. Actualmente cuenta con cinco niveles los cuales se encuentran distribuidos de la siguiente forma:

- Segundo nivel: en el segundo nivel se puede encontrar:
 - Dirección de la Biblioteca: la cual se encarga de administrar, organizar, dirigir, ejecutar y evaluar los servicios que la biblioteca ofrece.
 - Catálogos manuales (fichas bibliográficas) y catálogos electrónicos (computadoras para realizar la búsqueda): las búsquedas electrónicas pueden realizarse por autor, título, materia, palabra clave y tipo de material.
 - Sala de estudio: área para estudio.

- Tercer nivel: es el Departamento de Circulación y Préstamo, en este nivel se pueden realizar préstamos, devoluciones, renovaciones, cobros de multa y solvencias de biblioteca. Así como también se encuentra la sala de consulta a anaquel abierto es decir que se dispone de todos los libros que se encuentran en los anaqueles para que puedan ser consultados. Los anaqueles se encuentran distribuidos de la siguiente forma:

- Sección de referencia: es el área donde el usuario puede consultar en base de datos es decir que puede hacer uso del catálogo electrónico.
- Sección general: en esta área se puede encontrar material para consulta interna y externa que sirve de apoyo para estudiantes de los primeros dos años de cualquier carrera de la Universidad.
- Sección Guatemala (S.G.): en esta sección se encuentra material de autores guatemaltecos y extranjeros que han escrito acerca de Guatemala.
- Sección Universidad (USAC): en esta sección se encuentra el material que ha sido impreso por la Editorial Universitaria y editoriales que publican información de autores que han escrito sobre la Universidad.
- Sección Carlos Mérida (CCM): en esta sección se encuentra el material donado por la Embajada de México.
- Sección de Folletos (F): en esta sección se encuentran folletos con información nacional e internacional.
- Sección de Idiomas (Ie): material en otros idiomas.
- Depósito Legal (DL): sección con material de autores nacionales y extranjeros que escriben acerca del país.
- Área de devolución externa y solvencias: en esta área se realiza la devolución de los préstamos externos, así como el pago de multas y la solicitud de solvencia de biblioteca.
- Sala de consulta: área destinada para la consulta del material seleccionado.
- Área de coordinación: atención al usuario cuando tiene problemas con préstamos o devoluciones.

- Cuarto nivel: cuenta con sala de audiovisuales, mapoteca, tesario, laboratorio de computación, sala de consulta.
 - Sección de audiovisuales: sección en donde se encuentran los DVD's, CD's y audio casetes.
 - Sección de hemeroteca: sección en donde se pueden consultar los diarios nacionales, el diario de Centroamérica y revistas nacionales e internacionales.
 - Sección de mapoteca: sección donde se encuentra material cartográfico nacional e internacional.
 - Laboratorio de computación: lugar donde se imparten cursos de computación.
 - Sala de audiovisuales: salón utilizado para actividades académicas, talleres o conferencias.
 - Sala de lectura: área reservada para el estudio.
 - Área de coordinación: sección donde se puede realizar la reserva de la sala de conferencias y atención al usuario para lo que necesite.

- Quinto nivel: en este nivel se puede encontrar dos departamentos que son: el Departamento de Servicios Especiales y el Departamento de Procesos Técnicos.
 - Departamento de Servicios Especiales:
 - Sección depósito legal de tesis: aquí se encuentra un ejemplar de los egresados de la Universidad. El préstamo únicamente puede ser interno.
 - Sección de tesis: aquí se encuentra un ejemplar de los egresados de la Universidad y su préstamo puede ser externo.

- Cubículos para estudio: área utilizada para estudio, debido a que es un cubículo este debe ser reservado.
- Sala de estudio Miguel Ángel Asturias: área utilizada para estudio individual o grupal.
- Departamento de Procesos Técnicos:
 - Biblioteca de la Paz Periodista Irma Flaquer: en esta sección se puede consultar el proceso de los Acuerdos de Paz en Guatemala.
 - Sección de adquisiciones: sección donde se realiza la selección, adquisición y registro técnico del material.
 - Sección de catalogación: sección donde se cataloga, clasifica y realiza el proceso físico al material seleccionado antes de colocarlo a la disposición del usuario.
 - Sección informática: en esta sección donde se maneja y monitorea el sistema utilizado en la biblioteca.

La Biblioteca Central de la Universidad de San Carlos de Guatemala atiende a público en general y estudiantes de las siguientes facultades: Agronomía, Arquitectura, Ciencias Económicas, Ciencias Jurídicas y Sociales, Ciencias Médicas, Ciencias Químicas y Farmacia, Humanidades, Ingeniería, Odontología y Veterinaria y Zootecnia.

Actualmente la Biblioteca Central ofrece los siguientes servicios:

- Préstamo interno: préstamo que se realiza a estudiantes y público en general para consultar dentro de las instalaciones.

- Préstamo externo: préstamo que se realiza a trabajadores y estudiantes con carnet vigente que permite el retiro de libros fuera de las instalaciones.
- Tesario: permite al usuario acceder a las tesis de pre grado, grado y post grado de egresados de la USAC.
- Mapoteca: material cartográfico nacional y mundial a disposición de los estudiantes.
- Hemeroteca: diarios nacionales, revistas, recopilación de leyes de la República de Guatemala.
- Entre otros.

