

Universidad Austral de Chile
Facultad de Ciencias de la Ingeniería
Escuela de Electricidad y Electrónica



ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA IMPLEMENTAR TECNOLOGÍA RFID EN BIBLIOTECA MIRAFLORES

**Trabajo de titulación para optar a
Título de Ingeniero Electrónico**

PROFESOR PATROCINANTE:
Sr. Néstor Fierro Morineau
Ingeniero Electrónico

Luis Antonio Almonacid Sáez

VALDIVIA – 2007

Sr. Néstor Fierro Morineaund
Profesor Patrocinante

Srta. Edith Hernández Meza
Profesor Informante

Sr. Raúl Urra Ríos
Profesor Informante

Fecha Examen de Titulación: _____

Dedicatoria

Dedico esta tesis a las personas más importantes y especiales, que esta vida me ha regalado.

A mis padres

Elena Sáez Inayao y Luis Almonacid Huenchur

Hoy doy gracias a DIOS por tenerlos conmigo y el poder dedicarles este triunfo que ha sido tanto esfuerzo de ustedes como mío. Gracias por el apoyo incondicional que me han brindado en estos años, gracias por estar en los momentos de felicidad y dificultad, por hacerme sentir que me quieren y que los merezco... mil gracias.

A mis hermanos:

Ximena y Pablo

Quienes a pesar de la distancia siempre los sentí cercanos, y de ellos siempre obtuve una voz de apoyo y confianza por lo que hacía. Gracias hermanos por todos los momentos vividos.

A Cristina:

Por el apoyo, el amor y la compañía brindada, tanto en los momentos difíciles como en la cantidad de momentos hermosos que vivimos durante estos años, que estuvimos en la universidad. Especialmente te agradezco por los sacrificios realizados, por tu tremenda paciencia y comprensión, y por querer compartir cada momento de tu vida, junto a mí.

Es de esperar que este sólo sea el inicio de un largo caminar... te quiero mucho.

A ustedes, que sin saber como se llamen siempre he sentido su presencia y apoyo, y que me ha permitido desarrollar una fuerza y capacidad que no creí tener, con mucho amor... muchas gracias.

Agradecimientos

Agradezco a mi profesor patrocinante Néstor Fierro Morineau, académico del Instituto de Electrónica, y a la bibliotecóloga Edith Hernández de la Biblioteca de Ingeniería, por darme la oportunidad de realizar este proyecto junto a ustedes. Darles las gracias por la disposición y ayuda entregada, que me permitió llevar a buen término este trabajo de titulación.

A mis amigos y compañeros de siempre, gracias por todos aquellos momentos que hemos vivido y compartido a lo largo de estos años. Un agradecimiento especial para: Paula, Guisella, Marchelo, Jano (chato), Adriana, Tania, Marcela, Rodrigo, Ivet, Katy, Renato, Alex, Carlos Vallejos, Sebastián y Valeska.

A aquellas personas y familias que me acogieron en su hogar con amor y sencillez, durante este tiempo de vida universitaria. A la familia Sandoval Irureta, a la familia Fritz Klagges, a los hermanos ADSIS, a la familia Pacheco, a la familia Gacitúa Lovera, a la tía Maria Luisa Contreras y abuela Pilar Asenjo, a Sonia Blanco Werner de Puerto Varas, a la familia Villouta de Temuco y a la familia Vergara Hinostroza de Purranque.

A la Pastoral Universitaria, por contar con un espacio donde conocí y compartí inolvidables momentos con gente maravillosa. Me dio la oportunidad para desenvolverme en lo que más me apasiona, la música; y a través de ella me hizo estar mucho más cerca de DIOS; ¿será porque como titula el disco de Tere Larraín “cantar es rezar dos veces”?

Mis agradecimientos se hacen extensivos a las personas que me recibieron gratamente en mi visita realizada a las bibliotecas con tecnología RFID y que fueron parte de este trabajo de titulación. A la señorita Rosa Leal, Jefa de Servicio al Público de la biblioteca de la Facultad de Ciencias y Matemáticas de la U. de Chile. Al señor Cristian Maturana M., Coordinador de Recursos Informáticos de la Biblioteca Pública de Santiago. Y a la señorita Jeannette García, Bibliotecaria encargada de Referencia en hemeroteca de la biblioteca de la Facultad de Filosofía y Humanidades de la U. de Chile.

A DIOS, gracias por haber sido mi mejor amigo y compañero en estos años. Por haber estado en los momentos más difíciles y felices que viví. Gracias también por haberme iluminado en la oscuridad y por abrirme las puertas hacia la luz del futuro...

INDICE

DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTOS.....	IV
INDICE.....	V
RESUMEN.....	X
SUMMARY.....	XI
INTRODUCCIÓN.....	XII
OBJETIVOS.....	XIII
 1. CAPITULO I: SISTEMAS DE IDENTIFICACIÓN AUTOMÁTICA.....	 I
1.1 GENERALIDADES.....	I
1.2 SISTEMA DE CODIGO DE BARRAS.....	02
1.3 RECONOCIMIENTO ÓPTICO DE CARACTERES.....	03
1.4 PROCEDIMIENTOS BIOMÉTRICOS.....	04
1.5 TARJETAS INTELIGENTES (SMART CARDS).....	04
1.6 SISTEMAS RFID.....	05
1.7 COMPARACIÓN DE LOS DIVERSOS SISTEMA DE IDENTIFICACIÓN.....	06
1.7.1 Código de Barras vs. RFID.....	07
 2. CAPITULO II: IDENTIFICACIÓN POR RADIOFRECUENCIA (RFID).....	 VIII
2.1 ¿QUÉ ES UN SISTEMA RFID?.....	VIII
2.2 EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS RFID.....	12
2.3 ELEMENTOS DE UN SISTEMAS RFID.....	15
2.3.1 Transponder.....	15
2.3.1.1 Alimentación.....	16
2.3.1.2 Frecuencia y Velocidad de Transmisión.....	17
2.3.1.3 Formas y Dimensiones.....	18
2.3.1.4 Costo.....	19
2.3.2 Lectores.....	19
2.4 RANGOS DE FRECUENCIA.....	22
2.5 CRITERIOS DIFERENCIALES EN SISTEMAS RFID.....	25

2.5.1	Frecuencia de Operación.....	25
2.5.2	Rango de Alcance.....	26
2.5.3	Requisitos de Seguridad.....	27
2.5.4	Capacidad de Memoria.....	28
3.	CAPITULO III: RFID EN LA FRECUENCIA 13.56 MHZ.....	XXIX
3.1	INTRODUCCIÓN.....	XXIX
3.2	PRINCIPIO DE OPERACIÓN.....	XXIX
3.2.1	Etiquetas Típicas.....	31
3.2.1.1	<i>Formas Existentes</i>	31
3.2.1.2	<i>Funcionalidad</i>	32
3.2.2	Tipos de Lector.....	32
3.2.3	Funcionamiento.....	33
3.3	PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE UN SISTEMA RFID A 13.56 MHZ.....	34
3.3.1	Acoplamiento Inductivo.....	36
3.3.2	Transferencia de Datos entre Transponder y Lector.....	38
3.3.2.1	<i>Load Modulation</i>	38
3.3.2.2	<i>Load Modulation con Subportadora</i>	39
3.3.3	<i>Subarmónicos</i>	41
3.4	CÓDIFICACIÓN Y MODULACIÓN.....	42
3.4.1	Codificación en Banda Base.....	43
3.4.2	Modulaciones Digitales Usadas.....	46
3.4.3	Modulaciones que usan Subportadora.....	47
3.5	SEGURIDAD: ENCRIPTACIÓN DE DATOS.....	48
3.5.1	Criptografía de Clave Secreta o Simétrica.....	49
3.5.2	Algoritmo DES.....	50
3.5.3	IDEA (International Data Encryption Algorithm).....	51
3.5.4	Criptografía de Clave Pública o Asimétrica.....	51
3.6	CONTROL DE ERRORES.....	52
3.6.1	Control de Paridad.....	53
3.6.2	Método LRC.....	53
3.6.3	Método CRC.....	53
3.7	MULTIACCESO: ANTICOLISIÓN.....	54
3.7.1	Acceso Múltiple por División de Espacio (SDMA).....	57
3.7.2	Acceso Múltiple por División de Frecuencia (FDMA).....	58
3.7.3	Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA).....	59

3.7.4 Ejemplos de Métodos Anticolisión.....	61
3.7.4.1 Método ALOHA.....	61
3.7.4.2 Algoritmo de búsqueda binaria.....	64
3.7.4.3 Algoritmo de búsqueda binaria dinámica.....	70
3.8 PRINCIPIO FISICOS DE LOS SISTEMAS RFID.....	72
3.8.1 Campo Magnético H	73
3.8.2 Campo Magnético H en Espiras.....	75
3.8.3 Flujo Magnético y Densidad del Flujo Magnético.....	77
3.8.4 Inductancia L	78
3.8.5 Inductancia Mutua M	80
3.8.6 Coeficiente de Acoplamiento k	81
3.8.7 Ley de Faraday.....	81
3.8.8 Resonancia.....	83
3.8.9 Funcionamiento Práctico de los Transponders.....	84
3.8.10 Sistema Transponder-Readers.....	88
3.8.11 Ondas Electromagnéticas.....	89
3.8.12 Densidad de Radiación.....	90
3.8.13 Polarización.....	92
3.8.14 Reflexión en Ondas Electromagnéticas.....	93
3.8.15 Antenas.....	93
4. CAPITULO IV: SISTEMA RFID PARA BIBLIOTECAS.....	XCVI
4.1 INTRODUCCIÓN.....	XCVI
4.2 SISTEMA DE BIBLIOTECA INTELIGENTE ILS.....	XCVI
4.2.1 Descripción del Sistema.....	XCVI
4.2.2 Circuito de Circulación Inteligente (ICC) o Etiquetas o RFID.....	98
4.2.3 Estación de Auto-prestamo (<i>Patron Self-Checkout Station</i>).....	99
4.2.4 Sensores Inteligentes.....	100
4.2.5 Estación de Trabajo o de Lectura del Personal.....	101
4.2.6 Lector de Inventario Portátil.....	102
4.2.7 Servidor de Aplicación.....	104
4.2.8 Estación de Programación de Etiquetas RFID.....	105
4.2.9 Como Trabaja el Sistema.....	105
4.2.9.1 Solicitando un Artículo en la Estación de Autopréstamo.....	105
4.2.9.2 Solicitando un Artículo en la Estación de Circulación de Trabajo.....	105
4.3 ESTÁNDAR Y PROTOCOLOS.....	107

4.3.1	Standard RFID en Bibliotecas.....	107
4.3.2	NCIP & SIP	107
4.3.3	CONFIGURACIÓN COMÚN DE UNA NETWORK RFID.....	109
4.4	PROVEEDORES DE TECNOLOGÍA RFID PARA BIBLIOTECAS.....	112
5.	CAPITULO V: APLICACIÓN DE RFID EN BIBLIOTECAS.....	CXV
5.1	INTRODUCCIÓN.....	CXV
5.2	BIBLIOTECAS CON SISTEMAS RFID.....	CXV
5.2.1	Estudio de Implementaciones en el Extranjero.....	116
5.2.1.1	<i>Biblioteca Pública de Munich</i>	116
5.2.1.2	<i>Biblioteca Hauptbücherei Wien</i>	117
5.2.2	Estudio de Casos en Chile.....	118
5.2.2.1	<i>Biblioteca Pública de Santiago</i>	119
5.2.2.2	<i>Biblioteca de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas (FCFM) de la Universidad de Chile</i>	121
5.2.2.3	<i>Biblioteca Central de la Facultad de Filosofía y Humanidades de la Universidad de Chile</i>	123
6.	CAPITULO VI: DESCRIPCIÓN Y FACTIBILIDAD DE UNA IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍA RFID.....	CXXVI
6.1	INTRODUCCIÓN.....	CXXVI
6.2	BIBLIOTECA PERIFÉRICA DEL CAMPUS MIRAFLORES.....	CXXVI
6.2.1	Descripción General.....	CXXVI
6.2.2	Sistema de Gestión.....	129
6.2.3	Sistema de Seguridad.....	130
6.2.4	OPACs y el Protocolo z39.50.....	132
6.2.5	Pérdida de Libros.....	133
6.3	PROPUESTA DE INCORPORACIÓN DE UN SISTEMA RFID.....	135
6.3.1	Introducción.....	135
6.3.2	Descripción General del Nuevo Sistema.....	136
6.3.3	Descripción de la Sala Piloto RFID.....	137
6.3.4	Funcionamiento del Nuevo Sistema.....	140
6.3.5	Ventajas y Desventajas.....	142
6.3.6	Etapas del Proyecto.....	144

6.3.7	Requerimientos del Nuevo Sistema.....	146
6.3.7.1	<i>Equipo Humano de Trabajo.....</i>	147
6.3.7.2	<i>Instalación Física.....</i>	148
6.3.7.3	<i>Estación de Trabajo para el Personal de Biblioteca (Circulación).....</i>	151
6.3.7.4	<i>Etiquetas de Radiofrecuencia.....</i>	153
6.3.7.5	<i>Sistema de Inventario.....</i>	154
6.3.7.6	<i>Sistema de Seguridad.....</i>	155
6.3.7.6.1	<i>Seguridad cuando la biblioteca está cerrada.....</i>	155
6.3.7.6.2	<i>Seguridad cuando la biblioteca está abierta.....</i>	156
6.3.7.6.2.1	<i>Torniquetes y Sistema antihurto (puertas de seguridad)..</i>	156
6.3.7.6.2.2	<i>Circuito cerrado de televisión.....</i>	157
6.3.8	Consideraciones Fundamentales.....	158
6.3.8.1	<i>Frecuencia.....</i>	159
6.3.8.2	<i>Estándares.....</i>	159
6.3.8.3	<i>Protocolos de Comunicación.....</i>	159
6.3.9	Costos de Implementación.....	160
6.3.9.1	<i>Costos de equipamiento RFID e Instalación.....</i>	160
6.3.9.2	<i>Costos del Sistema de Seguridad e Instalación.....</i>	161
6.3.9.3	<i>Costos de Remodelación.....</i>	162
6.3.9.4	<i>Costos Contratación Personal Administrativo.....</i>	162
6.3.9.5	<i>Costos Adicionales.....</i>	162
6.3.9.6	<i>Costos Totales.....</i>	163
6.4	CÁLCULO DE REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS.....	164
6.5	RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN.....	166
7.	CAPITULO VII: CONCLUSIONES.....	CLXIX
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	172
	REFERENCIAS ELECTRÓNICAS.....	174
	ANEXO 1.....	175

Resumen

El presente trabajo de titulación, dio respuesta básicamente a dos objetivos. En primer lugar, investigar detalladamente los aspectos técnicos y las partes constitutivas del sistema RFID con aplicación en bibliotecas. Y en segundo lugar, realizar los estudios necesarios para determinar la factibilidad de una futura implementación de esta tecnología en la biblioteca del Campus Miraflores, de la UACH.

El desarrollo de la tesis, describe y compara técnicamente la tecnología RFID con su antecesora, el código de barras. Se analizó el funcionamiento técnico de la tecnología RFID en la frecuencia de 13.56 MHz, logrando identificar su modo de acoplamiento (lector/etiqueta), codificación, modulación y principalmente el sistema anti-colisión usado por estas etiquetas pasivas.

La información presentada proviene de una amplia gama de fuentes, donde destacan principalmente las entrevistas realizadas en las diferentes bibliotecas chilenas en que se ha implementado el sistema de identificación RFID. Además se revisaron publicaciones especializadas en tecnología RFID, manuales y material técnico del equipamiento necesario para construir un sistema de gestión con tecnología RFID.

Luego del amplio estudio realizado se logró plantear una estructura y una propuesta de implementación RFID para la biblioteca Miraflores, así, de esta manera, se entrega una solución al problema de las constantes pérdidas de libros desde estantería abierta. A su vez, se detallan los pasos necesarios a seguir para una implementación, se identifican las ventajas y desventajas del sistema, además se describen los costos asociados y el tiempo de recuperación de la inversión de esta propuesta.

Summary

The present work of degree, gave answer to two objectives basically. In the first place, to in details investigate the technical aspects and the constituent parts of system RFID with application in libraries. And secondly, to make the studies necessary to determine the feasibility of a future implementation of this technology in the library of the Miraflores Campus, the UACH.

The development of the thesis, describes and compares technology RFID with its predecessor, the bar code technically. The technical operation of technology RFID in the frequency of 13,56 MHz was analyzed, having obtained to identify its way of connection (reader/labels), codification, modulation and mainly the collision avoidance system used by these passive labels.

The presented information comes from an ample range of sources, where they mainly emphasize the interviews made in the different Chilean libraries in that the system of identification RFID has been implemented. In addition publications specialized in technology RFID, manual and technical equipment of the equipment necessary were reviewed to construct a system of management with technology RFID.

After made a wide study it was managed to raise a structure and a proposal of implementation RFID for the Miraflores library, thus, this way, a solution to the problem of the constant losses of books is given from open bookcase. As well, the steps necessary are detailed to follow for an implementation, identify the advantages and disadvantages of the system, in addition associate are described to the costs and the time of recovery of the investment of this proposal.

Introducción

La Identificación por Radio Frecuencia RFID (*Radio Frequency Identification*), es una tecnología de identificación automática similar a la tecnología del Código de Barras, pero utiliza ondas de radio para capturar los datos electrónicos contenidos en una etiqueta. Una de las características particulares de esta tecnología es que no requiere que la etiqueta sea vista para leer la información contenida en ella.

Muchas bibliotecas alrededor del mundo han implementado el sistema RFID para acelerar la devolución y el préstamo de materiales, así como las aplicaciones de inventario y seguridad.

Las etiquetas inteligentes de bajo costo y flexibles son insertadas en libros de manera que éstas permanezcan invisibles ante los ojos de los usuarios. El bibliotecario puede registrar el préstamo de docenas de libros en pocos segundos, sin tener que manipular y orientar manualmente cada artículo. Además, las etiquetas pueden ser usadas para detectar hurtos, de manera similar a la tecnología contra robos que utilizan actualmente las bibliotecas.

La actual tesis buscará entregar una propuesta cierta, en base a la tecnología de identificación por radiofrecuencia RFID, para solucionar el actual inconveniente de la biblioteca Miraflores de la Universidad Austral de Chile (UACH), la constante pérdidas de libros desde estantería abierta. Es por ello, que este estudio se centrará específicamente en este tipo de aplicación, no considerando las variadas opciones existentes para otro tipo de aplicaciones.

Finalmente, la metodología de trabajo consistirá en desarrollar una investigación exhaustiva del tema a tratar, a través de una recopilación de material bibliográfico capaz de responder a todos los objetivos planteados. Realizando un análisis de la información y estructuración de la misma, pudiendo llegar así a las más óptimas conclusiones.