Actualmente el préstamo en la Biblioteca Central se realiza de la siguiente forma:

- Primero se realiza la búsqueda en el catálogo electrónico o en las fichas bibliográficas del libro que se anda buscado.
- Al encontrar el libro se anota el identificador del libro para buscar este en las estanterías respectivas.
- Seguidamente el usuario se dirige al tercer nivel de la biblioteca para ir a buscar a las estanterías. Estas se encuentran identificadas con el rango de códigos que poseen. Por lo que para encontrar el libro hay que buscar la estantería en la cual se encuentre el libro.

- Después de ubicar la estantería hay que ubicar el libro acorde al identificador.
- Ubicado el libro el usuario se dirige a una de las estaciones de préstamo, donde el encargado de la estación verifica si el carnet del usuario está vigente, por medio de código de barras y seguidamente le cargan el libro al usuario también por medio de código de barras. Por lo regular se encuentran de 2 a 3 estaciones en funcionamiento.
- Los libros contiene una cinta magnética para controlar que estos no sean retirados sin autorización.
- El encargado desmagnetiza el libro para que el usuario pueda retirarlo sin ningún problema.

Todos los pasos anteriores puede requerir de pocos minutos si el usuario ya ha realizado préstamos anteriormente, de lo contrario el usuario puede quedarse varios minutos y aún así no encontrar el libro o bien recurrir a las personas que se encuentran en las estaciones de préstamo, para que le brinden ayuda para la ubicación de la estantería y el libro.

Para la devolución es mucho más sencillo ya que el usuario únicamente se presenta al tercer nivel y la persona encargada de recibir las devoluciones registra el libro con el código de barras y lo descarga del usuario que había realizado el préstamo.

La Biblioteca Central cuenta con el sistema de seguridad que actualmente es utilizado por la mayoría de las bibliotecas que es el de cintas magnéticas. Estas cintas se colocan a cada uno de los libros que están en las estanterías para así evitar el robo de estos. Estas cintas se magnetizan o activan y se desmagnetizan o desactivan, dependiendo si se está realizando préstamo o se está devolviendo un libro.

Para controlar que la persona o usuario no lleve libros sin autorización está debe pasar por puertas de seguridad, ya que estas se encargan de verificar que la cinta del libro vaya desactivada o de lo contrario activa una alarma sonora indicando que la persona o usuario que paso por dicho portal lleva un libro el cual la cinta magnética no fue desactivada.

3.2. Etapas de implementación general de un sistema RFID

Como todo proyecto e implementación, requiere de una serie de pasos que deben llevar un orden para que la implementación sea de éxito.

A continuación se presentan los pasos a tener en consideración, a la hora de realizar una implementación de esta tecnología.

- Estudio de casos
- Planificación de la implementación
- Adquisición de etiquetas y equipos
- Adaptación de software de conversión
- Conversión de código de barra a RFID
- Adaptación software de circulación
- Pruebas y marcha blanca

También, se enumeran los siguientes factores críticos de éxito, relacionados con la ingeniería donde se implementará la tecnología RFID. Con estos factores, se busca tener una lista de verificación para el desarrollo de un plan de implementación práctico.

- Levantamiento para radiofrecuencia (RF): una cuidadosa evaluación y documentación del ambiente RF previo, y de manera temprana, mediante un levantamiento, es clave para la selección del equipo adecuado y su instalación.
- Instalación y ajuste: cada antena deberá calibrarse para obtener el desempeño máximo permitido, usando artículos, cajas de cartón o tarimas etiquetadas a fin de verificar la sintonía dependiendo del nivel de RFID requerido.
- Sincronización de lectores: el no sincronizar adecuadamente los lectores que tengan antenas suficientemente cercanas para transmitir entre ellas, podría resultar una reducción drástica del desempeño del sistema, además de provocar confusión en las etiquetas al estar recibiendo solicitudes simultáneas de diferentes fuentes para transmitir su número identificador.
- Administración de cableado: los lectores RFID tienen que conectarse al menos con tres cables: alimentación eléctrica, comunicación (datos) y una antena. Y la longitud del cable de la antena es una cantidad fija y no es posible acortarla y/o alargarla sin violar las especificaciones propuestas por el fabricante, así que es importante hacer la ingeniería de cada escenario RFID manteniendo en mente los requerimientos de cableado.

- Diseño y colocación de etiquetas: dado que existen diferentes variables para seleccionar el tipo y tamaño de una etiqueta, ya sea por el material y forma del artículo, medios ambientales y aplicaciones, no existe una etiqueta universal (un tamaño para todo). Adicionalmente, existen diferentes tipos de etiquetas dependiendo de cada necesidad específica, y desde luego con diferentes precios. Su colocación es relativa, ya que no es suficiente el tener la etiqueta correcta en el artículo correcto dentro de la aplicación. La etiqueta necesita colocarse consistentemente en la mejor ubicación que facilita la lectura en la mayoría de los escenarios previsibles por donde pasara el artículo, caja o tarima hacia su destino final.
- Administración de dispositivos: los lectores RFID tienen diferentes configuraciones con varios niveles de inteligencia desde dispositivos seriales (y baratos) hasta aparatos inteligentes activables vía internet (y muy caros). En ambos casos, estos lectores tienen asociado un host de mantenimiento y de tareas administrativas.
- Administración de datos: el factor crítico de éxito final para implementar RFID está en la determinación de la información neta que espera generar. Entonces, dentro de los parámetros realistas sobre el tamaño de la carga de datos que se puede esperar, de una implementación específica de RFID se asegura que el sistema puede manejarlo.