Objetivos

OBJETIVOS GENERALES

- Investigar detalladamente los aspectos técnicos del sistema de Identificación por Radiofrecuencia (RFID) utilizada en bibliotecas.
- Realizar los estudios necesarios para obtener la factibilidad de una futura implementación de esta tecnología en la biblioteca del Campus Miraflores, de la Universidad Austral de Chile, en la ciudad de Valdivia.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Averiguar que otras tecnologías son parte del sistema de Identificación Automática.
- Comparar técnicamente la tecnología RFID con su antecesora, el código de barras.
- Conocer y analizar los aspectos técnicos de la tecnología inalámbrica RFID.
- Investigar el funcionamiento técnico de la tecnología RFID en la frecuencia de 13.56 MHZ, logrando descubrir su modo de acoplamiento (lector/etiqueta), codificación, modulación y principalmente el sistema anti-colisión usado por estas etiquetas pasivas.
- Definir y entregar los lugares de mundo donde se ha instalado esta nueva tecnología.
- Investigar los pasos necesarios a seguir para la implementación en bibliotecas.
- Identificar las ventajas y desventajas del sistema RFID a la hora de ser implementada.

Capítulo I. Sistemas de identificación automática

1.1 Generalidades

Los sistemas de identificación se emplean para el manejo de información relativa a las personas y a los objetos. Para tal efecto se utilizan formas de registro magnético, óptico, sonoro e impreso.

Generalmente, estos sistemas requieren de dos componentes fundamentales: un elemento codificado que contiene la información (léase, datos procesados siguiendo alguna norma o patrón preestablecido) y un elemento con capacidad de reconocer la información.

Posteriormente, el equipo lector se comunica con una computadora donde se realizan diversos procesos; en primer lugar, los datos son decodificados, esto es, se transforman en información entendible para la computadora. A continuación, la información es verificada, comparada y aceptada para luego realizar alguna decisión lógica.

De manera cotidiana los sistemas de identificación de personas pueden ser diversos para el acceso a una cuenta en un banco, a un área restringida, a una computadora, a una línea telefónica, a una empresa, a su casa, a los controles remotos, a las tarjetas de crédito, entre otros. Gracias a que los sistemas modernos son automáticos, los procesos se agilizan, se cometen menos errores y en consecuencia se incrementa la confiabilidad y la eficiencia.

Estos sistemas también son empleados para la identificación de objetos o artículos (también llamados en inglés "ítems") sobre todo cuando se destinan a usos comerciales. Cuanto mayor es la diversificación, esto es, cuando el número de artículos rebasa la capacidad de clasificación humana, más necesaria es la identificación exacta del producto. De tal manera que el industrial, el comerciante, distribuidor y cliente, conocidos como los elementos integradores de los canales de distribución, puedan reconocer algunas características del producto como su lugar de origen, ubicación y destino, costo y precio de venta, verificación y control, contabilidad y administración, estadísticas e inventarios (Medina 2005).

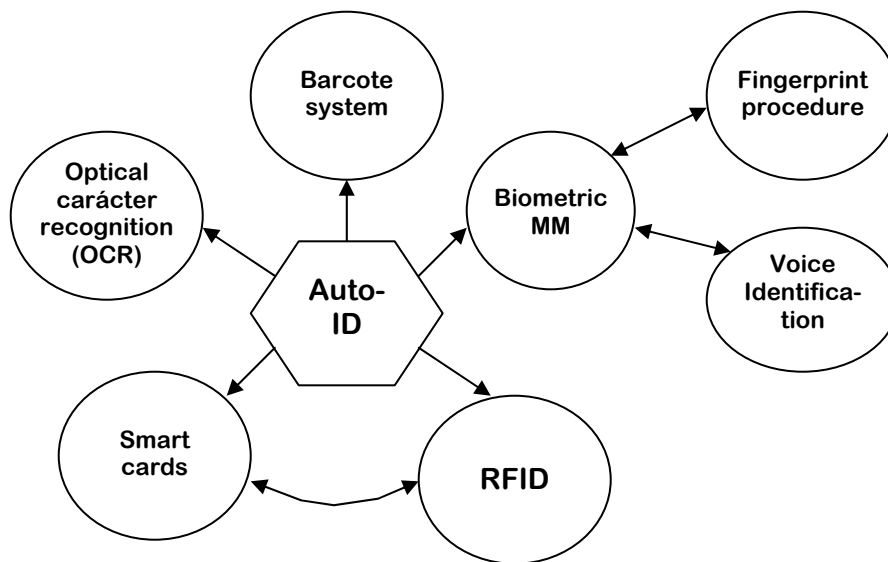


Figura 1. Esquemas de los sistemas más importantes de auto-identificación.
FUENTE: Elaboración propia, 2006.

1.2 Sistema de códigos de barras

Es el sistema de identificación más utilizado. El código de barras es un código binario comprendido por una serie de barras y espacios configurados paralelamente. El diseño de estos campos representa datos relacionados con un elemento. La secuencia puede ser interpretada de forma numérica o alfanumérica. Esta secuencia es leída por un scanner óptico láser, que se basa en la diferente reflexión que sufre la luz del láser en las barras negras o en los espacios en blanco. En la FIGURA 2 podemos ver un clásico código de barras que se le incorpora el número ISBN (International Standard Book Number).



Figura 2. Código de barras con el ISBN de un producto.
FUENTE: www.education.nic.in

El más popular de todos estos sistemas de código de barras es el código EAN (European Article Number), el cual se diseñó especialmente para el sector de la alimentación. Este código es una evolución del UPC (Universal Product Code) estadounidense, el cuál fue introducido en EEUU antes de 1973. Actualmente los dos códigos son totalmente compatibles. El código EAN está formado por 13 dígitos: el identificador del país, el identificador de la empresa, el número de manufactura y el denominado “check digit”. Aparte del EAN, existen diversos sistemas de código de barras en otros campos industriales como el código Codabar, en el sector médico, el código 2/5 utilizado en la industria del automóvil, contenedores de barcos, industria pesada en general o el código 39, usado en procesos industriales, logísticos o librerías. Podemos ver la estructura de un código de barras con código EAN en la FIGURA 3.

Country Identifier		Company identifier					Manufacturer's item number					CD
4	0	1	2	3	4	5	0	8	1	5	0	9
FRG		Company Name 1 Road Name 80001 Munich					Chocolate Rabbit 100g					

Figura 3. Ejemplo de una estructura del código de barras en código EAN.
FUENTE: Elaboración propia, 2006.

1.3 Reconocimiento óptico de caracteres

El sistema óptico denominado OCR (Optical Character Recognition) fue usado por primera vez en la década de los 60. Mediante estos sistemas se reconocen caracteres impresos y cuya forma constituye la información que se desea procesar. La lectura se efectúa automáticamente mediante un haz de luz y se interpretan o convierten a través de procedimientos matemáticos en información digital (señal discreta), analógica (señal continua) o ASCII (American Standard Code for Information Interchange Norma Americana para la Codificación e Intercambio de Información). Este último código es el que sirve (con algunas variaciones) como medio de comunicación en el mundo de las computadoras.

La lectura de la información se produce por contacto o a distancia, el haz de luz puede ser visible o no (infrarrojo), estático o móvil, la fuente de luz puede ser policromática (incandescente) o coherente; como un láser, de estado sólido (diodos fotoemisores LED) o gaseoso (helio-neón).

1.4 Procedimientos biométricos

Son sistemas que identifican personas por comparación de unas características individuales y comparándola con una característica física que es individual y que no admite equivocación. Podemos hablar de sistemas identificadores por huella dactilar, identificación por voz y en menor número identificador por retina.

1.5 Tarjetas inteligentes (Smart Cards)

Una smart card, es un sistema de almacenamiento electrónico de datos, con una adicional capacidad para procesar dichos datos (microprocessor card). Por conveniencia está instalado dentro de una tarjeta de plástico del tamaño de una tarjeta de crédito. Las primeras smart cards se lanzaron en 1984 como tarjetas telefónicas. El contacto con el lector proporciona la alimentación y un pulso de reloj. La transferencia de datos entre el lector y la tarjeta suele usar una interfaz serie bidireccional (puerto E/S). Una de las principales ventajas de las tarjetas inteligentes es la facilidad de almacenaje de información, así como la protección que posee de posibles accesos indeseados. Son seguras y baratas.

Es posible diferenciar dos tipos de smart card según su funcionamiento interno: "memory card" y "microprocessor card". En las memory card, usualmente una EEPROM se accede usando una secuencia lógica, máquina de estados. Tiene unos sencillos algoritmos de seguridad y una funcionalidad específica para cada aplicación. Estas tarjetas son muy limitadas en lo que a funcionalidad se refiere, pero lo suplen con un coste mínimo.

Las tarjetas con microprocesadores, tienen éstos conectados a segmentos de memoria (ROM, RAM y EEPROM). Los que tienen ROM incorporan un sistema operativo para el

microprocesador insertado durante su fabricación. No puede ser modificado posteriormente. La RAM, zona donde el microprocesador trabaja con la memoria temporalmente, los datos almacenados son borrados cuando se desconecta la alimentación. La EEPROM contiene datos de la aplicación y de los programas que gestionan la aplicación. Se modifican mientras se opera con ella. Son tarjetas muy flexibles, que pueden realizar más de una aplicación.

1.6 Sistemas RFID

RFID (siglas de Radio Frequency IDentification, en español Identificación por Radiofrecuencia) es un método de almacenamiento y recuperación de datos remoto que usa dispositivos denominados etiquetas o tags RFID.

Una etiqueta RFID es un dispositivo pequeño, como una pegatina, que puede ser adherida o incorporada a un producto, animal o persona. Las etiquetas RFID contienen antenas para permitirles recibir y responder a peticiones por radiofrecuencia desde un emisor-receptor RFID. Las etiquetas pasivas no necesitan alimentación eléctrica interna, mientras que las etiquetas activas sí lo requieren.

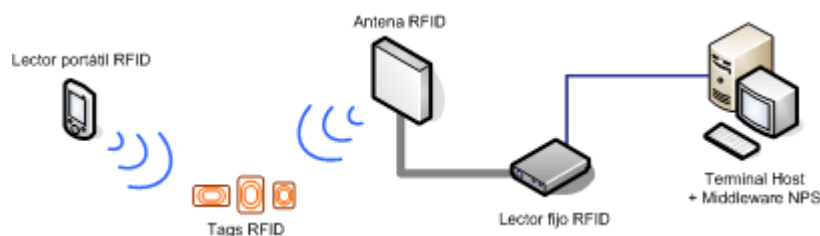


Figura 4: Diagrama de un sistema RFID
FUENTE: www.nextpoint.com, 2006.

La tecnología RFID usa señales de radio de baja potencia para intercambiar datos de manera inalámbrica entre chips y lectores/codificadores (FIGURA 4). No se requiere ninguna línea de visión entre el tag y el dispositivo de lectura/escritura, lo cual elimina muchos de los requisitos de mano de obra y orientación de artículos asociados con otras formas de recolección de datos

automática. Los lectores RFID pueden reconocer y procesar simultáneamente cientos de tags dentro de sus campos de lectura.

Los requisitos de aplicación determinan los requisitos de frecuencia, memoria y rendimiento para los tags a ser utilizados. Otras consideraciones incluyen la globalidad del uso de los tags y las normas de interoperabilidad (si las hay) con las que debe cumplir el tag.

1.7 Comparación de los diversos sistemas de identificación

System parameters	Barcode	OCR	Voice Recog.	Biometry	Smart card	RFID systems
Typical data quantity (bytes)	1 - 100	1 -100	---	---	16 - 64 k	16 - 64 k
Data density	low	Low	Hight	Hight	Very hight	Very hight
Machine readability	Good	Good	Expensive	Expensive	Good	Good
Readability by people	Limited	Simple	Simple	Difficult	Impossible	Impossible
Influence of dirt/damp	Very hight	Very hight	---	---	Possible (contacts)	No influence
Influence of (opt.) covering	Total failure	Total failure	---	Posuble	---	No influence
Influence of direction and position	Low	Low	---	---	Unidirectional	No influence
Degradation / Wear	Limited	Limited	---	---	Contacts	No influence
Purchase cost / reading electronics	Very low	Medium	Very hight	Very hight	Low	Medium
Operating costs (e.g. printer)	low	Low	None	None	Médium (Contacts)	None
Unauthorised Copying / modifcation	Slight	Slight	Possible (audio tape)	Impossible	Impossible	Imposible
Reading speed (including Handing of data carrier)	Low 4s	Low 3s	Very low > 5 s	Very low > 5 - 10 s	Low 4 s	Very fast 0,5 s
Maximum distance between Data carrier and reader	0 - 50 cm	< 1 cm Scanner	0 - 50 cm	Direct contact	Direct contact	0 - 5 m microwave

Tabla 1: Comparación de los diferentes sistemas RFID con sus principales ventajas y desventajas.
FUENTE: Ciudad J., 2005.

7.1.1 Código de barras vs. RFID

Existen muchos tipos de tecnologías de identificación de objetos. Sin embargo, quizá la tecnología de identificación más usada sea también la más conocida: los códigos de barras. El código de barras se inventó hace más de 25 años y, durante este tiempo, ha sido la tecnología más utilizada por los comercios para identificar los productos en venta. Sin embargo, el código de barras tiene una serie de limitaciones:

- Necesita visibilidad para funcionar. Es decir, el código de barras debe ser visible ante el lector para que el producto pueda ser identificado (es lo que en inglés se denomina *line of sight*).
- El código de barras tradicionalmente identifica un tipo de producto, no una unidad de dicho producto. El código de barras X puede identificar botellas de agua, pero no puede identificar una botella en concreto. Esta no es una limitación inherente de la tecnología, pero normalmente los sistemas de código de barras no se utilizan como identificadores únicos.
- Un código de barras se daña o se rompe fácilmente, porque normalmente se adhiere a la superficie del producto y no forma parte de él (como sí puede formar parte un tag), y si se rompe no puede ser leído.

La tecnología RFID supera estas limitaciones. Se trata de una tecnología radial (es decir, no es necesario que el tag y el lector estén cara a cara, pues funcionan en un radio de acción determinado), puede identificar productos en concreto y no sólo tipo de productos y, finalmente, los dispositivos son muy resistentes y normalmente forman parte del producto o se colocan bajo de una superficie protectora.

La tecnología RFID no es nueva. De hecho, nació durante la Segunda Guerra Mundial. Sin embargo, el alto costo dificultó su utilización por parte de empresas y particulares. Actualmente, los costos se han reducido y ahora puede utilizarse en productos individuales. Dentro de unos años, estará al alcance de todo aquel que quiera usarla (IDTrack, 2006).

Capítulo II. Identificación por radiofrecuencia (RFID)

2.1 ¿Qué es un sistema RFID?

Un sistema de RFID¹ es la tecnología inalámbrica que nos permite, básicamente, la comunicación entre un lector y una etiqueta. Estos sistemas permiten almacenar información en sus etiquetas mediante comunicaciones de radiofrecuencia. Esta información puede ir desde un bit hasta varios Kbytes, dependiendo principalmente del sistema de almacenamiento que posea el transponder.

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

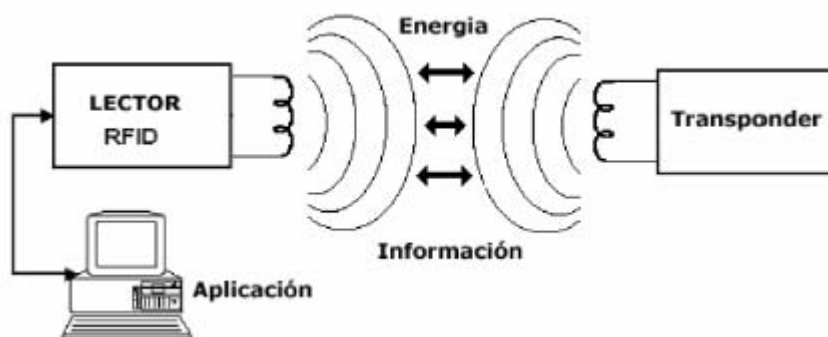


Figura 5: Esquema de un sistema RFID.
FUENTE: Ciudad J., 2005.

Un tag, transponder o etiqueta electrónica contiene un microchip y una antena, que puede adherirse a cualquier producto. Incluso se están desarrollando tags que son de un tamaño tan pequeño que pasarían inadvertidas en algunos objetos. El microchip almacena un número de identificación (una especie de matrícula única de dicho producto). Hay varios tipos de esquemas

¹ RFID: Radio Frequency Identification (*Identificación por Radiofrecuencia*)

propuestos para estos números, como por ejemplo el Electronic Product Code (EPC), diseñado por Auto-ID Center. Podemos decir, que cada objeto tendrá un código único que lo diferenciará e identificará no sólo de otros tipos de productos, sino de productos iguales.

El funcionamiento del sistema, es a priori, bastante sencillo, como podemos observar en la FIGURA 5, el lector envía una serie de ondas de radiofrecuencia al tag, que son captadas por la micro-antena de éste. Dichas ondas activan el microchip, el cual, a través de la micro-antena y mediante ondas de radiofrecuencia, transmite al lector la información que tengan en su memoria. Finalmente, el lector recibe la información que tiene el tag y lo envía a una base de datos en la que previamente se han registrado las características del producto o puede procesarlo según convenga a cada aplicación.

La comunicación entre el lector y la etiqueta se realiza mediante señales de radiofrecuencia a una determinada frecuencia que generan las antenas de lector y etiqueta, estas frecuencias pueden ser iguales o pueden ser armónicos. La comunicación entre ellas tiene unas determinadas características de alcance, velocidad y seguridad según el rango de frecuencia, el tipo de antenas utilizadas, el tipo de etiquetas y demás parámetros que se pueden configurar para una aplicación u otra.

En equipos RFID nos podemos encontrar con sistemas anticolidión que permiten leer varias tarjetas al mismo tiempo. En caso de que varias tarjetas estén en el rango de alcance del interrogador y dos o más quieran transmitir al mismo tiempo, se produce una colisión. El interrogador detecta la colisión y manda detener la transmisión de las tarjetas durante un tiempo. Después irán respondiendo cada una por separado por medio de un algoritmo bastante complejo. Obviamente a mayor capacidad de la etiqueta y el lector, más efectivos serán estos algoritmos.

El funcionamiento de los dispositivos de RFID se realiza entre los 50 KHz y 2.5 GHz. Las unidades que funcionan a bajas frecuencias (50 KHz-14 MHz) son de bajo coste, corto alcance, y resistentes al "ruido" entre otras características. No se requiere de licencia para operar en este rango de frecuencia. Las unidades que operan a frecuencias más altas (14 MHz-2.5 GHz), son sistemas de mayor coste y tecnología más compleja. La carga electromagnética de una antena lectora de RFID es menos de una quinta parte de la que produce un teléfono móvil, lo

que significa que cinco antenas activas situadas cerca de una persona generan menos carga que un teléfono móvil; en la práctica, es muy improbable que una persona se sitúe cerca de una o más antenas activas a la vez, por lo que las emisiones electromagnéticas no son perjudiciales para la salud.