3.3. Análisis de costos de implementación

El análisis de costos es el proceso de identificar todos los recursos necesarios para llevar a cabo la implementación de un proyecto. Estos análisis podrían indicarnos la factibilidad de poner en marcha un proyecto o sistema.

3.3.1. Proveedores de la tecnología RFID

Uno de los mayores proveedores en el mundo sobre esta tecnología es el continente Europeo, pero debido al crecimiento en la utilización de dicha tecnología se ha ido expandiendo en los demás continentes.

Los proveedores con mayor experiencia con lo que respecta a aplicaciones de bibliotecas se pueden encontrar en Europa y en Asia. En la tabla siguiente se encuentra una lista de proveedores de tecnología RFID para bibliotecas.

Tabla XVI. **Proveedores tecnología RFID**

Empresa	Dirección Web	País
3M	www.3m.com/us/library	EEUU
Checkpoint	www.checkpointsystems.com	EEUU
VTLS	www.vtls.com	EEUU
Libramation	www.libramation.com	CANADA – EEUU
Tagsys	www.tagsysrfid.com	USA – FRANCIA
Bibliotheca	www.bibliotheca-rfid.com	SUIZA
LibBest	www.rfid-library.com	TAIWAN
Tech-Logic	www.tech-logic.com	EEUU
Library Automation Technology, Inc.	www.latcorp.com	EEUU

Fuente: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2007/bmficia452e/doc/bmficia452e.pdf>.

Consulta: 07 de enero de 2012.

3.3.1.1. Etiquetas RFID utilizadas en bibliotecas

Debido a que existen diversos proveedores se presenta una tabla en la que únicamente se encuentran los más solicitados, así como la biblioteca en la que se implementó dicha etiqueta y el proveedor de la misma.

Tabla XVII. **Etiquetas RFID**

Tipo de Etiqueta	Biblioteca como ejemplo	Proveedor
Checkpoint WORM	Santa Clara City	Checkpoint
Checkpoint writeable	None	Checkpont
TAGSYS C220-FOLIO	U. Delaware	VTLS,
ISO 15693/1800-3 MODE1	National U. Singapore	TechLogic
ISO 18000-3 MODE 2	No disponible aún	3M, Bibliotheca, Libramation
EPC Classs 1 13.56 MHz	No para biblioteca	WalMart
EPC Class 0 915 MHz	No para biblioteca	WalMart
EPC Class 1 915 MHz	No para biblioteca	WalMart

Fuente: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2007/bmfcia452e/doc/bmfcia452e.pdf>.

Consulta: enero de 2012.

3.3.1.2. Características de etiquetas y lector

Existen diversos proveedores de tecnología RFID como se menciona en una de las tablas anteriores. Estos proveedores pueden dedicarse a ciertas etiquetas de acuerdo al sector de la industria en que se enfoquen. En la tabla siguiente se realiza comparación de 3 etiquetas de diferentes proveedores utilizadas en la implementación de una biblioteca.

Tabla XVIII. **Características de etiquetas de diferentes proveedores**

	VTLS	3M	Checkpoint
Tipo de etiqueta	Pasivo	Pasivo	Pasivo
Lectura / Escritura o Worm	Lectura / Escritura	Lectura / Escritura	Una escritura / Lectura (Worm)
Tamaño de Memoria	74 bit	256 bit	96 bit
Precio típico de oferta	\$ 1.00	\$ 1.00	\$ 1.00

Fuente: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2007/bmfcia452e/doc/bmfcia452e.pdf>.

Consulta: 06 de enero de 2012.

En la tabla siguiente se realiza comparación del lector portátil de 3 proveedores diferentes.

Tabla XIX. **Características de lectores portátiles de diferentes proveedores**

	VTLS	3M	Checkpoint
Velocidad de Lectura (en libros por segundo)	20	2	20
Tiempo de inventario para una colección de 250,000 artículos	3.5 horas	35 horas	3.5 horas
Tiempo necesario para encontrar 100 libros en una colección de 10,000 artículos	8 minutos	83 minutos	N.A.
Accepts downloads for weeding and similar activities	Si	Si	No

Fuente: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2007/bmfcia452e/doc/bmfcia452e.pdf>.

Consulta: 06 de enero de 2012.

3.3.2. Costos de implementación

Como se puede observar en los puntos anteriores existen diversos proveedores de la tecnología RFID, estos existen en el mercado internacional así como en el país, aunque en el país aún son pocos los proveedores que ofrecen dichos productos y no cuentan con todo el equipo necesario en *stock*, por lo que toma un cierto tiempo la importación del suministro lo cual debe tomarse en cuenta al realizar el cronograma del proyecto.