La etiqueta contiene información que puede ser sólo leída o puede permitir la escritura, dependiendo del tipo de memoria que posea el transponder. La mayor parte de los sistemas tienen memoria EEPROM². En algunos casos llevan datos grabados de fábrica y en otros se puede grabar por parte del usuario. El usuario habitualmente recibe esta información en un lector portátil con un display alfanumérico o puede pasar directamente a un ordenador que procese los datos obtenidos.

Para la creación de un sistema RFID hay que tener en cuenta diversos factores de diseño como el rango de alcance donde se puede mantener la comunicación, la cantidad de información que puede almacenar el transponder, la velocidad de flujo de datos que podemos obtener entre lector y etiqueta, el tamaño físico de la etiqueta, la habilidad del lector para mantener la comunicación con varias etiquetas a la vez o la robustez que ofrece la comunicación a posibles interferencias de materiales entre lector y etiqueta. Se debe tener en cuenta también el nivel de emisión para no sobrepasar las regulaciones impuestas en cada país, si existe una batería suplementaria para realizar la comunicación entre etiqueta y lector o la frecuencia portadora RF usada en la comunicación entre lector y transponder.

Los sistemas RFID tienen la ventaja de su total funcionamiento sin visibilidad directa entre lector y etiqueta. En este aspecto es donde claramente supera al código de barras y a otros sistemas ópticos. Pero debido a su coste, que aunque ha ido reduciéndose progresivamente siempre será superior al del código de barras, no se ha implementado en aplicaciones sencillas donde el código de barras sigue dominando el mercado. Pero, es en las aplicaciones donde el código de barras y la tecnología óptica es más limitada y no resultan efectivos, donde el crecimiento de la tecnología RFID es más notorio.

Los sistemas de RFID tienen multitud de aplicaciones. Pueden utilizarse como tarjetas identificadas sin contacto, un uso de este tipo se puede ver por ejemplo en las autopistas

² EEPROM: Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory

concesionadas, en Santiago de Chile, en las cuales los lectores están ubicados en los pórticos de acceso y cada vez que hacen contacto con el dispositivo TAG (que es una etiqueta de RFID activa) carga a la patente del vehículo el monto correspondiente por el uso. El Metro de Santiago es otro de los casos de éxito en el uso de RFID con su tarjeta Multivía, que permite al usuario obviar el uso de dinero y la compra permanente de boletos. La tarjeta Multivía cuenta con una etiqueta RFID pasiva y visible, que forma parte constituyente de la tarjeta; al ser aproximada a los lectores, ubicados en cada torniquete de acceso, la tarjeta va descontando automáticamente el valor correspondiente a la tarifa. Es más, todo nuestro transporte público en los próximos años (Transantiago) tiene considerado usar RFID como medio de pago (Maturana, 2006).

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

Está claro que estas aplicaciones pueden aportar muchas ventajas. Por ejemplo, poder conocer el historial médico de una persona inconsciente al instante con un lector que lleve el equipo médico, puede reducir el tiempo de acción y salvarle la vida. No obstante, no son pocas las personas e instituciones que se oponen a estas implementaciones en pro a una violación de la intimidad. El uso de un identificador RFID en los billetes de curso legal, provoca que alguien con un lector capaz de detectar estos transponders, pueda saber al instante el dinero que lleva encima una persona o que tenga en su casa.

Se intenta aplicar los sistemas en todos los procesos industriales, teniendo eso sí, un mayor peso en procesos logísticos, creándose así el concepto de trazabilidad. De esta forma podemos conocer como usuario, en el punto final de venta o en cualquier otro intermedio, toda la historia anterior del producto, así como todos los procesos de manufacturación por los que ha pasado. Marcas como *Codorniu* han experimentado de manera satisfactoria desde el año 2004 el uso de

esta tecnología en toda su cadena de fabricación y distribución. Esto resulta, sin duda, un avance para este sector, que ninguna otra tecnología había aportado hasta este momento.

2.2 Evolución de los sistemas RFID

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

Muy lejos están las primeras suposiciones de la existencia de un campo magnético en el estudio de imanes naturales, por parte de la cultura china en el primer siglo a.c. Fue a principio del siglo XIX cuando se comenzó a entender verdaderamente el concepto de electromagnetismo. Personajes como Maxwell, Hertz, Marconi, etc. contribuyeron con sus inventos y descubrimientos a ello. Posteriormente a principios del siglo XX la generación y la transmisión de ondas de radio y la aparición del radar, basado en ondas de radio que rebotan sobre un objeto localizándolo, son el fundamento sobre el que se constituyen el concepto de sistemas de identificación por radiofrecuencia ó RFID.

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

Fue en la década de los 50 cuando la tecnología de RFID siguió un proceso de desarrollo similar al que experimentaron la radio y el radar en las décadas anteriores. Diferentes sectores de la tecnología RFID se vieron impulsados, entre ellos los sistemas con transponders de largo alcance, especialmente los conocidos como "identification, friend or foe" (IFF) usado en la industria aeronáutica. Trabajos como los creados por F.L Vernon "Application of microwave homodyne" y por D.B. Harris "Radio transmisión systems with modulatable passive

responder" fueron determinantes para que la tecnología RFID dejase de ser una idea y se convirtiese en una solución.

La década de los 60 se pueden considerar como el preludio de la explosión que se producirá en la siguiente década. Se realizaron numerosos artículos, y la actividad comercial en este campo comenzó a existir. El primer sistema que fue usado era el EAS (Electronic Article Surveillance) para detectar robos en grandes almacenes. El sistema era sencillo con un único bit de información, para detectar la etiqueta o no, dentro del radio de acción del lector y hacer sonar una alarma acústica en caso de que una etiqueta no desactivada pasase por el alcance del lector. Típicamente son dos lectores ubicados de tal forma que el cliente tenía que pasar entre ellos para salir el establecimiento. A pesar de sus limitaciones, era económico y efectivo. Su uso se comenzó a extender de manera rápida.

En los 70 se produjeron notables avances como los aportados por instituciones como Los Alamos Scientific Laboratory, Northwestern University y el Microwave Institute Foundation sueco. Al principio de esta década se probaron varias aplicaciones para logística y transporte, como las usadas por el puerto de New York y New Jersey, aplicaciones para el rastreo de automóviles. Pero las aplicaciones en el sector logístico todavía no estaban listas para una inserción completa en el mercado. En esta década hubo un gran desarrollo técnico de los sistemas, sobretodo enfocado a aplicaciones de seguimiento de ganado, vehículos y automatización industrial. Basados en microondas en los EEUU y sistemas inductivos en Europa. La creación de nuevas empresas dedicadas a la tecnología RFID aumentaba continuamente, era un signo positivo del potencial que tenían los sistemas RFID.

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

En los primeros años de los 90 se inició el uso en EEUU del peaje con control electrónico, autopistas de Houston y Oklahoma incorporaban un sistema que gestionaba el paso de los vehículos por los pasos de control. En Europa también se investigó este campo y se usaron

sistemas de microondas e inductivos para controles de accesos y billetes electrónicos. Un nuevo avance en el mundo del automóvil vino con la tecnología RFID de la mano de Texas Instruments (TI), un sistema de control de encendido del automóvil. Apareció también un sistema de Philips que permitía la gestión del encendido, control del combustible, y control de acceso al vehículo entre otras acciones. Aplicaciones para autopistas y billetes electrónicos se fueron extendiendo por Asia, África, Suramérica y Australia. A partir de aquí el éxito de la tecnología RFID en estos campos hizo que se aplicaran a otros segmentos económicos. Fue en Dallas por primera vez cuando con un solo tag era utilizado para el acceso a una autopista, al campus universitario, a diferentes garajes de la ciudad, incluido el del aeropuerto. El avance de la tecnología durante esta década fue rápido debido a los desarrollos tecnológicos en otros campos que permitían fabricar cada vez equipos más pequeños, con más memoria, con más alcance y abaratando su coste de fabricación apareciendo así nuevos usos hasta esa fecha descartados.

El futuro de RFID parece ser esperanzador, en un mundo basado en el poder de la información y donde cada vez se desecha más el cable, el radio de acción de esta tecnología parece ser bastante grande. El interés por el comercio virtual parece que tiene su principal valedor en estos sistemas en los que basar una correcta gestión de todo el proceso. Por ese motivo la FCC (Federal Communications Commission) escogió el espectro entorno de los 5,9 GHz para nuevos sistemas inteligentes de transporte y para las nuevas aplicaciones que necesiten. Pero para estas nuevas aplicaciones se necesita un gran desarrollo de la tecnología. El futuro de RFID parece alentador, pero, como todas las tecnologías necesita de los otros campos tecnológicos para avanzar (Ciudad, 2005).

Podemos resumir el avance que ha experimentado la tecnología RFID por décadas en la TABLA 2.

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

Tabla 2: Resumen de la evolución de la tecnología RFID.
FUENTE: Ciudad J., 2005.

2.3 Elementos de un sistema RFID

2.3.1 Transponder

La palabra transponder deriva del inglés de las palabras TRANSmitter/resPONDER, lo cual explica su funcionamiento. Los componentes básicos de un transponder los podemos distinguir en la FIGURA 6 y son:

- Una memoria no volátil donde se almacenan datos.
- Una memoria ROM donde se almacenan instrucciones básicas para el funcionamiento, como son temporizadores, controladores de flujo de datos, etc.
- También puede incorporar memoria RAM para almacenar datos durante la comunicación con el lector.
- La antena por la cual detecta el campo creado por el interrogador, y del que extrae energía para su comunicación con él.
- Restos de componentes electrónicos que procesan la señal de la antena y para el proceso de datos, como buffers, filtros, etc.

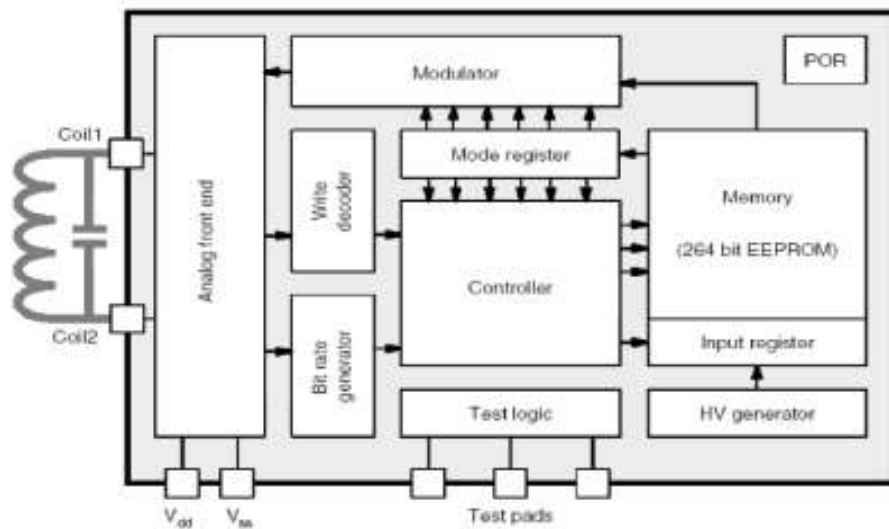


Figura 6: Esquema de un transponder de RFID.
FUENTE: Ciudad J., 2005.

2.3.1.1 Alimentación

Los transponders necesitan poca alimentación, del orden de los mW. Podemos diferenciar dos tipos de etiquetas dependiendo de la energía que utilizan para la comunicación:

- **Etiquetas activas:** son transponders que necesitan el apoyo de baterías adicionales, ya que no tienen suficiente energía con la que proporciona el lector. Este tipo de etiqueta tiene la ventaja de poseer un alcance mayor de comunicación e incluso no necesitan que el lector sea quién inicie la comunicación. Además, permiten habitualmente procesos de lectura y reescritura enviando previamente instrucciones al lector y la utilización de memorias más grandes (existen etiquetas con 1Mb de memoria). Por el contrario, ofrecen una vida útil limitada (menos de diez años), dependiendo del tipo de batería y de las temperaturas a las que opera. También hay que destacar que su coste es bastante elevado, su precio suele ser 5 veces más alto. De esta forma aparecen nuevas aplicaciones para sistema RFID gracias a este tipo de etiquetas alimentadas por baterías.

- **Etiquetas pasivas:** son transponders que no necesitan baterías adicionales, ya que únicamente se alimentan de la energía del campo generado por el lector. Para las etiquetas pasivas, la energía que necesitan para transmitir la información que contienen, proviene en su totalidad de la señal generada por el lector. Estas etiquetas aprovechan la energía suministrada por un lector para generar su propia señal que recibe nuevamente el lector.

	Memory (Bytes)	Write/read distance	Power consumption	Frequency	Application
ASIC#1	6	15 cm	10 μ A	120 kHz	Animal ID
ASIC#2	32	13 cm	600 μ A	120 kHz	Goods flow, access check
ASIC#3	256	2 cm	6 μ A	128 kHz	Public transport
ASIC#4	256	0.5 cm	<1 mA	4 MHz*	Goods flow, public transport
ASIC#5	256	<2 cm	~1 mA	4/13.56 MHz	Goods flow
ASIC#6	256	100 cm	500 μ A	125 kHz	Access check
ASIC#7	2048	0.3 cm	<10 mA	4.91 MHz*	Contactless chip cards
ASIC#8	1024	10 cm	~1 mA	13.56 MHz	Public transport
ASIC#9	8	100 cm	<1 mA	125 kHz	Goods flow
ASIC#10	128	100 cm	<1 mA	125 kHz	Access check

*Close coupling system.

Tabla 3: Gráfico del consumo de potencia de varios sistemas RFID la mínima es 1.8V y máx. 10V.
FUENTE: Finkenzeller, 2003.

2.3.1.2 Frecuencia y velocidad de transmisión

Las etiquetas también las podemos clasificar según el rango de frecuencias en el que opera, es decir, en que frecuencias se comunicará con el lector:

- LF (Low Frequency) en el rango de 120 KHz-134 KHz.
- HF (High Frequency) en el rango de 13.56 MHz.
- UHF (Ultra High Frequency) en el rango de 868-956 MHz.
- Microondas (Microwave) en el rango de 2,45 GHz, conocida como banda ISM (Industrial Scientific and Medical).

Una mayor frecuencia suele significar una mayor velocidad en la transmisión de datos, aunque también encarece el precio del sistema. Elegir el rango de frecuencia es uno de los parámetros

de diseño más importante a la hora de crear un sistema RFID, y se deberá adecuar a la aplicación diseñada.

Opciones de programación dependiendo del tipo de memoria de la que disponga el transponder, puede permitir sólo la lectura (programable una sola vez) y de múltiples lecturas, o de lectura/escritura. Los tags que sólo permiten lecturas suelen venir programados en su fabricación, generalmente con número de identificación. Ambos tipos pueden ser programados por el usuario.

2.3.1.3 Forma y dimensiones

Los transponders tienen diversas formas y tamaños, todo dependiendo de la aplicación a la cual están destinados. Actualmente se están fabricando de tamaño muy reducido, incluso la firma Hitachi, anunció que tenían la tecnología suficiente para incorporar a los billetes de curso legal un transponder que pasaría totalmente desapercibido. Claro está, que para otras aplicaciones industriales donde no se busca que pase desapercibido, se están usando etiquetas de un tamaño de 120x100x50 mm, como por ejemplo palees o contenedores. Los transponders que se utilizan para el control y localización de ganado tienen un tamaño inferior a 10 mm. Diversos fabricantes también afirmaron que se podría incluir en productos transponders que no podrían ser localizados fácilmente por el comprador, noticia que causó mucha polémica por la clara oposición realizada por las asociaciones de consumidores.

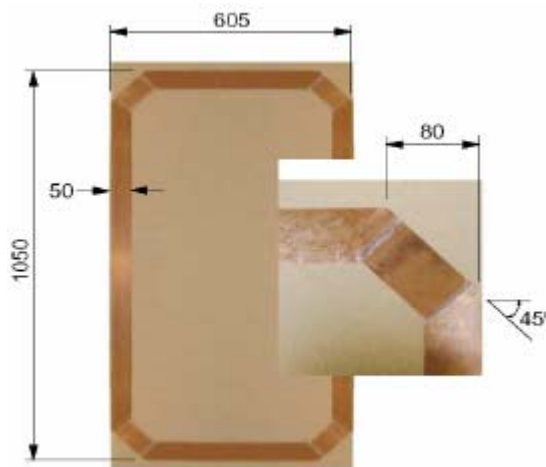


Figura 7: Detalle de un tag típico de aplicaciones logísticas, con las unidades expresadas en mm.
FUENTE: Ciudad J., 2005.

2.3.1.4 Costo

El costo de los transponder ha ido disminuyendo conforme avanza la tecnología. Esta claro que cuanto mayor capacidad de memoria y más complicación tenga su circuitería, mayor será su costo. Hay que tener en cuenta también que el encapsulado del transponder puede encarecer el precio de éste, ya que pueden trabajar en zonas como minas, metalúrgicas, donde reciben unas condiciones extremas de humedad y de temperatura. Por lo tanto, deben ser unos encapsulados muy resistentes, lo que suele conllevar un alto precio.

Los tags activos suelen ser más caros que los pasivos, así como los transponders que operan a una frecuencia más elevada son también, más caros.

2.3.2 Lectores

El otro elemento principal de un sistema RFID es el lector o interrogador.

Los lectores (readers) son los encargados de enviar una señal de RF para detectar las posibles etiquetas en un determinado rango de acción. En su fabricación se suelen separar en dos tipos:

- Sistemas con bobina simple, la misma bobina sirve para transmitir la energía y los datos. Son más simples y más baratos, pero tienen menos alcance.
- Sistemas interrogadores con dos bobinas, una para transmitir energía y otra para transmitir datos. Son más caros, pero consiguen mayores prestaciones.



Figura 8. Diseño interno de un lector que puede trabajar con dos frecuencias.
FUENTE: Ciudad J., 2005.

Los lectores son más complejos dependiendo del transponder, si son sofisticados, los componentes del interrogador tienen que ser capaces de acondicionar la señal, detectar y corregir errores. Además pueden trabajar a más de una frecuencia.

Una vez que se ha recibido toda la información por parte del lector, se pueden emplear algoritmos para no confundir la transmisión actual con una nueva, indicándole al tag que deje de transmitir. Se suele usar para validar diversos tags en un espacio corto de tiempo. Otro algoritmo usado por el lector, es ir llamando a los transponders por su número de identificación, indicándole de esta forma el tiempo en el que deben transmitir. Son mecanismos para impedir la colisión de información.

En las FIGURAS 9 y 10 podemos observar dos tipos de lectores de RFID.



Figura 9: Lector de mano de corto alcance que trabaja a la frecuencia de 900MHz.
FUENTE: Ciudad J., 2005.



Figura 10: Lector del fabricante SAMSys HF.
FUENTE: Samsys., 2005.

2.4 Rangos de frecuencia

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

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

Es particularmente importante asegurarse de que los sistemas RFID no interfieren con la televisión y la radio, los servicios de radio móviles (policía, seguridad, industria), las comunicaciones marinas y aeronáuticas y los teléfonos móviles. La necesidad de acomodar otros servicios de radio disminuye significativamente la variedad de frecuencias disponibles en las que podemos trabajar a la hora de implementar un sistema de RFID. Por este motivo, normalmente sólo es posible usar rangos de frecuencia que han sido reservados específicamente para aplicaciones industriales, científicas o médicas. Estas son las frecuencias clasificadas mundialmente como rangos ISM (Industrial Scientific Medical) o SRD y pueden también ser usadas para aplicaciones de identificación por radiofrecuencia.