En la siguiente tabla se presenta los costos del equipo que se necesita para poder realizar la implementación en una biblioteca, en el presupuesto realizado se tomó la cantidad de 10 000 etiquetas por lo que dicho presupuesto puede aumentar o disminuir de acuerdo al número de etiquetas que serán utilizadas en la implementación del proyecto.

Tabla XX. **Costos de equipo RFID**

Cantidad	Equipos e implementación	Precio Unitario (Q)	Precio Total (Q)
10	Etiquetas RFID pasivas de tamaño aproximado 4 x 2 pulgadas el millar.	3 100	31 000
10 000	Láminas protectoras para etiquetas RFID	4,07	40 700
1	Lector de inventario portátil	48 900	48 900
1	Lector RFID de la estación de Trabajo, incluye software.	24 450	24 450
1	Licencia de Protocolo SIP2.	40 750	40 750
1	Lector RFID con 4 antenas para colocar en portal que lee las etiquetas.	60 000	60 000
1	Impresora RFID para la impresión de etiquetas incluye el software para dicha impresión.	54 000	54 000
TOTAL (Quetzales)			GT Q 299 800

Fuente: elaboración propia.

3.4. Propuesta para implementar un sistema RFID

Al implementar la tecnología RFID lo que se busca es reducir la pérdida de libros en la estantería abierta, que la ubicación de estos sea más rápida y agilizar los procesos de préstamo y devolución y de esta forma el usuario pueda realizar estas actividades sin la necesidad de permanecer mucho tiempo en este proceso.

Para dicha implementación se detectaron varios factores que pueden mejorarse entre estos se menciona, el sistema de seguridad que aunque es el más utilizado actualmente en las bibliotecas no es el más eficiente ya que este sistema puede ser burlado fácilmente. El otro factor es el inventario que puede requerir de tiempo para la realización de este lo cual puede implicar dejar de realizar préstamos por un determinado tiempo mientras este se realiza.

3.4.1. Descripción del sistema RFID

Se propone la implementación de esta tecnología para el tercer nivel donde se realizan los préstamos, devoluciones y consultas de libros. Para su funcionamiento se deben incorporar etiquetas RFID en los libros existentes para préstamo y consulta de las diferentes estanterías.

El sistema se compone de varios componentes o elementos: las etiquetas RFID, los carnets RFID, los sensores inteligentes, estaciones donde se puede realizar auto préstamo, lectores portátiles para la realización del inventario, estaciones de programación de las etiquetas, estaciones de enlace, los servidores de aplicación y un ancho de banda para las transacciones a realizar.

Entre los beneficios que aporta el uso de etiquetas RFID se puede mencionar:

- Uno de los beneficios de esta tecnología es que permite identificar de manera inalámbrica todos los libros o artículos que contengan la etiqueta, y de esta forma poder realizar inventario de una forma más eficiente y así poder tener un informe sobre aquellos libros que fueron retirados sin autorización.
- Debido a que con la tecnología RFID no se necesita que el objeto que tiene la etiqueta tenga que estar en contacto directo con el lector, los procesos de préstamo y devolución podrían ser realizados en tiempos más pequeños ya que no se necesitaría que el lector capte bien el código como ocurre frecuentemente con el código de barras.

Esta tecnología permite almacenar cada objeto de forma única no como ocurre usualmente con el código de barras el cual utiliza un mismo código para los objetos que son iguales. Debido a que estas etiquetas pueden tener diferente capacidad de almacenamiento, se puede guardar información valiosa del objeto que en el caso de los libros de la biblioteca se puede tener el identificador, el estado en el que se encuentra el libro, otros.

3.4.2. Procesos que se pueden realizar con RFID

Esta tecnología permite realizar diversos procesos que comúnmente no se puede realizar con una tecnología de código de barras. Entre estos procesos se pueden nombrar:

- Vigilancia electrónica: controla que las referencias bibliográficas que salgan de la sala se encuentren en estado de préstamo, así como puede verificar si alguien está utilizando el material.
- Préstamo asistido.
- Conteo de personas: permite obtener información referente a las personas que ingresan, con qué frecuencia una persona hace uso de la biblioteca, horarios de mayor circulación, otros.
- Inventario: para realizar un inventario no se necesita retirar de esto para poder leer el identificador del libro.
- Organización de libros: se puede verificar si los libros se encuentran en la posición correcta o no.
- Búsqueda del material extraviado: se busca a través de un dispositivo móvil barriendo cada estantería el código del libro buscado.
- Auto-préstamo de libros: existe una consola RFID para la realización de este proceso. Esta consola identifica a la persona que quiere prestar el o los libros, valida los datos del usuario y captura la información de los libros a prestar. Permite la devolución y renovación de los libros.
- Buzón de devolución.
- Reportes de consulta en sala.

3.4.3. Funcionamiento del sistema RFID

Al implementar la tecnología RFID, el sistema funcionara de forma diferente que la actual. Este puede implementarse o adecuarse de dos formas diferentes para la realización del préstamo y devolución. La primera forma seria:

- Cuando el estudiante o el trabajador ya tiene en sus manos el libro que prestara, este debe dirigirse al bibliotecario con su carné para que el bibliotecario tenga acceso a los datos personales.
- Cuando es bibliotecario accede a los datos del usuario, envía los datos de este para validar al usuario.
- Cuando ya se tiene la aceptación de que el usuario o trabajador puede realizar algún préstamo, el bibliotecario coloca el o los libros sobre el lector RFID para que estos sean registrados y cargados al usuario anteriormente validado. Basta con colocar todos los libros cerca del lector para que estos sean registrados.
- Cuando el proceso de préstamo ha sido realizado se permitirá la impresión de un recibo indicando los libros que han sido registrados y la fecha de devolución.
- Si los libros cuentan con cintas magnéticas estos tienen que ser desensibilizados.

Otra de las formas como podría implementarse el sistema RFID, es que sea auto préstamo así no se tiene la necesidad de esperar a que alguien realice

el proceso y de esta forma la biblioteca podría prestar servicio más tiempo. Esta forma podría realizarse:

- Cuando el estudiante o el trabajador ya tiene en sus manos el libro que prestara, este debe dirigirse a la estación de préstamo con su carné para indicarle al sistema el usuario que está realizando el préstamo.
- El sistema valida los datos para verificar si el usuario puede realizar el préstamo.
- Cuando ya se tiene la aceptación de que el usuario o trabajador puede realizar algún préstamo, el usuario debe colocar el o los libros sobre el lector RFID para que estos sean registrados y cargados al usuario anteriormente validado. Basta con colocar todos los libros cerca del lector para que estos sean registrados.
- Cuando el proceso de préstamo ha sido realizado se permitirá la impresión de un recibo indicando los libros que han sido registrados y la fecha de devolución.
- Si los libros cuentan con cintas magnéticas estos tienen que ser desensibilizados.

3.4.4. Ventajas y desventajas de la implementación

Si se realiza una comparación entre las ventajas y desventajas que ofrece el sistema de código de barras y el sistema RFID puede encontrar ciertos factores que son los más importantes a comparar:

Tabla XXI. **Ventajas y desventajas del sistema código de barras**

VENTAJAS Y DESVENTAJAS	
INVENTARIO	<p>VENTAJAS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Menor costo de inversión para realizar la tarea. • Tecnología actualmente en perfecto funcionamiento. • Personal familiarizado con el actual sistema. <p>DEVENTAJAS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se realiza 1 vez por año académico, obteniendo los resultados de pérdida de artículos. • Reordenamiento de estantería manual. • Es necesario sacar los libros de estantería para hacer lectura del código de barras. • Mayor cantidad de tiempo invertido (7 días aprox.) • Mayor requerimiento de personal a realizar la tarea. • Cierre de estantería abierta para realizar el inventario. • Traslado de unidad computacional, con lector de código de barras a las estanterías.
PRESTAMO Y DEVOLUCION	<p>VENTAJAS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Menor costo de inversión para realizar la tarea. • Personal familiarizado con el actual sistema. <p>DESVENTAJAS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lentitud en el préstamo y recepción de libros. • Es imprescindible abrir el libro para hacer lectura del código. • El lector necesita hacer contacto visual con el código de barras.
SISTEMA DE SEGURIDAD	<p>VENTAJAS</p> <ul style="list-style-type: none"> • La cinta magnética, es uno de los sistemas de seguridad para biblioteca más utilizados, por tanto existe una mayor cantidad de proveedores. <p>DESVENTAJAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Los portales de seguridad son relativamente caros. • Los códigos de barra son fácilmente falsificables. • Aun no se encuentra en operación, el control de acceso por torniquete a la biblioteca.

Fuente: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2007/bmfcia452e/doc/bmfcia452e.pdf>.

Consulta: 07 de enero de 2012.

Tabla XXII. **Ventajas y desventajas con sistema RFID**

VENTAJAS Y DESVENTAJAS	
INVENTARIO	<p>VENTAJAS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se realiza inventario al término de cada día laborable. • Se estima un tiempo de 15 minutos para realizar inventario. • Se utiliza la ayuda del lector portátil e inalámbrico para realizar el reordenamiento de estantería. • Se realiza la búsqueda de libros de forma inalámbrica, sin tener que realizar contacto visual con el texto. • No es necesario sacar los libros de estantería para hacer inventario. <p>DESVENTAJAS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mayor costo de implementación. • Mayor tiempo requerido para una nueva implementación. • Hay que hacer pruebas con anterioridad para evitar la interferencia con las estanterías.
PRESTAMO Y DEVOLUCION	<p>VENTAJAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • No necesita contacto visual con la etiqueta RFID, para poder hacer lectura del código registrado en el chip. • La tecnología permite leer múltiples etiquetas RFID simultáneamente. • Mayor velocidad en el préstamo de textos. <p>DESVENTAJAS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nuevo costo de inversión.
SISTEMA DE SEGURIDAD	<p>VENTAJAS</p> <ul style="list-style-type: none"> • La tecnología RFID evita falsificaciones de códigos. • Mayor control en estantería por medio de un CCTV. • La incorporación de torniquetes al sistema de seguridad, otorgaría un mayor y eficiente control del acceso a la biblioteca. <p>DESVENTAJAS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inversión para la compra de nuevos portales de seguridad. • Inversión para un CCTV.