En la TABLA 4 vemos algunos rangos de frecuencia usados en sistemas de RFID y sus principales características:

Rangos de frecuencia para sistemas de RFID		
Rango de frecuencia	Observaciones	Intensidad de campo / Potencia de TX.
< 135 kHz	Baja potencia. Acoplamiento inductivo.	72 dBuA/m
6.765 ... 6.795 MHz	Media frecuencia (ISM), acoplamiento inductivo.	42 dBuA/m
7.400 ... 8.800 MHz	Media frecuencia, usado sólo para EAS (Electronic Article Surveillance)	9 dBuA/m
13.553 ... 13.567 MHz	Media frecuencia (13.56 MHz, ISM), acoplamiento inductivo, ISO 14443, MIFARE, LEGIC..., smart labels (ISO 15693, Tag-It, I-Code,...) y control de artículos (ISO 18000-3).	42 dBuA/m
26.957 ... 27.283 MHz	Media frecuencia (ISM), acoplamiento inductivo, sólo aplicaciones especiales.	42 dBuA/m
433 MHz	UHF (ISM), acoplamiento por backscatter, raramente usado para RFID.	10 ... 100 mW
868 ... 870 MHz	UHF (SRD), acoplamiento por backscatter, nueva frecuencia, sistemas bajo desarrollo.	500 mW, sólo Europa
902 ... 928 MHz	UHF (SRD), acoplamiento por backscatter, varios sistemas.	4 W - espectro ensanchado, sólo USA/Canadá.
2.400 ... 2.483 GHz	SHF (ISM), acoplamiento por backscatter, varios sistemas, (identificación de vehículos: 2.446 .. 2.454 GHz)	4 W - espectro ensanchado, sólo USA/Canadá, 500 mW. Europe
5.725 ... 5.875 GHz	SHF (ISM), acoplamiento por backscatter, raramente usado para RFID.	4 W USA/Canadá, 500 mW Europa

Tabla 4: Rangos de frecuencia para RFID.
FUENTE: Ciudad J., 2005.

Como podemos ver en el FIGURA 11 la banda ISM (Industrial Scientific Medical) recoge un amplio grupo de frecuencias que se pueden usar en los sistemas de RFID.

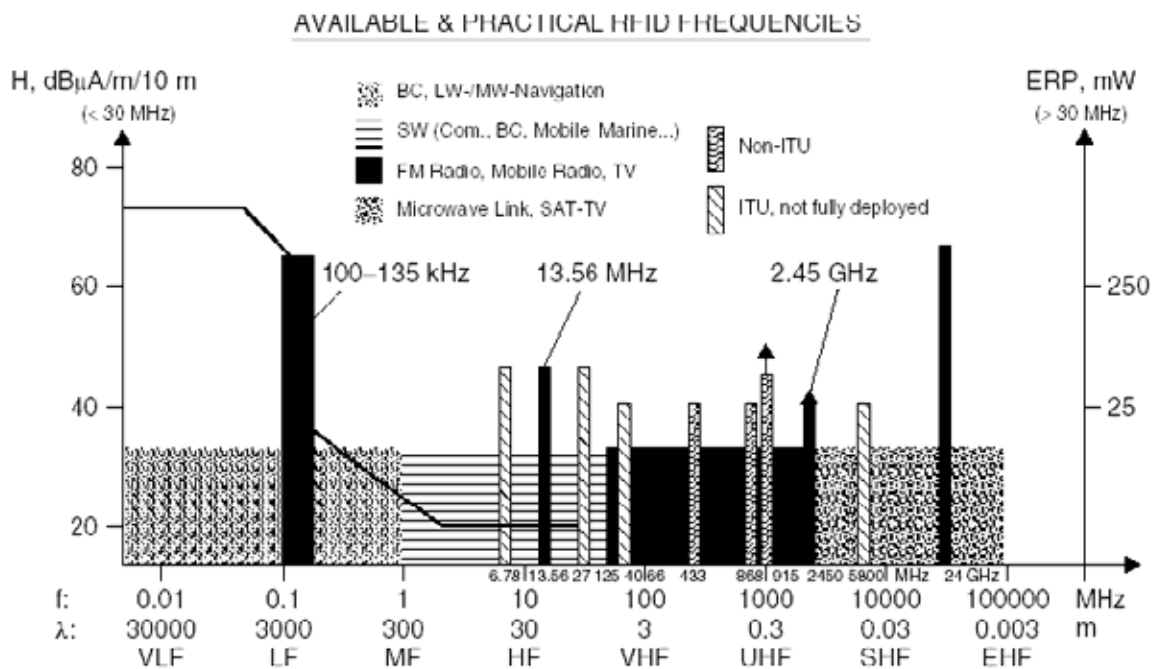


Figura 11: Representación de la banda de frecuencia ISM.
FUENTE: Finkenzeller, 2003.

2.5 Criterios diferenciales en sistemas RFID

Actualmente el volumen de uso de los sistemas de RFID es muy grande, y ha tenido una evolución importante en estos últimos años. Están plenamente integrados en aplicaciones de identificación, y cada vez aparecen más aplicaciones para esta tecnología. Desarrolladores de sistemas RFID han conseguido que la tecnología necesaria para optimizar estos sistemas como el procesamiento de tickets, la identificación animal, automatización industrial o el control de acceso estén disponibles en el mercado. Una de las principales complicaciones, actualmente, es la inexistencia de estándares para estos sistemas RFID.

A la hora de seleccionar un sistema de RFID es indispensable adecuar los parámetros del diseño a la aplicación en la que se está trabajando. Hay importantes criterios a la hora de seleccionar un sistema de RFID, como por ejemplo la frecuencia a la que trabaja el sistema, el rango de alcance, los requerimientos de seguridad y la capacidad de memoria de los transponder (o etiquetas).

2.5.1 Frecuencia de operación

Los sistemas RFID que operan a frecuencias entre 100 KHz y 30 MHz utilizan acoplamiento inductivo, y los sistemas de microondas en el rango de 2.45 - 5.8 GHz usan campos electromagnéticos para el acoplamiento. Hay que tener en cuenta que la absorción que realiza el agua o sustancias no conductivas es 100.000 veces menor a 100 KHz que a 1 GHz. Por esta razón los sistemas HF fueron los primeros en ser usados por su gran penetración en los objetos.

Otro factor importante es la sensibilidad a la interferencia con campos electromagnéticos, como son los que producen por ejemplo los motores eléctricos. Los sistemas con acoplamiento inductivo tienen un peor comportamiento delante de estas interferencias. Otro factor que se deben tener en cuenta para una elección de un sistema RFID de una frecuencia u otra, son la mayor capacidad de memoria que tienen los sistemas de microondas (<32 Kbyte) y la mayor resistencia que tienen a las altas temperaturas.

Por estas ventajas e inconvenientes la elección de un sistema a una frecuencia u otra determinará la eficiencia de este sistema para la aplicación.

2.5.2 Rango de alcance

El rango de alcance necesario para una aplicación determinada viene dado por tres factores:

- La posible posición del transponder.
- La distancia mínima entre muchos transponders en la zona de operación.
- La velocidad del transponder en la zona de interrogación del lector.

La FIGURA 12 nos muestra cuál es el rango de alcance de los diferentes sistemas de acoplamiento.

Por ejemplo en aplicaciones de pago automático, como los tickets en el transporte público, la velocidad del transponder es pequeña cuando pasa el viajero por el lector, la distancia mínima corresponde a la distancia entre dos pasajeros, por eso no se puede poner un rango muy elevado y que detecte varios “tickets” o “smart cards” de diversos pasajeros.

Otro ejemplo puede ser la industria del automóvil, en una línea de montaje puede haber mucha variación en la distancia entre un transponder y el lector, por eso hay que preparar el sistema para que alcance la mayor distancia prevista. En esa distancia sólo puede haber un transponder. Para este problema los sistemas de microondas, los cuales tienen un campo mucho más direccional ofrecen claras ventajas sobre los campos no direccionales que crean los sistemas con acoplamiento inductivos.

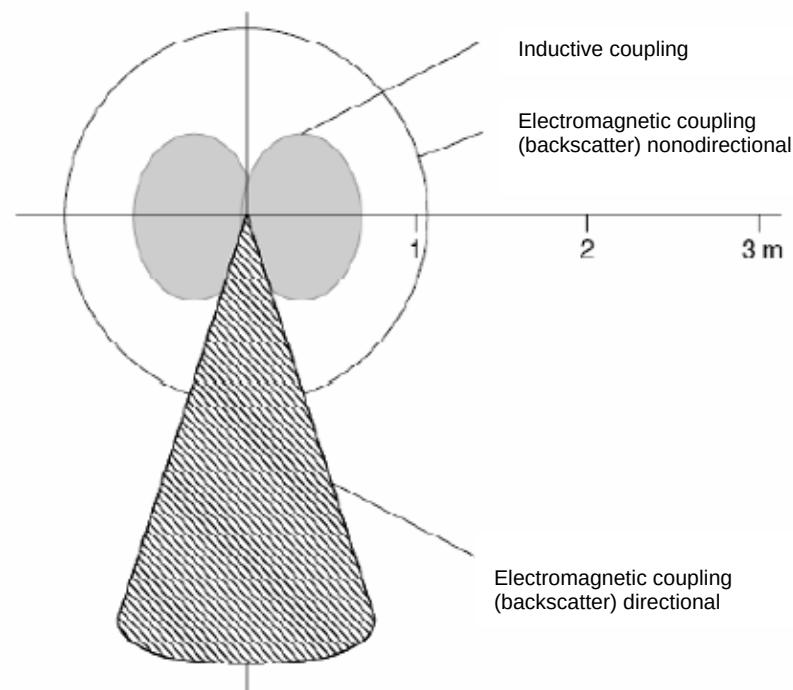


Figura 12. Comparación entre las zonas de interrogación de los lectores de diferentes sistemas.
FUENTE: Finkenzeller, 2003.

La velocidad de los transponders con respecto al lector, junto con la máxima distancia de lectura/escritura, determina la duración del tiempo que tiene que estar en la zona de interrogación del lector para poder transmitir toda su información.

2.5.3 Requisitos de seguridad

Como requisitos de seguridad en sistemas de RFID, tenemos por ejemplo la encriptación y autenticación. Debido a que estos sistemas pueden estar trabajando con objetos de valor, o incluso con dinero, estos sistemas deben estar probados en la planificación inicial para no encontrarse con ninguna sorpresa a la hora de implementarlo. Podemos clasificar las aplicaciones según su necesidad de seguridad en dos grupos:

- ❖ Aplicaciones industriales o privadas.
- ❖ Aplicaciones publicas con dinero y bienes.

Esta clasificación se puede entender mejor con dos claros ejemplos:

Las líneas de producción en la industria del automóvil son aplicaciones del primer grupo, industriales o privadas. Suelen sufrir menos ataques, ya que un ataque por parte de una persona, alterando o falsificando datos, no supondrían un beneficio personal, pero si provocaría un malfuncionamiento de toda la cadena.

En el segundo grupo están los sistemas de ticket para transporte público o de acceso a lugares restringidos, donde el peligro de un ataque es mucho más elevado. Si se realizase un ataque y diera resultado, podría reportar un daño económico muy elevado a la compañía y su imagen quedaría afectada. Para este tipo de aplicaciones son indispensables procesos de autenticación y encriptación. Para aplicaciones con unos requisitos de seguridad máxima como aplicaciones de bancos y tarjetas de crédito, sólo los transponders con microprocesadores pueden ser utilizados.

2.5.4 Capacidad de memoria

La cantidad de información que puede albergar el chip del transponder y el precio, es otra variable que se debe manejar a la hora de diseñar un sistema de RFID para una aplicación determinada. Se necesita saber cuanta cantidad de información usa el sistema, que datos maneja.

Principalmente los transponders con sistemas de memoria de solo lectura se usan para aplicaciones de bajo coste con necesidades de información baja. Si lo que se necesita es que la información se pueda escribir, no sólo leer del transponder, son necesarios transponders con memoria EEPROM o RAM. La memoria EEPROM se usa principalmente en los sistemas de acoplamiento inductivo, dispone de capacidades de memoria entre los 16 bytes a los 8 Kbytes. Las memorias SRAM disponen de baterías, son usadas en sistemas de microondas, con una memoria que oscila alrededor de los 256 bytes y 64 Kbytes.

Capitulo III. RFID en la frecuencia

13.56 MHz

3.1 Introducción

Los sistemas de tecnología RFID, tienen como uno de sus criterios diferenciales más importantes la frecuencia en que operan. Las etiquetas RFID utilizadas en bibliotecas operan sobre la banda de los 13.56 MHz y son fabricados por muchas compañías (Molnar, 2004). Por este motivo, es necesario centrar el estudio específicamente en esta frecuencia. Donde se revisará el principio de operación, el principio de funcionamiento y los principios físicos que afectan al sistema RFID.

Finalmente, no se llevarán a estudio los rangos de frecuencia que comprende entre los 400 MHz a 1000 MHz y en el rango sobre de los 2.45 GHz, debido principalmente a que no existe registro de una exitosa implementación de estas frecuencias para aplicaciones de gestión e inventario, específicamente en bibliotecas.

3.2 Principio de Operación

Hoy en día, la mayoría de los sistemas RFID que funcionan a 13.56 MHz son pasivos, lo cual implica la no necesidad del uso de baterías. Esto tiene ventajas en cuanto al costo, tiempo de vida de las etiquetas y entorno en que se pueden emplear estos sistemas. El principio básico de operación es la transmisión de energía y datos usando acoplamiento inductivo. Este es el mismo principio que usan los transformadores.

A diferencia de otros sistemas de RFID que trabajan a frecuencias más altas (por ejemplo dentro de la banda UHF o microondas), los sistemas a 13.56 MHz (e incluso los que trabajan a <135KHz) tienen la zona de operación en el campo creado junto a la antena del lector, lo que permite alcanzar unas distancias del orden del diámetro de la antena. Hay que tener en cuenta que esto es así siempre que estemos trabajando con sistemas con una sola antena.

Para distancias mayores al equivalente al diámetro de la antena, la intensidad del campo decrece con la tercera potencia de la distancia, lo cual significa que la potencia de transmisión requerida se incrementa con la sexta potencia de la distancia.

La FIGURA 13 muestra la dependencia de la intensidad del campo, normalizada, en función de la distancia para antena con un diámetro de 0.8m.

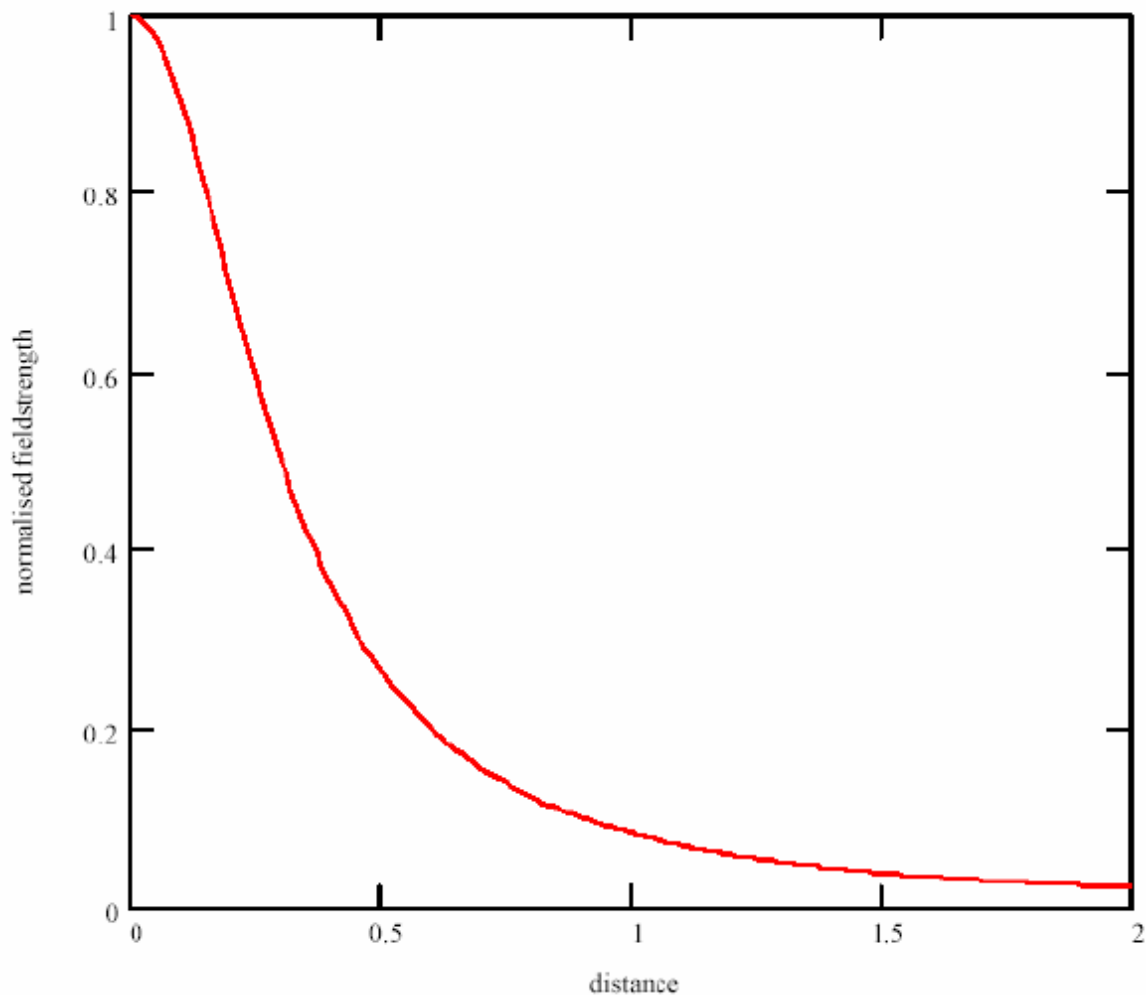


Figura 13: Comportamiento de la intensidad de campo en función de la distancia.
FUENTE: Finkenzeller, 2003.

A diferencia de los sistemas RFID que usan frecuencias dentro del rango de UHF o microondas, la radiación emitida a 13.56 MHz no es absorbida por el agua ni la piel humana, lo que permite que las ondas se propaguen con mayor facilidad puesto que la influencia del agua o las personas en su comportamiento es insignificante.

Debido a los efectos de blindaje o reflexión, los sistemas de RFID son sensibles a los metales dentro del campo de operación. Esto afecta a todos los sistemas de identificación por radiofrecuencia, aunque los motivos físicos son diferentes para cada caso concreto.

El hecho de que el campo magnético sea un campo vectorial implica que la orientación del tag tiene influencia dentro del mismo. Esta influencia de la orientación puede resolverse mediante el uso de antenas de transmisión más complejas (por ejemplo, mediante el uso de campos rotantes). Así es posible trabajar con las etiquetas independientemente de su orientación dentro de la zona de operación.

Debido también a que los sistemas RFID inductivos operan a distancias cortas, la influencia de sistemas adyacentes o ruidos externos es mucho menos que en sistemas que trabajan en la zona UHF o microondas (debido a que la potencia decrece con el cuadrado de la distancia, cuando a 13.56 MHz decrece con la sexta potencia de la distancia).

3.2.1 Etiquetas típicas

Hoy en día las etiquetas a 13.56MHz están disponibles en muchas formas y con diferentes funcionalidades. Por supuesto esto ha sido muy influenciado por las aplicaciones y sus requerimientos. El hecho de que unas pocas vueltas de la antena de la etiqueta (habitualmente menos de 10) sean suficientes para lograr una etiqueta con un buen funcionamiento es uno de los beneficios reconocidos para permitir la producción de tags a bajo costo basados en diferentes tecnologías de antena.

3.2.1.1 Formas existentes

Hay tres tipos principales de tags o etiquetas a 13.56 MHz:

- Tarjetas ISO:
 - o ISO 14443: son "Tarjetas de identificación- Proximity integrated circuit cards". Con un rango entre 7-15 cm, usadas principalmente en el campo de la expedición de tickets.

- o ISO 15693: son "Tarjetas de identificación- contactless integrated circuit cards". Con un rango superior a 1 m, usadas principalmente en los sistemas de control de acceso.
 - o ISO 18000-3: es un estándar para RFID para administración de artículos específicamente para trabajo en bibliotecas. La ISO15693 es completamente compatible con la ISO 18000-3.
-
- Tags rígidos industriales para logística
 - Etiquetas inteligentes, delgadas y flexibles.

3.2.1.2 Funcionalidad

- *Tamaño de la memoria*: típicamente desde 64 bits (en dispositivos simples de identificación) hasta varios kilobytes (empleados en tarjetas inteligentes).
- *Tipo de memoria*: programadas de fábrica, de sólo lectura (típicamente en identificación y pequeña memoria), sólo programables una vez (OTP) y de lectura/escritura (permitiendo la modificación de datos).
- *Seguridad*: básicamente todos los niveles de seguridad se pueden alcanzar. En el caso, por ejemplo, de aplicaciones en las que haya una transferencia de dinero se requieren los niveles más altos de seguridad.
- *Capacidades multitag*: resueltas y soportadas por la mayoría de los nuevos productos.

3.2.2 Tipos de lector

Sin lugar a dudas la etiqueta tiene una gran importancia dentro de un sistema RFID, sin embargo el lector tiene la misma importancia dentro de un sistema RFID de índole profesional. La parte principal del interrogador es un módulo de radiofrecuencia encargado de la comunicación entre él y el tag. Hay diferentes dispositivos según la potencia de salida y según la sensibilidad del mismo. Podemos encontrar tres tipos principales:

- Módulo RF para aplicaciones de "proximidad" (hasta 100 mm.). Se emplean en dispositivos portátiles, impresoras y terminales. Esta funcionalidad se puede integrar en un circuito impreso, permitiendo módulos de reducido tamaño y reducción de costes.
- Módulo de RF para aplicaciones de "vecindad" (amplio rango, en el caso de 13.56 MHz hasta 1.5m). Son más complejos que los módulos de "proximidad", tienen un mayor consumo de potencia y una circuitería más compleja.
- También se puede encontrar en ocasiones una tercera clase, de "medio rango" para distancias de hasta 400 mm.

Los interrogadores fijos suelen colocarse a lo largo de las líneas de producción para identificar y hacer el seguimiento de los objetos. En algunas aplicaciones es necesario blindar los interrogadores para protegerlos de perturbaciones externas. Los lectores con forma de puerta se emplean en almacenes, establecimientos y bibliotecas para EAS (Electronic Article Surveillance).

También existen interrogadores que emplean múltiples antenas que permiten extender el rango de cobertura y leer los tags en cualquier orientación. Existe la posibilidad de emplear protocolos anticolidión que permiten la lectura de múltiples tags simultáneamente dentro del campo de la antena. Dependiendo del protocolo y la configuración empleada pueden leerse hasta 30 tags por segundo, lo que equivale a leer los tags colocados uno detrás de otro separados una distancia de 0.1m y desplazándose a 3m/s.

3.2.3 Funcionamiento

Que el sistema funcione es una de las principales cuestiones dentro de los requerimientos de las aplicaciones. Así la meta es cumplir con el propósito de tener un sistema con un funcionamiento bueno dentro de una probabilidad elevada. Mientras que las cuestiones funcionales como el tamaño de la memoria o nivel de seguridad pueden ser seleccionadas teniendo en cuenta los requerimientos de las aplicaciones, algunos otros parámetros clave (rango, fiabilidad y velocidad de la comunicación) están sujetos a leyes físicas y, por lo tanto, muestran cierta independencia. Típicamente las distancias más pequeñas permiten velocidades mayores (los sistemas de "proximidad" operan aproximadamente a 100kBaud o más), mientras que distancias mayores sólo se pueden lograr con velocidades más lentas (entre 25 y 70 kBaud).

Esto tiene un impacto en la integración y la optimización del sistema. Sin embargo, existe la evidencia de que los sistemas RFID a 13.56 MHz pueden alcanzar aproximadamente 1.5 m. sin problemas en aplicaciones "puerta" o cubrir una "ventana" de 1x1 m. en un "lector túnel" y solucionan los requisitos clave de las aplicaciones en términos de tamaño de datos y movilidad de objetos. Estas ideas están basadas en tags del tamaño de una tarjeta de crédito.

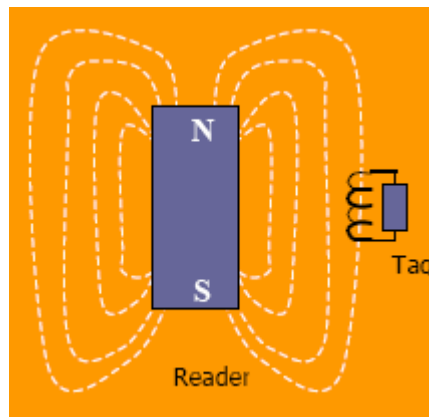
El funcionamiento no está tan sólo fijado por las regulaciones y por la velocidad de transmisión sino que también depende de la sensibilidad o robustez que tiene al ruido. Debido a que la señal del transponder puede ser transmitida por una subportadora que opera fuera de la (ruidosa) banda ISM, el funcionamiento del sistema puede ser muy estable comparado, por ejemplo, con los sistemas a <135kHz. La robustez al ruido puede ser realzada por receptores selectivos y por el hecho de que ambas subportadoras pueden ser procesadas independientemente en sistemas de alto rendimiento.

Esto da una idea de la "ventana de funcionamiento" de los sistemas que trabajan a 13,56 MHz. Evidentemente, el funcionamiento final depende de muchos factores que deben ser optimizados para cada aplicación concreta.

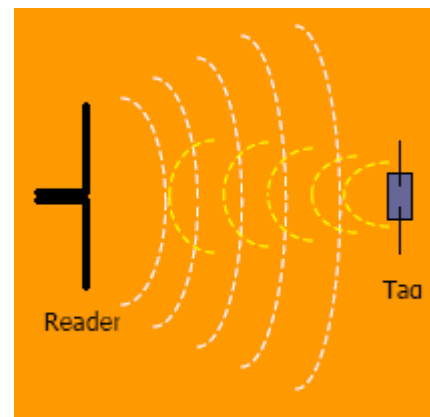
3.3 Principios de funcionamiento de un Sistema RFID a 13.56 Mhz

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

El sistema de transmisión de información varía según la frecuencia en la que trabaja. Así se puede clasificar un sistema de RFID en sistemas basados en el acoplamiento electromagnético o inductivo, y basados en la propagación de ondas electromagnéticas. Podemos apreciar esta diferenciación en la FIGURA 14.

**LF and HF**

Magnetic Field (near field) – Inductive coupling

**UHF**

Electric Field (far field) – Backscatter

Figura 14: Métodos de propagación de la información en la tecnología RFID.

FUENTE: Lewis, 2004.

Hay que tener en cuenta que la comunicación se puede realizar en zonas industriales con metales, lo que unido a las características de ruido, interferencia y distorsión de estas comunicaciones vía radio complica la correcta recepción de bits. Además de que esta comunicación es del tipo asíncrona, lo que repercute en una mayor atención en parámetros como la forma en que se comunican los datos, la organización de flujo de bits. Todo esto conlleva el estudio de la denominada codificación de canal, con el fin de mejorar la recepción de información.

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

Los diferentes métodos de propagación de la información son usados en diferentes frecuencias. De este modo el acoplamiento inductivo funciona a frecuencias más bajas y el sistema de propagación de ondas a frecuencias más elevadas. Existe también otro tipo de propagación usado en distancias menores a 1cm, que puede trabajar teóricamente en frecuencias bajas hasta 30 MHz, son los sistemas "close coupling".

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

Por otro lado existen los sistemas de "remote coupling" basados en el acoplamiento inductivo (magnético) entre el lector y el transponder. Por eso, estos sistemas también son conocidos como "inductive radio systems". Los sistemas basados con acoplamiento capacitivo (eléctrico) no son casi usados por la industria; en cambio los inductivos se puede decir que abarcan el 80% de los sistemas de RFID. Este sistema de comunicación entre el lector y el transponder trabaja en el rango de frecuencia comprendido entre los 135 KHz y los 13,56 MHz. Aunque en algunas aplicaciones pueda trabajar a una frecuencia ligeramente más elevada. Su rango de alcance suele comprenderse alrededor de 1 metro. Estos sistemas siempre usan transponders pasivos (Finkenzeller, 2003).

3.3.1 Acoplamiento inductivo

El acoplamiento inductivo se basa en el mismo funcionamiento de los transformadores. En la FIGURA 15 podemos observar un esquema del acoplamiento inductivo. En estas frecuencias el campo creado por la antena del interrogador es la energía que aprovecha el transponder para su comunicación. Este campo esta cerca de la antena del interrogador, lo que permite alcanzar unas distancias cercanas al diámetro de la antena. A distancias mayores la potencia necesaria es muy elevada. La bobina del lector genera un fuerte campo electromagnético, que penetra en la sección de la antena del transponder y en su zona cercana.

Las antenas de estos sistemas son bobinas, tanto del lector como del transponder, de gran tamaño, debido a la circunstancia de que la longitud de onda (λ) (como inverso de la frecuencia) es elevada. Estamos hablando de 2400m para frecuencias menores de 135KHz, y de 22,4m a una frecuencia de 13,56 MHz. Como esta longitud de onda es sensiblemente mayor que la

distancia entre el lector y el transponder, el campo electromagnético puede ser tratado como un simple campo magnético alternante con respecto a la distancia entre transponder e interrogador.

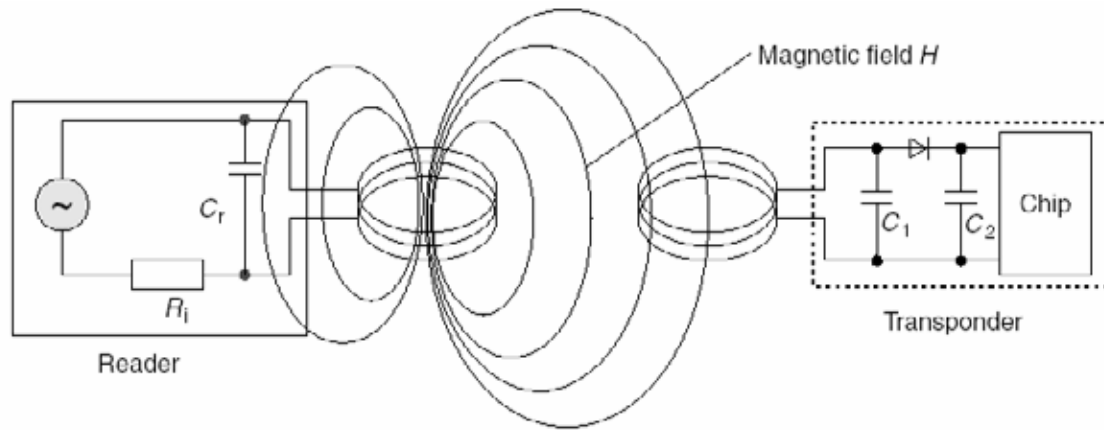


Figura 15: Esquema del acoplamiento inductivo entre lector y transponder.
FUENTE: Finkenzeller, 2003.

Una parte pequeña del campo emitido penetra en la bobina del transponder. Se genera una tensión en la antena (bobina) por inducción. Este voltaje es rectificado y sirve como alimentación para el microchip del transponder encargado de almacenar la información. Como podemos observar en la FIGURA 15, un condensador es conectado en paralelo con la antena del lector, el valor de este condensador es seleccionado según la inductancia de la antena que forma un circuito paralelo de resonancia con una frecuencia de resonancia que tiene que coincidir con la frecuencia de transmisión del lector. En la antena del lector se generan grandes corrientes debido a la resonancia del circuito paralelo, lo que permite crear campos intensos necesarios para la comunicación entre lector y transponder.

La antena (bobina) del transponder y el capacitador en paralelo forman el circuito resonante a la misma frecuencia que emite el lector. El voltaje generado en el transponder es máximo debido a la resonancia producida por el circuito del transponder.

La eficiencia de la energía transmitida entre las antenas del lector y del transponder es proporcional a la frecuencia de operación, la relación entre el número de espiras que tienen las bobinas (en los transformadores conocido por el factor n), el área encapsulada por la antena del transponder, el ángulo que forman las bobinas una en relación a la otra y la distancia

entre las dos bobinas. Cuando la frecuencia se incrementa, la inductancia requerida en el transponder y el número de espiras decrece. Como ejemplo, podemos decir que a una frecuencia de 135 KHz, el valor del factor n oscila entre 100 y 1000, y para una frecuencia de 13,56 MHz el valor del factor $n = 3-10$.

Esto es debido a que el voltaje inducido en el transponder es todavía proporcional a la frecuencia de resonancia, en cambio el número de espiras de la bobina apenas afecta a la eficiencia de la energía transmitida a altas frecuencias (Finkenzeller, 2003).

3.3.2 Transferencia de datos entre transponder y lector

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

- Load modulation
- Load modulation con subportadora
- Subarmónicos

3.3.2.1 Load Modulation

Se fundamenta en el funcionamiento de un transformador, siendo la bobina primaria la del lector y la secundaria la del transponder. Esto es cierto si la distancia entre las bobinas no es mayor de $0,16\lambda$ por lo que el transponder y el lector deben estar próximos. Si un transponder en resonancia se encuentra dentro del campo magnético de un lector, coge energía de ese campo magnético.

El resultado del "feedback" del transponder en la antena del lector puede ser representado como una impedancia (Z_T). Conectando y desconectando la resistencia de carga presente en la antena del transponder se consigue variar el valor de Z_T , con lo que el voltaje que existe en la antena del lector también varía. Esto tiene un efecto en la modulación de amplitud del voltaje del lector por culpa del transponder remoto. El tiempo en el que se desconecta y se conecta la

resistencia de carga es controlado por los datos, es lo que se usa para enviar los datos del transponder al lector (Finkenzeller, 2003).

3.3.2.2 Load Modulation con Subportadora

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

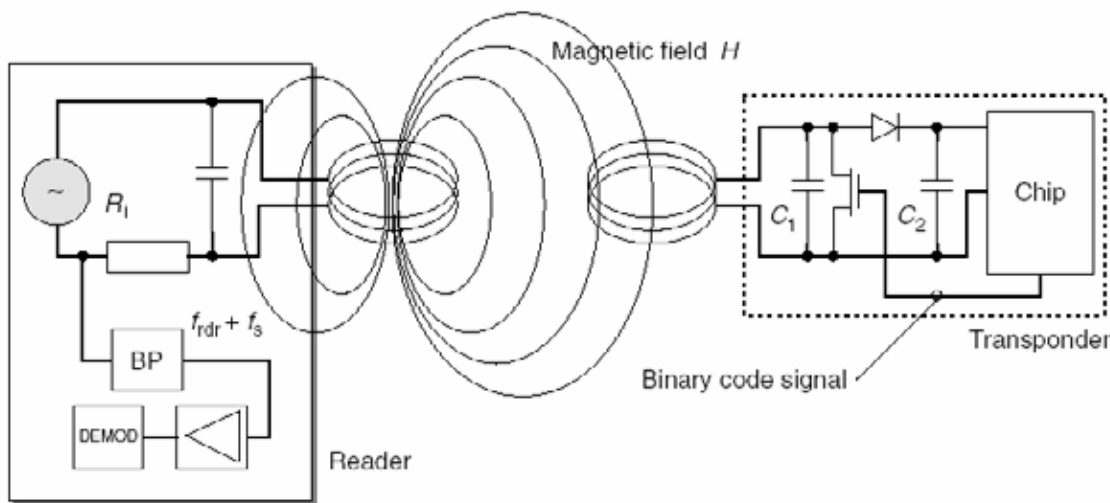


Figura 16: Generación de load modulation conectando y desconectando la resistencia del drain-source del FET del chip. El lector tiene un circuito capaz de detectar la subportadora.

FUENTE: Finkenzeller, 2003.

Detectar esta fluctuación requiere una circuitería complicada, como solución se usan las bandas contiguas a la modulación creada. Para ello se incorpora una nueva resistencia de carga en el transponder que se conecta y desconecta a una frecuencia elevada f_s , entonces dos líneas espectrales son creadas a una distancia f_s de la frecuencia de resonancia entre lector y transponder (Finkenzeller, 2003). Uno de los métodos posibles es utilizar un transistor FET en el transponder, como vemos en la FIGURA 16.

3.3.2.3 Subarmónicos

Basado como su propio nombre indica en la utilización de subarmónicos de una frecuencia f_A , es decir, $f_1=f_A/2$, $f_2=f_A/3$, etc. Se suele utilizar el primer subarmónico, es decir la mitad de la frecuencia en la que transmite el lector. La señal después del divisor es modulada por el flujo de datos y enviada para el transponder. Esta será la frecuencia a la que responda el transponder. El transponder necesitará un divisor binario de frecuencia para realizar dicha operación. La frecuencia de operación más popular para los sistemas subarmónicos es de 128 kHz. Por lo que la frecuencia de respuesta del transponder es de 64 kHz.