Fuente: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2007/bmfcia452e/doc/bmfcia452e.pdf>.

Consulta: 07 de enero de 2012.

Si se observan las ventajas y desventajas del sistema de código de barras y el sistema RFID, el factor que tiene mayores beneficios con el sistema RFID es el inventario pero de igual forma es el que mayores desventajas presenta en un sistema de código de barras sin embargo el costo es lo que mayormente afecta en la implementación de un sistema RFID.

3.4.5. Requerimientos de personal

De acuerdo a una implementación realizada en bibliotecas en el extranjero el equipo del proyecto puede estar conformado por los siguientes integrantes:

- Responsable del proyecto
- Personal de la biblioteca donde se implementara RFID
- Personal de la biblioteca central de la institución
- Personal de sistema lógicos
- Personal de empresas proveedoras

3.4.6. Requerimientos de hardware y software

En proyectos tecnológicos se necesita tanto hardware y software para la implementación de estos. A continuación se presentan los requerimientos tanto de hardware como de software que son necesarios para la implementación de la tecnología RFID en una biblioteca.

3.4.6.1. Etiquetas de RFID

Estas etiquetas almacenan un identificador que apunta al registro bibliográfico que se encuentra en la base de datos. Esta etiqueta provee 96 bits de información programable, la cual debe leerse a una frecuencia de 13,56 mega hertz y un ancho en los portales de 1 metro.

El sistema Digital de identificación o DID de 3M ha sido desarrollado específicamente para uso en bibliotecas.

Las etiquetas de 3M incorporan un circuito guarda información única para cada artículo. Estas etiquetas tienen varias características: los componentes con que se fabrican duran ilimitadamente, el tamaño aproximado es de 5 por 5 centímetros. En las etiquetas puede imprimirse un logotipo el cual puede ser de la biblioteca.

El costo aproximado oscila ente USD\$0,5 a USD\$1 por unidad esto depende del proveedor y la cantidad de etiquetas que se compraran.

3.4.6.2. Sensores inteligentes

Estos sensores son los que comúnmente se colocan en las puertas de entrada y salida de las bibliotecas. Estos generan un campo magnético el cual permite realizar la lectura de las etiquetas RFID. Estos sensores pueden leer las etiquetas que están hasta una distancia de 60 centímetros. Si se colocan dos sensores el área a cubrir es hasta de 204 centímetros.

Estos sensores al leer la etiqueta RFID, se conectan al servidor de aplicaciones en tiempo real para verificar que el o los libros prestados han sido

correctamente registrados en el sistema de lo contrario las alarmas son activas para evitar el retiro de material que no ha sido prestado. Estos sensores pueden activar el sistema de CCTV (circuito cerrado de televisión) cuando la alarma es activada.

Estos sensores pueden identificar que artículos están atravesando el portal, lo cual permite que el bibliotecario vea la información específica del libro o libros que provocaron que se active la alarma. Su costo es aproximadamente de USD\$15 000 es prácticamente el mismo costo que el de las antenas electromagnéticas.

3.4.6.3. Estación para préstamo o Lector RFID

La estación para préstamo, es en donde se realiza de igual forma el préstamo de libros como en la estación de Auto préstamo pero en esta ya se necesita de la ayuda del bibliotecario para que el realice todos los procesos concernientes al préstamo o devolución del o los libros.

Este lector puede identificar las etiquetas RFID que se encuentran en los libros ya sea que estos estén puestos verticalmente, encima o sobre el pad de lectura que tiene aproximadamente hasta 12 pulgadas. Esta estación se conecta en modo préstamo o devolución y el bibliotecario debe colocar el o los libros sobre el lector para que este escanee las etiquetas. Los datos o información que están en las etiquetas es registrado en el sistema, esta conexión puede ser realizada por un cable Ethernet hacia el lector. Este lector tiene un perfil delgado y puede ser colocado encima del escritorio o mueble que el bibliotecario utilice o bien puede ser incorporado en alguna parte. El precio de estos lectores van de USD\$1 000 A USD\$5 000.

3.4.6.4. Estación para programar etiquetas o estación de conversión

La *Circulation Circuit Programming Station* o la estación de conversión, proveen a la biblioteca de las herramientas necesarias para programar las etiquetas para las bibliotecas RFID sin la necesidad de insertar estas etiquetas en complejos sistemas de programación. Las etiquetas son programadas sólo pasándolas por el programador. Los componentes de este sistema son un computador, un scanner de código de barras, una impresora de etiquetas RFID y un programador de etiquetas o software. El precio aproximado del conversor oscila entre los USD\$ 5 000 y USD\$30 000.

3.4.6.5. Servidor

Es el componente que recibe la información del o los lectores para intercambiar la información que se encuentra en la base de datos. Este servidor debe contener el software necesario. Generalmente el software viene incorporado con el equipo que se adquiere, pero si se trabaja con diferentes proveedores deberá adquirirse un software estándar. Existen alternativas *open source* pero hay muy pocas. El costo del software puede ir de los USD\$ 0 a los USD\$10 000.