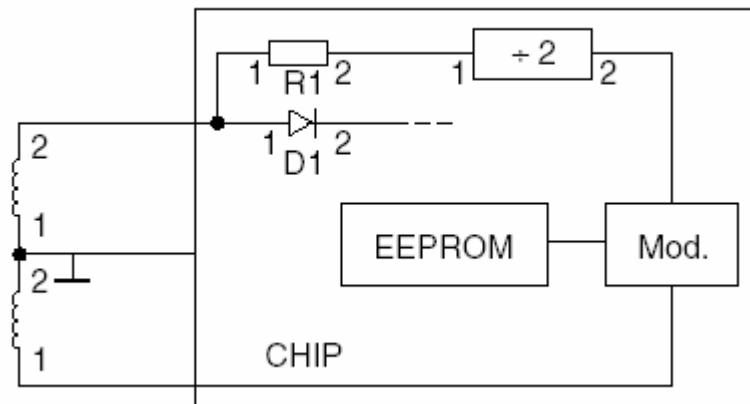


Figura 19: Diseño de un transponder que usa subarmónicos,
FUENTE: Finkenzeller, 2003.

3.4 Códigos y modulaciones

En el diagrama de bloques de la FIGURA 20 vemos descrito un sistema de comunicación digital. Similarmente, la transferencia de datos entre el lector y la etiqueta en un sistema RFID requiere 3 bloques básicos de funcionamiento. Desde el lector hacia el tag (dirección de la transferencia de datos) son:

- En el lector (Transmitter): codificación de señal (signal processing) y el modulador (carrier circuit).
- El medio de transmisión (channel).
- En la etiqueta (Receiver): el demodulador (carrier circuit) y el decodificador de canal (signal processing).

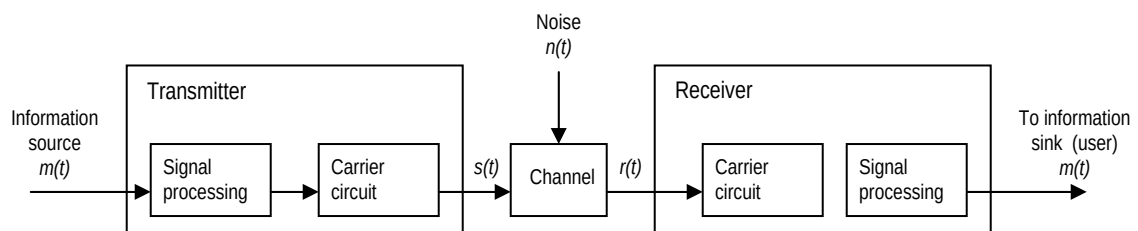


Figura 20: Bloques de funcionamiento de un sistema RFID.
FUENTE: Elaboración Propia, 2006.

Un sistema codificador de señal toma el mensaje a transmitir y su representación en forma de señal y la adecua óptimamente a las características del canal de transmisión. Este proceso implica proveer al mensaje con un grado de protección contra interferencias o colisiones y contra modificaciones intencionadas de ciertas características de la señal.

3.4.1 Codificación en banda base.

Los signos binarios '1' y '0' pueden ser representados por varios códigos lineales. Los sistemas de RFID suelen usar una de las siguientes codificaciones: NRZ, Manchester, Unipolar RZ, DBP ("differential bi-phase"), Miller o Codificación Pulso-Pausa (PPC), ver FIGURA 21.

- *Código NRZ (No Return to Zero):* Un '1' binario es representado por una señal 'alta' y un '0' binario es representado por una señal 'baja'. La codificación NRZ se usa, al menos, exclusivamente con una modulación FSK o PSK.
- *Código Manchester:* Un '1' binario es representado por una transición negativa en la mitad del periodo de bit y un '0' binario es representado por una transición positiva. El código Manchester es, por lo tanto, también conocido como codificación de 'parte-fase' (split-phase coding). Además, es frecuentemente usado para la transmisión de datos desde el transponder al lector basados en una modulación con sub-portadora.
- *Código Unipolar RZ:* Un '1' binario es representado por una señal 'alta' durante la primera mitad del periodo de bit, mientras que un '0' binario es representado por una señal 'baja' que dura todo el periodo de bit.
- *Código DBP:* Un '0' binario es codificado por una transición, de cualquier tipo, en mitad del periodo de bit. Un '1' es codificado con una ausencia de transición. Además, el nivel de señal es invertido a inicio de cada periodo de bit, de modo que el pulso pueda ser sencillamente reconstruido en el receptor si es necesario.
- *Código Miller:* Un '1' es representado por una transición de cualquier tipo en la mitad del periodo de bit, mientras que el '0' binario es representado con la continuidad del nivel de la señal hasta el próximo periodo de bit. Una secuencia de ceros crea una transición al principio de cada periodo de bit, de modo que el pulso pueda ser sencillamente reconstruido en el receptor si es necesario.
- *Código Miller Modificado:* En esta variante del código Miller, cada transición es reemplazada por un pulso 'negativo'. El código Miller Modificado es altamente recomendable para transmitir del lector al tag en sistemas RFID que usan acoplamiento inductivo. Debido a la tan corta duración del pulso ($t_{\text{pulso}} \ll T_{\text{bit}}$) es posible asegurar una continua alimentación del transponder debido al campo magnético del lector mientras dura la transferencia de información.

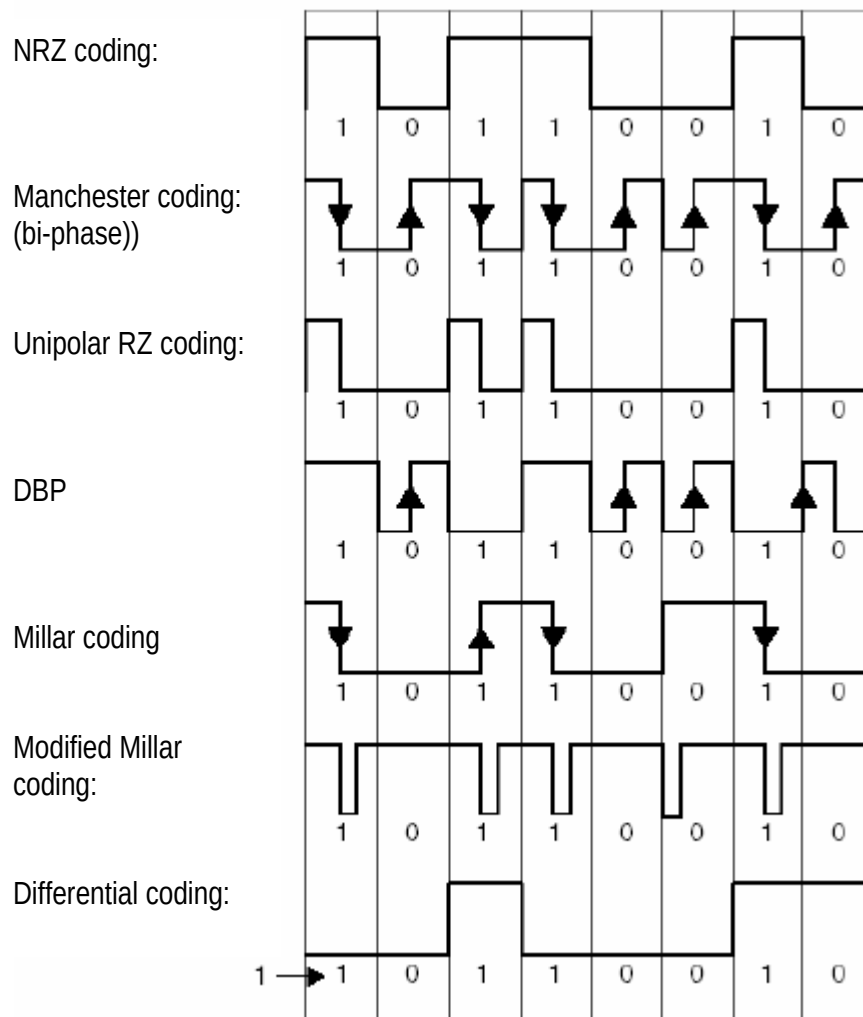


Figura 21: Bloques de funcionamiento de un sistema RFID.
FUENTE: Finkenzeller, 2003.

- **Codificación Diferencial:** En la codificación diferencial cada '1' binario que se tiene que transmitir causa un cambio en el nivel de la señal, así como para un '0' el nivel permanece invariante. El código diferencial puede ser generado muy simplemente a partir de una señal NRZ usando una puerta XOR y un biestable D. En la siguiente figura vemos el circuito que logra este cambio en la señal.

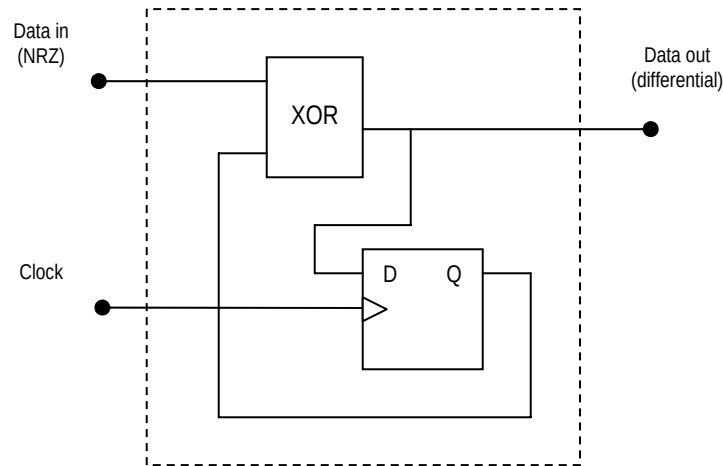


Figura 22: Generamos un código Diferencial a partir de uno NRZ.

FUENTE: Finkenzeller, 2003.

- **Codificación Pulso-Pausa:** En la codificación Pulso-Pausa (*PPC - Pulse Pause Coding*) un '1' binario es representado por una pausa de duración t antes del próximo pulso; un '0' binario es representado por una pausa de duración $2t$ antes del próximo pulso. Este método de codificación es popular, para la transmisión de datos del lector a la etiqueta en los sistemas de RFID que usan acoplamiento inductivo. Debido a la tan corta duración del pulso ($t_{\text{pulso}} \ll T_{\text{bit}}$) es posible asegurar una continua alimentación del transponder debido al campo magnético del lector mientras dura la transferencia de información.

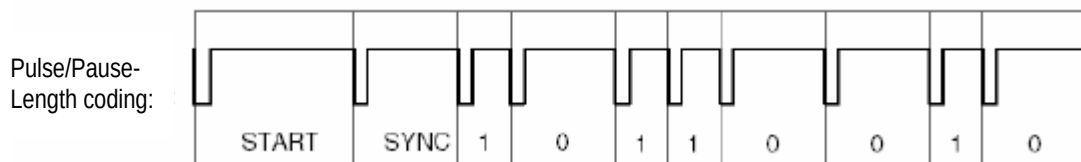


Figura 23: Ejemplo de una transmisión usando PPC.

FUENTE: Finkenzeller, 2003.

Debe tenerse en cuenta varias importantes consideraciones cuando se selecciona un posible sistema de codificación para un sistema RFID.

La consideración más importante es el espectro de la señal después de la modulación y lo susceptible que pueda ser a los posibles errores. Además, en el caso de tags pasivos (la alimentación de las etiquetas viene dada por el campo magnético que genera el lector), la fuente de alimentación (es decir, la señal que emite el lector) no debe ser interrumpida por una combinación inapropiada los métodos de codificación de señal y modulación.

3.4.2 Modulaciones Digitales usadas.

La tecnología clásica de radiofrecuencia está fuertemente implicada con los métodos analógicos de modulación. Podemos diferenciar entre modulación de amplitud (AM), modulación de frecuencia (FM) y modulación de fase (PM), siendo éstas las tres principales variables de una onda electromagnética. Todos los demás métodos de modulación son derivados de cualquiera de uno de estos tres tipos mencionados.

Las modulaciones digitales utilizadas en RFID son principalmente las de ASK (amplitude shift keying), FSK (frequency shift keying) y PSK (phase shift keying).

- *ASK (Amplitude shift keying)*: En Amplitude shift keying la amplitud de la oscilación de una portadora es variada entre dos estados u_0 y u_1 (keying) por un código de señal binario. U_1 puede tomar dos valores entre u_0 y 0. El intervalo entre u_0 y u_1 es conocido como el factor de trabajo (duty factor) m .
- *FSK (Frequency shift keying)*: En la modulación llamada "2 frequency shift keying" la frecuencia de la señal portadora se varía entre dos frecuencias f_1 y f_2 . La frecuencia portadora es la media aritmética de las dos frecuencias características f_1 y f_2 . La diferencia entre la frecuencia de la portadora y las frecuencias características es conocida como la desviación de frecuencia Δf_{CR} :

$$f_{CR} = \frac{f_1 + f_2}{2} \quad \Delta f_{CR} = \frac{|f_1 - f_2|}{2}$$

- *2 PSK (Phase shift keying)*: En la modulación PSK los estados binarios '0' y '1' de una señal código se convierten en los respectivos "estados de fase" de la portadora, en relación a una

fase de referencia. En el caso que nos ocupa, la 2 PSK, la fase de la señal varía entre los estados de fase de 0° y 180° .

3.4.3 Modulaciones que usan subportadora

En los sistemas de RFID, las modulaciones que usan subportadora son básicamente usadas cuando se trabaja con acoplamiento inductivo, normalmente en las frecuencias 6.78MHz, 13.56MHz o 27.125MHz, en transferencias de información desde la etiqueta al lector. Para modular la subportadora se puede elegir entre los sistemas ASK, FSK o PSK.

Una vez que se tiene esta primera señal modulada (subportadora modulada), entonces se procede a una segunda modulación de la subportadora con la señal portadora (la que entrega la frecuencia final a la que se transmitirá la señal). El resultado de este proceso es una señal modulada con subportadora que transporta la información a una frecuencia 'menor', aunque la señal que lleva a la señal que contiene la información, posee una frecuencia mayor.

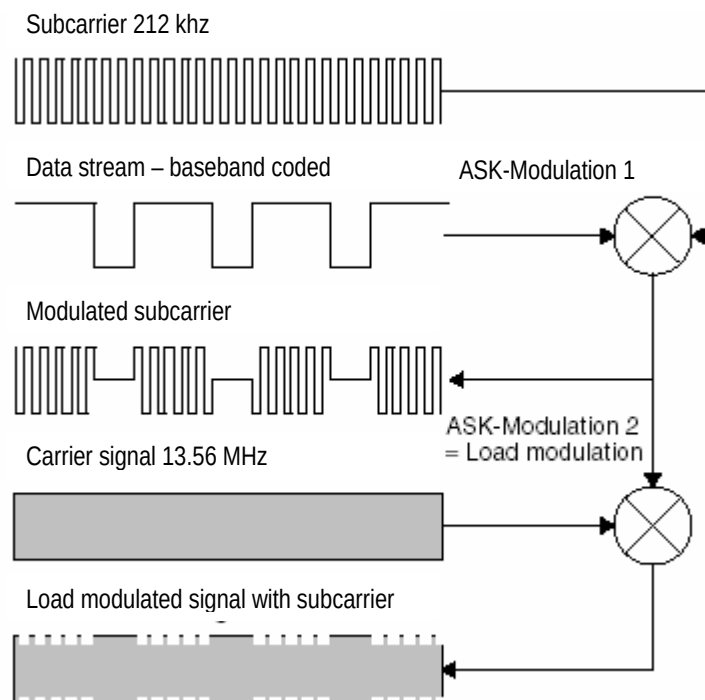


Figura 24: Proceso detallado de una modulación múltiple, con una subportadora modulada en ASK.
FUENTE: Finkenzeller, 2003.

La auténtica ventaja de usar una modulación con subportadora sólo se aclara cuando se considera el espectro de la señal generada. Esta modulación inicialmente genera dos líneas espectrales a una distancia de $\pm$ la frecuencia de la subportadora f_H alrededor de la frecuencia central. La información se transmite, así, en las bandas laterales de las dos líneas subportadoras, dependiendo de la modulación de la subportadora generada a partir del código en banda base. Si la modulación usada es en banda base, las bandas laterales caerán justamente al lado de la señal portadora en la frecuencia central.

En las etiquetas que usan acoplamiento y que tienen unas pérdidas muy elevadas, la diferencia entre la señal portadora del lector f_T y las bandas laterales recibidas de la modulación varían en un rango de entre 80 y 90 dB.

Una de los dos productos de la modulación con subportadora puede ser filtrado y remodulado usando la frecuencia de la modulación de las bandas laterales del flujo de datos. Aquí es irrelevante si se usa la banda 'alta' $f_T + f_H$ o si se usa la banda 'baja' $f_T - f_H$ ya que la información está contenida en ambas.

3.5 Seguridad: encriptación de datos.

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

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

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

- La lectura no autorizada de la portadora de la información para poder conseguir una réplica y/o modificar los datos que lleva.
- Colocar una portadora de información extraña en la zona de influencia del interrogador, con la intención de obtener un acceso no autorizado a un edificio o a una serie de servicios sin tener que pagarlos.
- Escuchar, sin ser advertido, en las comunicaciones radio y recolocar los datos imitando una portadora original ('respuesta y fraude').

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

3.5.1 Criptografía de clave secreta o simétrica

Los criptosistemas de clave secreta se caracterizan porque la clave de cifrado y la de descifrado es la misma, por tanto la robustez del algoritmo recae en mantener el secreto de la misma. Sus principales características son:

- Rápidos y fáciles de implementar.
- Clave de cifrado y descifrado son la misma.
- Cada par de usuarios tiene que tener una clave secreta compartida.
- Una comunicación en la que intervengan múltiples usuarios requiere muchas claves secretas distintas.

El cifrado de Verman verifica las condiciones de secreto perfecto definidas por Shannon, sin embargo presenta el inconveniente de que requiere un bit de clave por cada bit de texto claro. El hacer llegar tal cantidad de clave al emisor y receptor por un canal seguro desbordaría la propia capacidad del canal. Además requiere una clave aleatoria, y un ordenador genera claves pseudo aleatorias. La solución por tanto es la creación de claves de tamaño fijo y reducido.

Actualmente existen dos métodos de cifrado para criptografía de clave secreta, el *cifrado de flujo* y el *cifrado en bloques*.

3.5.2 Algoritmo DES

El algoritmo DES surge como consecuencia de un concurso organizado por NBS (National Bureau of Standards, USA) el cual solicitaba un "algoritmo de encriptación para la protección de datos de ordenador durante su transmisión y almacenaje". Este concurso lo ganó IBM con su algoritmo DES (modificado del LUCIFER).

DES es un algoritmo de cifrado en bloque; la longitud de bloque es de 64 bits (8 símbolos ASCII); la longitud de la clave es de 56 bits, lo que equivale a que existan:

$$2^{56} = 7,2 \cdot 10^{16} \text{ claves diferentes}$$

La norma del DES es FIPS (Federal Information Processing Standards). La norma exige que el DES se implemente mediante un circuito integrado electrónico. El chip de DES es un producto estratégico de USA. No está permitida su exportación sin un permiso especial, y no se permite comercializar en USA, chips fabricados en el exterior.

El ANSI (American National Standards Institute, USA) adopta el DES con el nombre de DEA (Data Encryption Algorithm) el cual no exige la implementación del algoritmo en un chip, pudiendo ser programado mediante software. Las librerías de implementación de DES y DEA son openssl.