3.4.7. Requerimientos de hardware opcionales

Debido a que la inversión para la implementación de la tecnología RFID en una biblioteca puede ser grande, existen requerimientos de hardware que pueden dejarse como opcionales, ya que no son primordiales en un sistema cuando se está iniciando con la implementación.

3.4.7.1. Estación de autopréstamo

Las estaciones autopréstamo es una estación que permite que el usuario pueda realizar un préstamo sin la necesidad de un bibliotecario. Este cuenta con una pantalla táctil que guía al usuario por medio de indicaciones interactivas y demostraciones de video para cada paso que se realice para el proceso a realizar. Al final la estación imprime un recibo en el que se indica los libros u objetos registrados y la fecha de devolución. También activa y desactiva automáticamente las cintas magnéticas.

Esta estación muestra mensajes de error en caso el usuario no haya realizado los procesos de forma correcta o si este tiene problemas con su usuario o tiene libros prestados que no ha devuelto.

En la Ciudad de México, Guadalajara y los campus de Monterrey cuentan con equipos de autopréstamo de la tecnología RFID. En México se adquirieron los de las serie 6210, que actualmente se puede decir que ya se encuentran obsoletos por lo que se recomienda adquirir los de la serie V. El precio de estos dispositivos se encuentra entre los 10 000 y 40 000 dólares americanos.

3.4.7.2. Lector RFID portátil

Este es un dispositivo que facilita la realización del inventario ya que no se tiene que extraer los libros de las estanterías. Este consiste en un computador de mano el cual genera un campo magnético que es lo que permite la lectura de las etiquetas de los libros.

El lector está unido a través de un cable a una unidad *Portable Pen Terminal* (PPT). El PPT almacena información leída por el lector RFID. La información almacenada en la unidad PPT puede ser descargada en el servidor de aplicación de dos maneras diferentes: en tiempo real con la opción inalámbrica o después que la lectura de inventario haya sido realizada. El lector de inventario también puede ser usado para realizar búsqueda de artículos dentro de la biblioteca y para ubicar correctamente los libros en los estantes. La información del artículo que se requiera ubicar puede ser almacenada en el PPT. Cuando la identificación del artículo es escaneada con el lector, que se ajusta a la información contenida en el PPT, se produce una alarma audible y la información es exhibida, a través de una pantalla.

Este lector portátil puede utilizarse para realizar préstamos y devoluciones, como si fuera una biblioteca móvil. El precio de estos dispositivos se encuentra alrededor de los 2 000 a 10 000 dólares americanos.

3.4.7.3. Impresora de etiqueta RFID

Esta se utiliza para imprimir las etiquetas con un código de barras individual, logo, otros, de la biblioteca. Cuando esta impresión se realiza los datos son grabados en el chip de la etiqueta y se comprueba cada etiqueta para verificar que se haya grabado bien.

3.4.8. Requerimientos técnicos

De forma que se definen los requerimientos de personal, hardware y software es importante definir los aspectos técnicos. Entre estos aspectos se puede hacer mención de:

- El sistema con el que actualmente trabaja la biblioteca se puede integrar con el sistema RFID.
- Las etiquetas, estación y puertas de seguridad deben cumplir con el estándar ISO 18000-3 o ISO 15693 para lectura, escritura y seguridad. Este cumplimiento de estándar garantiza que el sistema sea compatible con futuras tecnologías y de esta forma no es necesario hacer cambio de etiquetas o hardware para utilizar el sistema.
- Todo el equipo debe ser compatible con las características de tensión (220-240 VAC).

CONCLUSIONES

1. Este trabajo de investigación puede ser utilizado como un documento de apoyo, en cuanto a los conceptos básicos de la tecnología RFID y casos de implementación, también como una guía para implementar dicha tecnología en la Biblioteca Central de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Lo cual también se puede extender para ser aplicada en cualquier otra biblioteca.
2. La identificación por radio frecuencia viene a resolver problemas como: la pérdida de libros, automatización del proceso de inventario, control de inventario y localización de objetos de una forma rápida y eficiente en las bibliotecas.
3. Se identifican mayores ventajas en el sistema RFID que con el sistema de código de barras, sin embargo, el factor costo es un aspecto que sobresale sobre las desventajas del sistema RFID ya que los costos de implementar la tecnología RFID pueden resultar elevados el retorno de la inversión puede llegar a obtenerse en corto tiempo.
4. El continente que tiene mayores proveedores con lo que respecta a la tecnología RFID es el continente europeo, sin embargo, dicha tecnología ha logrado ser implementada en países como Chile, Colombia y México; por lo que en corto tiempo llegará a ser una tecnología más factible para implementar en los diferentes países donde la tecnología aún tiene precios altos y aunque en el país ya existen proveedores de esta

tecnología la variedad de productos que ofrecen no son muchos como los que se pueden encontrar con los proveedores internacionales.

5. En la actualidad se calculó que el 5 por ciento de las bibliotecas a nivel mundial están utilizando la tecnología RFID, siendo el continente europeo que posee la mayor cantidad de bibliotecas con dicho sistema, mientras que en el continente americano es Estados Unidos. Se espera este porcentaje aumente a nivel mundial debido a la disminución de costos y fácil acceso a las tecnologías.