3.5.3 IDEA (International Data Encryption Algorithm)

En este algoritmo, tanto los datos en claro como los cifrados están compuestos por bloques de 64 bits, mientras que la clave consta de 128 bits. Se basa en el concepto de mezclar operaciones aritméticas de grupos algebraicos diferentes (introduce confusión y difusión en el mensaje). Se realizan ocho vueltas de encriptación idénticas seguidas de una transformación de salida. Es decir, como el DES, pero las vueltas son mas complejas. En cada vuelta de encriptación, el bloque de datos de entrada es dividido en cuatro sub-bloques de 16 bits. A su vez se utilizan para cada vuelta seis sub-claves.

Este algoritmo es muy seguro porque:

- Claves 2^{128} no se pueden computar actualmente.
- No se le puede aplicar criptoanálisis diferencial a partir de la cuarta vuelta, y este tiene ocho.
- Como inconveniente tiene que si se deducen varios sub-bloques de la clave, se puede deducir la clave.

3.5.4 Criptografía de clave pública o asimétrica

En la criptografía de clave secreta se presentan los siguientes problemas:

- Distribución de claves. Dos usuarios tienen que seleccionar una clave en secreto antes de empezar a comunicarse, lo que deberá hacer bien personalmente (cosa que no siempre es posible), bien por medio de un canal inseguro.
- Manejo de claves. En una red de n usuarios, cada pareja debe tener su clave secreta particular, lo que hace un total de $n(n-1)/2$ claves para esa red.
- Sin firma digital. En los criptosistemas de clave secreta no hay posibilidad, en general, de firmar digitalmente los mensajes, con lo que el receptor del mismo no puede estar seguro de que quien dice que le envía el mensaje sea realmente quien lo ha hecho. De todos modos, este punto afecta poco a los sistemas RFID ya que no contienen firma digital.

Para evitar los problemas que se acaban de mencionar, Diffie y Hellman describieron un protocolo por medio del cual dos personas pueden intercambiarse pequeñas informaciones secretas por un canal inseguro. Es el siguiente:

1. Los dos usuarios A y B , seleccionan un grupo multiplicativo finito G , de orden n (Z_n^*) y un elemento $\alpha \in G$ (generador).
2. A genera un número aleatorio a , calcula $a^a \pmod n$ en G y transmite este elemento a B .
3. B genera un número aleatorio b , calcula $a^b \pmod n$ en G y transmite este elemento a A .
4. A recibe a^b y calcula $(a^b)^a$ en G .
5. B recibe a^a y calcula $(a^a)^b$ en G .

3.6 Control de errores

Cuando se usa el canal móvil para transmitir señales con información útil, existe un riesgo muy elevado de pérdida de información si no se implementan métodos que eviten en cierta medida, los errores de transmisión.

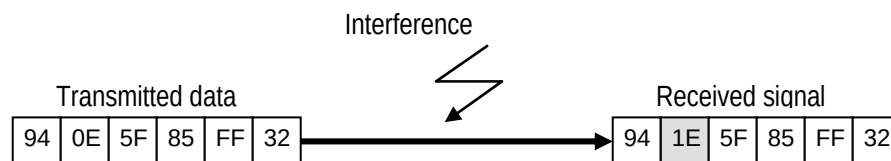


Figura 25: Las interferencias durante la transmisión pueden generar errores en los datos transmitidos.
FUENTE: Finkenzeller, 2003.

El control de errores se usa para reconocer errores en la transmisión e iniciar medidas de corrección como, por ejemplo, pedir la retransmisión de los bloques de datos erróneos. Las medidas más comunes de control de errores son el *control de paridad*, la *suma XOR* y el *CRC*.

3.6.1 Control de paridad

Es un método sencillo y común para realizar un control de errores eficaz. Este método incorpora un bit de paridad en cada byte transmitido, con un resultado de 9 bits enviados por cada byte de información. Antes de la transmisión de datos debe tener lugar una decisión para dirimir si se establece una paridad par (even) o impar (odd) para asegurarnos de que emisor y receptor realizan el control de acuerdo con una misma selección. La paridad impar puede ser también interpretada como el control horizontal (módulo 2) de los bits de datos. Este control horizontal también permite el cálculo de los bits de datos usando puertas lógicas OR exclusivas (XOR). De todos modos, la simplicidad de este método está contrarrestada por su pobre reconocimiento de errores.

3.6.2 Método LRC

La suma de comprobación XOR, conocida como control de redundancia longitudinal (*LRC - Longitudinal Redundancy Checksum*) puede ser calculado rápidamente. Sin embargo, los LRCs no son muy fiables porque es posible que múltiples errores se cancelen unos a otros, y lograr así que el control no pueda detectar si se han transmitido con el bloque de datos. Los LRC son usados básicamente para el control rápido de bloques de datos muy pequeños (32 bytes, por ejemplo).

3.6.3 Método CRC

El CRC (*Control de redundancia cíclica*) fue originalmente usado en controladores de disco. La gran ventaja es que puede generar una suma de comprobación suficientemente segura para grandes cantidades de datos. Se puede decir que es un excelente control de errores tanto para transmisiones vía cable (por ejemplo por vía red telefónica) como para radiocomunicaciones inalámbricas (radio, RFID). Como su propio nombre sugiere, el cálculo del CRC es un proceso cíclico. Así, el cálculo del valor del CRC de un bloque de datos incorpora el valor del CRC de cada uno de los bytes de datos. Cada byte de datos individual es consultado para obtener el valor del CRC del todo el bloque de datos entero.

3.7 Multiacceso: anticolisión

Muchas veces un sistema de RFID tiene numerosos transponders dentro de su zona de interrogación. En este tipo de situación podemos diferenciar entre 2 principales tipos de comunicación.

La primera es usada para transmitir datos desde el lector a la etiqueta (como vemos en la FIGURA 26, que tenemos a continuación). El flujo de datos enviado es transmitido hacia todos los tags simultáneamente (similar a miles de equipos de radio que reciben la señal desde una estación base). Este tipo de comunicación es la que conocemos como broadcast.

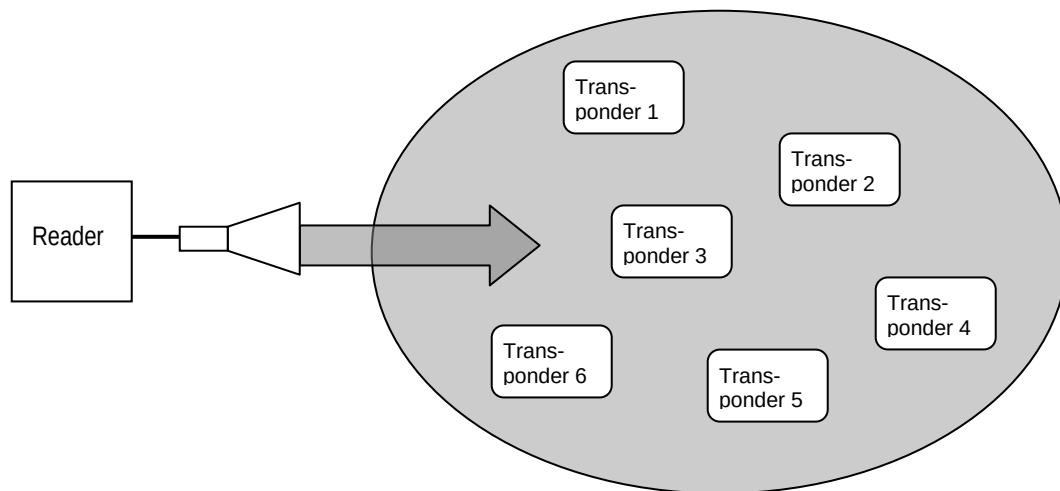


Figura 26: Modo broadcast: el flujo de datos transmitido por el lector es recibido simultáneamente por todas las etiquetas que se encuentran en la zona de interrogación.

FUENTE: Elaboración propia, 2006.

La segunda forma de comunicación supone la transmisión de datos desde muchas etiquetas, que se encuentran en la zona de interrogación, hacia el lector. Esta forma de comunicación es llamada *multiacceso*.

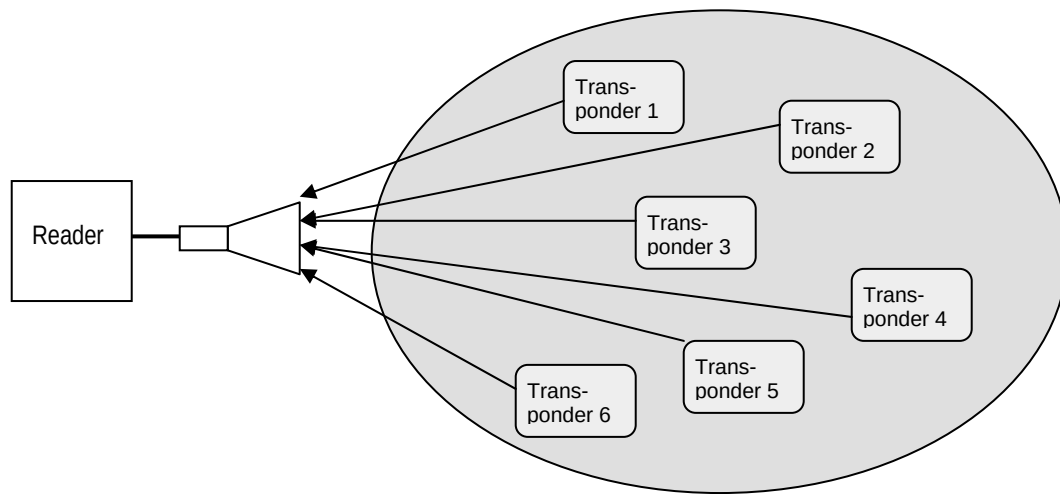


Figura 27: Multiacceso: múltiples tags se comunican a la vez con el lector.

FUENTE: Elaboración propia, 2006.

Cada canal de comunicación tiene definida la capacidad de canal, la cual es determinada por el ratio máximo de transferencia de dicho canal de comunicación y el tiempo que está disponible. La capacidad de canal disponible, debe ser dividida entre cada participante (etiqueta) y el resultado será la cantidad que puede transmitir cada tag al mismo lector, sin que sufran interferencias unos por culpa de otros (colisión).

El problema del multiacceso ha existido desde hace mucho tiempo en la tecnología de radio. Como ejemplo podemos fijarnos en los satélites o en las redes de telefonía móvil donde un gran número de participantes intenta acceder a un mismo satélite o estación base.

Por este motivo han sido desarrollados numerosos métodos, con el objetivo de separar la señal de cada participante individual, de la de otro cualquiera. Básicamente existen 4 métodos diferentes: acceso múltiple por división de espacio (*space division multiple access, SDMA*), acceso múltiple por división de frecuencia (*frequency domain multiple access, FDMA*), acceso múltiple por división de tiempo (*time domain multiple access, TDMA*), y acceso múltiple por división de código (*code division multiple access, CDMA*); esta última también conocida como técnica del espectro ensanchado (*spread spectrum*).

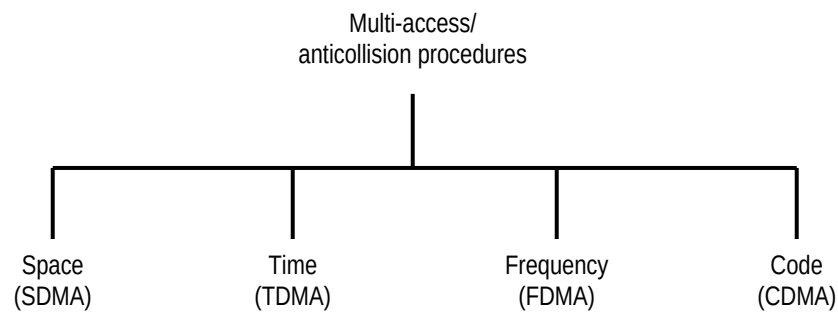


Figura 28: Los métodos de multiacceso están divididos en cuatro métodos básicos.
FUENTE: Elaboración propia, 2006.

De todos modos, estos métodos clásicos, están basados en la suposición de un flujo de datos continuo e interrumpido desde y hacia los participantes. En el momento que se dedica una capacidad de canal, dicha capacidad permanece dedicada hasta que termina la comunicación (p.e. mientras dura una llamada telefónica).

Por otro lado las etiquetas de un sistema RFID se caracterizan por periodos de actividad, intercalados con periodos de inactividad, de distinta duración. La capacidad del canal tan sólo se dedica durante el tiempo justo y necesario para establecer un intercambio de datos.

En el contexto de los sistemas RFID, el proceso técnico (protocolo de acceso) que facilita el manejo de múltiples accesos, evitando así las interferencias, es llamado *sistema anticollisión*.

Por motivos de competencia, los fabricantes de sistemas no ofrecen al público los sistemas anticollisión que usan. A continuación vamos a describir los métodos multiacceso que son frecuentemente usados con el fin de ayudar a comprender los métodos anticollisión y, finalmente, expondremos algunos ejemplos de los mismos.

3.7.1 Acceso múltiple por división de espacio (SDMA)

El término *acceso múltiple por división de espacio* se refiere a técnicas que rehúsan un cierto recurso (capacidad de canal) en áreas espaciales separadas.

Una opción es reducir significativamente el área de lectura de un único lector, pero para compensarlo entonces se tiene que situar un gran número de lectores y antenas en forma de array de manera que cubran toda el área que antes cubría el lector cuando tenía más alcance. Otra opción es usar una antena direccionable eléctricamente en el lector. De este modo se puede apuntar a los tags directamente (SDMA adaptativo). De este modo varias etiquetas pueden ser diferenciadas por su posición angular en la zona de interrogación del lector (si el ángulo entre dos transponders es mayor que el ancho de haz de la antena direccional usada, un mismo canal puede ser usado varias veces).

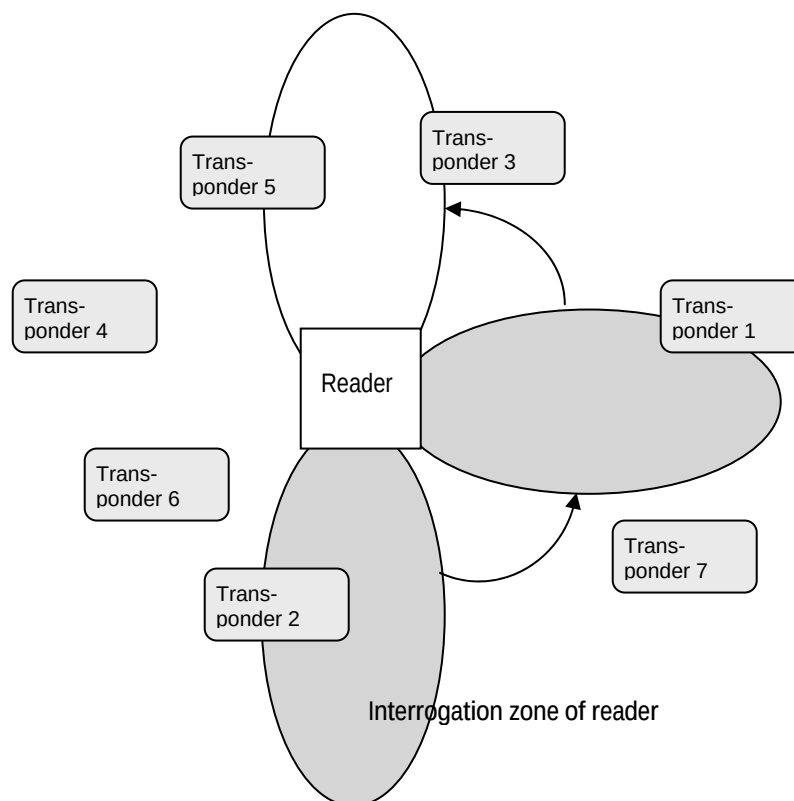


Figura 29: SDMA adaptativo con una antena direccionable eléctricamente. El ancho de haz es diseccionado a varias etiquetas; una tras la otra.

FUENTE: Elaboración propia, 2006.

Esto consiste en un grupo de dipolos que forman la antena; por esto mismo el SDMA adaptativo sólo se puede usar en aplicaciones RFID con frecuencias por encima de los 850MHz. Si se usaran frecuencias menores el tamaño de los dipolos sería excesivamente grande. Cada uno de los dipolos está colocado de manera que tiene una fase independiente de los demás dipolos. El diagrama de radiación de la antena se halla mediante la superposición de los diferentes diagramas de radiación de los dipolos situados en diferentes direcciones.

Para fijar la dirección, los dipolos están alimentados por una señal de alta frecuencia de fase variable, regulada por unos controladores de fase.

Con la intención de cubrir todo el espacio, se deberá escanear el área de interrogación usando la antena direccional hasta que una etiqueta sea hallada dentro del 'foco de búsqueda' del lector.

Un inconveniente del SDMA es el relativamente alto coste de implementación debido al complicado sistema de la antena. El uso de este tipo de técnica anticolidión, queda restringida a unas pocas aplicaciones especializadas.

3.7.2 Acceso múltiple por división de frecuencias (FDMA)

El término *acceso múltiple por división de frecuencias* se refiere a las técnicas en las cuales varios canales de transmisión con varias frecuencias portadoras, están disponibles para los participantes en la comunicación.

En los sistemas RFID esto puede ser logrado una frecuencia de transmisión no harmónica y ajustable libremente. Pueden ser usados varios canales dentro de los rangos de frecuencia definidos por las especificaciones para realizar la transmisión. Esto puede conseguirse usando varias subportadoras de diferente frecuencia cada una.

Una de los inconvenientes de los sistemas que usan FDMA es el coste relativamente elevado que supone para realizar los lectores ya que desde un receptor dedicado tiene que ser posible la recepción para cada canal.

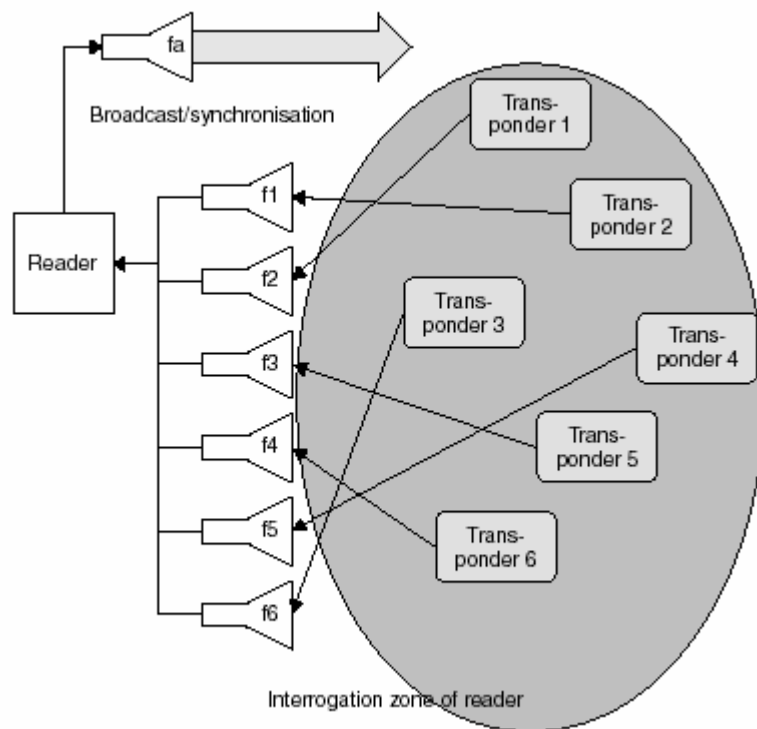


Figura 30: En los sistemas que usan FDMA existen varios canales frecuenciales para la transmisión de datos desde las etiquetas al lector.