RECOMENDACIONES

1. La implementación de la tecnología RFID puede llevar a la automatización, mejora, eficiencia en muchos procesos en diversos sectores de la industria que pueden traer beneficios en cuanto a costos, tiempo, calidad, entre otras características.
2. Dado que es una tecnología que ha ido evolucionando rápidamente, pero aún no existen muchas empresas que presten servicios para la implementación de estos sistemas, se debe contar con el equipo de personas para que la implementación pueda llevarse a cabo y no tener inconvenientes para la misma.
3. Dado que existen diversos proveedores, al adquirir el equipo se debe estar seguros que todo el equipo que se adquiriera para la implementación de un proyecto de este tipo sea compatible y asegurarse que los proveedores de RFID tengan una estrategia para hacer frente a los cambios para la identificación de datos.
4. Como la tecnología RFID puede implementarse en diversos sectores de la industria, en los cuales se puede tener información confidencial y se desea que esta sea privada para evitar el acceso indeseado a la información, se debe aplicar ciertas medidas para evitar esos ataques, por lo que la privacidad y seguridad se debe tomar como una pieza clave desde el inicio del planteamiento.

BIBLIOGRAFÍA

1. ALFARO, R. J. *El lenguaje Global de los Negocios. GS1 Panamá*. [en línea].<http://www.gs1pa.org/boletin/2007/febrero/boletin-feb07-art2.html>. [Consulta: enero de 2012].
2. Cartauniversitaria.unal.edu.co. *Bibliotecas con tecnología de punta*. [en línea].<http://www.cartauniversitaria.unal.edu.co/nc/detalle/article/bibliotecas-con-tecnologia-de-punta/>. [Consulta: marzo de 2014].
3. CIC.IPN. *Identificación de vehículos empleando radio frecuencia*. [en línea].<http://www.cic.ipn.mx/posgrados/images/sources/cic/tesis/B041245.pdf>. [Consulta: diciembre de 2011].
4. Computing.es. *Ventajas y desventajas de las soluciones RFID*. [en línea].
<http://www.computing.es/Tendencias/200809020007/Ventajas-y-desventajas-de-las-soluciones-RFID.aspx>
[Consulta: enero de 2012].
5. Cs.cinvestav. *Sistema de Control de Acceso con RFID*. [en línea].
<http://www.cs.cinvestav.mx/TesisGraduados/2008/tesisJorgeAlvarado.pdf>. [Consulta: diciembre de 2011].
6. Cybertesis.uach.cl. *Estudio de factibilidad para implementar tecnología RFID en Biblioteca Miraflores*. [en línea].
<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2007/bmfcia452e/doc/bmfcia452e.pdf>. [Consulta: enero de 2012].

7. Dipole. *Soluciones de trazabilidad y RFID*. [en línea]. http://www.dipolerfid.es/tecnologia_RFID/normativas-legislacion/Default.aspx. [Consulta: diciembre de 2011].
8. Excelencialogistica.com. *Implementación RFID en la última milla de la cadena textil confección*. [en línea]. http://www.excelencialogistica.org/aguilas/interno/images/boletin_CLI_10/documentos/textiles_10.pdf. [Consulta: diciembre de 2011].
9. Iberware Ingeniería. *RFID Tipos de sistemas*. [en línea]. <http://www.iberwave.com/tiposdesistemas.html>. [Consulta: marzo de 2014].
10. Javeriana.edu.co. *Sistema de registro y control de salida de elementos mediante dispositivos RFID*. [en línea]. <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ingenieria/tesis10.pdf> [Consulta: diciembre de 2011]
11. Kimbaya. *RFID Solutions*. [en línea]. <http://www.kimbaya.com/es/noticias-eventos/58-sena-implementa-seguridad-rfid-uhf-en-bibliotecas>. [Consulta: marzo de 2014].
12. Libera. *Whitepaper Series. RFID: tecnología, aplicaciones y perspectivas*. [en línea]. http://www.libera.net/uploads/documents/whitepaper_rfid.pdf. [Consulta: enero de 2012].

13. Madrimasd. *Informe de vigilancia tecnológica Madrid; Tecnología de identificación por radiofrecuencia (RFID): aplicaciones en el ámbito de la salud.* [en línea]. http://www.madrimasd.org/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/vt/vt13_rfid.pdf. [Consulta: diciembre de 2011].
14. RFID-Magazine.com. *Implementación de RFID activa y Wi-Fi para la excelencia operativa en la industria del automóvil.* [en línea]. http://www.rfid-magazine.com/_images/2552/029_WiFi_Aeroscout.pdf. [Consulta: diciembre de 2011].
15. RFIDPOINT.com. *La comunidad de RFID en Latinoamérica.* [en línea]. <http://www.rfidpoint.com/fundamentos/impresoras-rfid/>. [Consulta: marzo de 2014].
16. RFIDPOINT.com. *La tecnología RFID: usos y oportunidades.* [en línea]. <http://www.rfidpoint.com/regiones-y-paises/europa/la-tecnologia-rfid-usos-y-oportunidades/>. [Consulta: enero de 2012].