FUENTE: Finkenzeller, 2003.

3.7.3 Acceso múltiple por división de tiempo (TDMA)

El término *acceso múltiple por división de tiempo* se refiere a las técnicas de multiacceso en las cuales un canal disponible es dividido cronológicamente entre todos los participantes de la comunicación. El uso de TDMA está particularmente extendido en el campo de los sistemas digitales de radiocomunicaciones móviles.

En los sistemas RFID, TDMA es, el método usado en un mayor número de técnicas anticolidión.

Los procedimientos que manejan los transponder son asíncronos, por lo que no existe un control de la transferencia de datos desde el lector. Este es el caso, por ejemplo, del procedimiento *ALOHA*, el cual explicaremos con más detalle a continuación.

Estos procedimientos que controlan la etiqueta son, naturalmente, muy lentos e inflexibles. La mayoría de aplicaciones usan procesos que son controlados por el lector, tomando éste el papel de 'master'. Estos métodos pueden ser considerados como síncronos, ya que todos los tags son controlados y comprobados por el lector simultáneamente.

Un único transponder es seleccionado primero, de un gran grupo de transponders en la zona de interrogación del lector usando un algoritmo concreto, y entonces la comunicación tiene lugar entre la etiqueta seleccionada y el lector. Una vez acaba la comunicación, ésta se da por finalizada y entonces el lector selecciona otro tag. Sólo una única comunicación puede ser iniciada a la vez, pero los transponder trabajan en una rápida sucesión y parece que todo ocurre en el mismo instante de tiempo. Esta es la finalidad de los métodos TDMA.

Los procedimientos controlados por el lector se pueden subdividir en '*polling*' y *búsqueda binaria*. Todos estos métodos están basados en el principio de que todos los transponders son identificados por un único 'número de serie'.

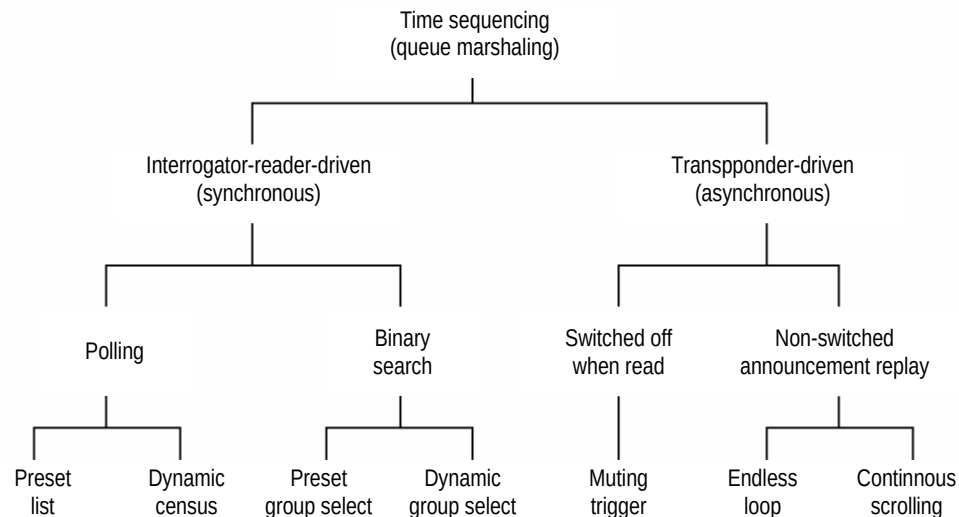


Figura 31: Clasificación de los métodos anticolidión TDMA según Hawkes (1997).
FUENTE: Finkenzeller, 2003.

El método de '*polling*' requiere una lista de todos los 'números de serie' de las etiquetas que pueden encontrarse en todo momento dentro del área de lectura en una aplicación. Todos los

códigos de los tags son interrogados por el lector uno a uno hasta que uno de los tags preguntados responde. Este proceso puede ser muy lento dependiendo del posible número de tags que pueda haber en la aplicación; por este motivo este método sólo es aplicable a sistemas que tengan un número pequeño de individuos a identificar.

El método de la '*búsqueda binaria*' es mucho más flexible además de ser uno de los procedimientos más comunes. Consiste en que el lector provoca, intencionadamente, una colisión con una etiqueta cualquiera, elegida al azar. Si el proceso tiene éxito, es imprescindible que el lector sea capaz de detectar en que precisa posición de todos los bits se ha producido la colisión usando un sistema de codificación conveniente.

3.7.4 Ejemplos de Métodos Anticolisión

En los siguientes puntos se explicará algunos de los métodos anticolisión más comúnmente usados. Los algoritmos de los ejemplos están intencionadamente simplificados de tal modo que el principio de funcionamiento puede ser entendido sin innecesarias complicaciones.

3.7.4.1 Método ALOHA

ALOHA es el más simple de todos los métodos anticolisión. Su nombre proviene del hecho de que este método multiacceso fue desarrollado en los años 70 por ALOHANET - una red de radiocomunicaciones de datos de Hawai. Este proceso es usado exclusivamente con transponders de sólo-lectura, los cuales generalmente tienen que transmitir sólo una pequeña cantidad de datos (número de serie o código), estos datos que son enviados al lector son una secuencia cíclica.

El tiempo de transmisión de los datos es tan sólo una fracción del tiempo de repetición, ya que hay pausas relativamente largas entre las transmisiones. Sin embargo, los tiempos de repetición para cada etiqueta difieren levemente. Existe una elevada probabilidad de que dos transponders puedan transmitir sus paquetes de datos en tiempos diferentes y, así, de que no colisionen el uno con el otro.

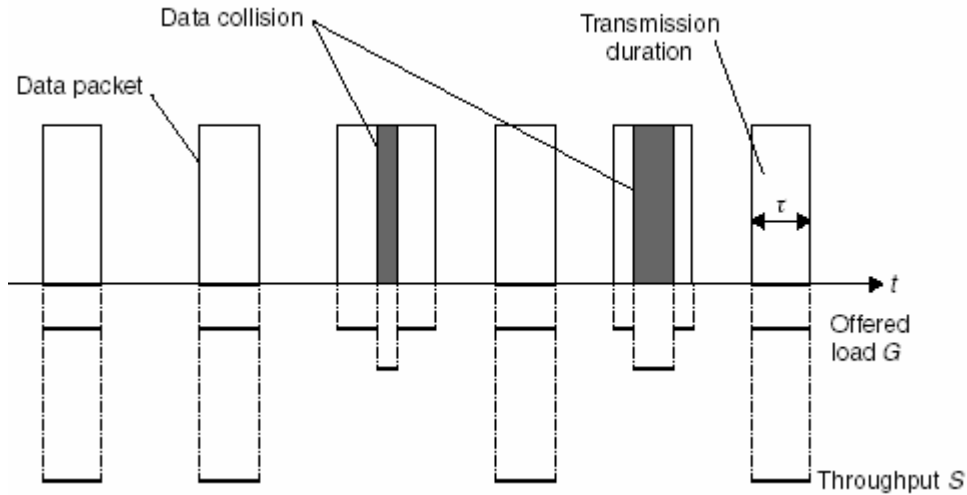


Figura 32: Secuencia temporal de una transmisión en un sistema ALHOA.
FIGURA: Finkenzeller, 2003.

El tráfico ofrecido G corresponde al número de etiquetas transmitiendo simultáneamente en un cierto punto temporal t_n . El tráfico medio ofrecido G es la media de la observación en un periodo de tiempo T y es extraordinariamente sencillo de calcular a partir de tiempo de transmisión τ de un paquete de datos:

$$G = \sum_{n=1}^n \frac{\tau_n}{T} \cdot r_n$$

donde $n=1,2,3,\dots$ corresponde al número de tags en un sistema y $r_n=0,1,2,\dots$ es el número de paquetes de datos que son transmitidos por el transponder n durante el periodo de observación. El throughput s es 1 por la duración de la transmisión libre de errores (sin colisión) de un paquete de datos. En todos los casos en los que no haya una transmisión sin colisión (no existe transmisión o no se puede leer el paquete de datos por culpa de un error provocado por una colisión) el valor del throughput es 0. El throughput medio S de un canal de transmisión es hallado a partir del tráfico ofrecido G :

$$S = G \cdot e^{(-2G)} \quad (2.1)$$

Si consideramos el throughput S en relación con el tráfico ofrecido G (ver ecuación 2.1) encontramos un máximo de un 18'4% para una $G=0,5$. Para tráfico ofrecido menor, el canal de

transmisión permanecerá sin usar la mayoría del tiempo; si el tráfico ofrecido se incrementa por el número de colisiones entre cada una de las etiquetas entonces S se incrementaría agudamente. La probabilidad de éxito q (la probabilidad de que un único paquete pueda ser transmitido sin colisiones) puede ser calculada a partir del tráfico medio ofrecido G y el throughput S :

$$q = \frac{S}{G} = e^{(-2G)}$$

Gracias a esta ecuación, algunos datasheets (hojas de especificaciones) incluyen figuras donde se muestra el tiempo necesario para ser capaz de leer todos los transponders que se encuentran en la zona de interrogación, lo que depende, evidentemente, del número de transponders que se encuentren dentro de la zona de interrogación.

La probabilidad $p(k)$ de que una transmisión observada en un periodo T tenga k paquetes libres de errores puede ser calculada a partir del tiempo de transmisión x de un paquete de datos y del tráfico medio ofrecido G . La probabilidad $p(k)$ es una distribución de Poisson con valor medio G/τ :

$$p(k) = \frac{\left(G \cdot \frac{T}{\tau}\right)^k}{k!} \cdot e^{\left(-\frac{G \cdot T}{\tau}\right)}$$

Una posibilidad para mejorar el relativamente bajo throughput del método ALOHA es el método *ALOHA Ranurado*, mediante el cual las etiquetas sólo empiezan a transmitir en unos instantes de tiempo definidos y síncronos (*time slots*). La necesaria sincronización de las etiquetas es realizada por el lector.

3.7.4.2 Algoritmo de búsqueda binaria

La implementación del algoritmo de la búsqueda binaria requiere que el bit, donde se produce la colisión sea localizado por el lector. Además, se necesita del uso de una codificación de bit conveniente; por eso vamos primero a comparar el comportamiento en las colisiones de las codificaciones NRZ y Manchester.

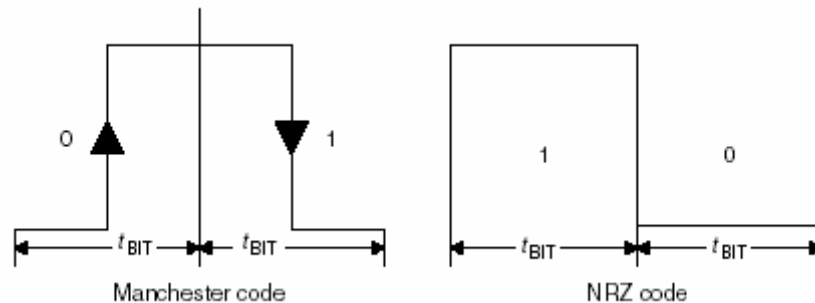


Figura 33: Codificación de bit usando códigos Manchester y NRZ
FUENTE: Finkenzeller, 2003.

- Código NRZ:** El valor de un bit es definido por el nivel estático del canal de transmisión durante una 'ventana de bit' (t_{BIT}). En nuestro ejemplo anterior un '1' lógico es codificado por un nivel 'alto' estático, mientras que un '0' lógico lo es por un nivel 'bajo' estático. Si al menos uno de los dos transponders envía una subportadora, esta es interpretada por el lector como una señal 'alta' y, en nuestro ejemplo, es asignada al valor lógico '1'. El lector no puede detectar si la señal que está recibiendo es una señal proveniente de la superposición de las señales de dos transponders o si, por el contrario, es una señal proveniente de un único tag y, por lo tanto, válida. El uso de un bloque de control de errores (paridad, CRC, etc.) puede encontrar el error en cualquier parte de un bloque de datos. De hecho no lo localiza, simplemente detecta la existencia de un error.
- Código Manchester:** El valor de un bit es definido por el cambio de nivel (transición positiva o negativa) durante una ventana de bit (t_{BIT}). En el ejemplo anterior un '0' lógico es codificado por una transición positiva; un '1' lógico es codificado por una transición negativa. El estado de 'no transmisión' no está permitido durante la transmisión de datos y es reconocido como un error. Si dos (o más) transponders transmiten simultáneamente bits de diferente valor, entonces unos cancelan a los otros y lo que sucede es que el lector

recibe un valor constante de señal durante todo el periodo de bit, lo que es reconocido como un error ya que este es un estado no permitido por la codificación Manchester. Así es posible detectar la colisión de un bit concreto.

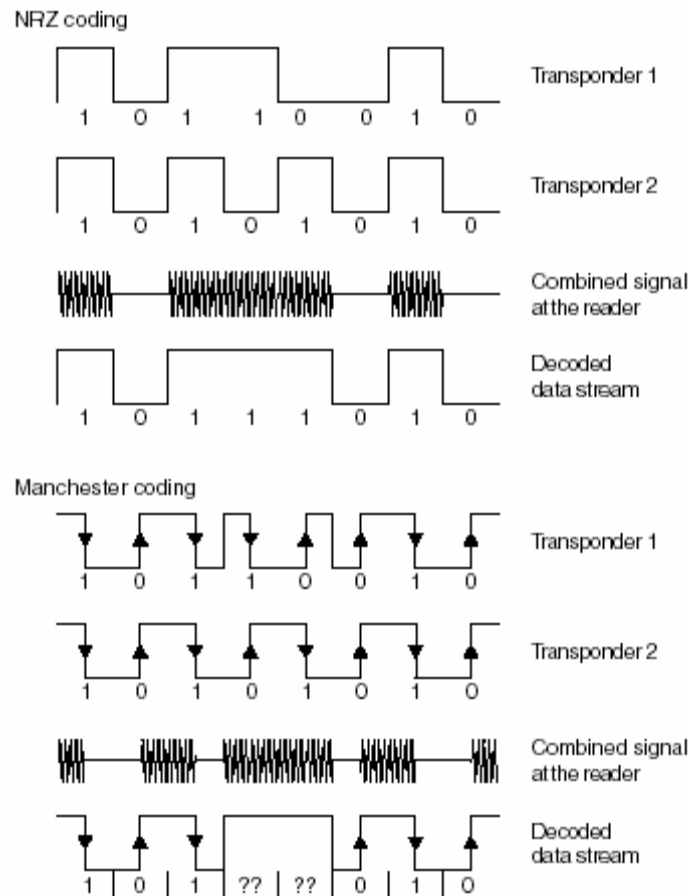


Figura 34: Comportamiento de los códigos Manchester y NRZ ante una colisión.
FUENTE: Finkenzeller, 2003.

Usaremos el código Manchester en nuestro ejemplo para explicar el algoritmo de búsqueda binaria, ya que el código Manchester hace posible detectar la colisión de un bit concreto.

Un algoritmo de búsqueda consiste en una secuencia predefinida (especificación) de interacciones (comando y respuesta) ente el lector y el transponder, con el objetivo de ser capaz de seleccionar un transponder concreto de todos los pertenecientes a un grupo grande.

Para la realización práctica del algoritmo requerimos un conjunto de comandos que puedan ser procesados por el transponder. Además cada transponder debe tener un único número de serie (por ejemplo un código EPC). En el ejemplo que explicamos a continuación usamos un número de serie de 8 bits, por lo que tan sólo podemos garantizar 2^8 códigos distintos (256 códigos) y, por lo tanto, tan sólo podrá haber 256 etiquetas en el sistema.

REQUEST	Este comando manda un número de serie a los transponders como parámetro. Si el número de serie del transponder que lo recibe es menor o igual que el número de serie que manda el lector, entonces el transponder manda su propio número de serie hacia el lector. Así el grupo de transponders que responden pueden ser preseleccionados y reducidos.
SELECT (SNR)	Envía, como parámetro, un número de serie previamente seleccionado (SNR) al transponder. El transponder que tiene este número se prepara para poder recibir comandos de lectura o escritura. Los transponders con diferente número de serie tan sólo responderán a un REQUEST.
READ_DATA	El transponder seleccionado envía los datos almacenados al lector (existen sistemas que también tienen comandos de escritura, autenticación, etc.)
UNSELECT	La selección de un transponder preseleccionado anteriormente se cancela y el transponder es 'silenciado'. En este estado el tag está completamente inactivo y no responder a los REQUEST. Para reactivarlo, debe ser reseteado apartándolo temporalmente del área del interrogación del lector (lo que es lo mismo que cortarle la fuente de alimentación).

El uso de los comandos que acabamos de definir en el algoritmo de búsqueda binaria será demostrado basado en el funcionamiento de un ejemplo con cuatro etiquetas dentro del área de interrogación. Los transponders de nuestro ejemplo poseen un único número de serie dentro del rango 00 – FFh (= 0 – 255 dec. o 00000000 – 11111111 bin.).

Transponder 1	10110010
Transponder 2	10100011
Transponder 3	10110011
Transponder 4	11100011

Tabla 5: Lista de transponders usados para el ejemplo.
FUENTE: Finkenzeller, 2003.

La primera iteración del algoritmo empieza con la transmisión del comando REQUEST (≤ 11111111) por parte del lector. El número de serie 11111111b es el más grande posible, así que con este comando se preguntaría a todos los transponders dentro del área de interrogación. Una precisa sincronización de todas las etiquetas, hace que empiecen a transmitir todos sus números de serie exactamente en el mismo instante de tiempo, lo que es muy importante para conseguir un funcionamiento seguro del árbol del algoritmo de búsqueda binaria. Sólo de este modo es posible una precisa localización de bit donde se ha producido la colisión.

Como vemos en la tabla que viene a continuación, tenemos colisión (X) en los bits 0, 4 y 6 del número de serie recibido como superposición de las diferentes secuencias de los transponder que han respondido. El hecho de que haya una o más colisiones en los números de serie recibidos los lleva a pensar que tenemos más de un tag dentro del área de interrogación. Para ser más precisos, la secuencia de bits recibida 1X1X001X nos indica que tenemos aún ocho posibilidades de números de serie que tienen que ser detectados.

Bit number:	7	6	5	4	3 2 1	0
Received data in the reader	1	X	1	X	001	X
Possible serial number A	1	0	1	0	001	0
Possible serial number B*	1	0	1	0	001	1
Possible serial number C*	1	0	1	1	001	0
Possible serial number D*	1	0	1	1	001	1
Possible serial number E	1	1	1	0	001	0
Possible serial number F*	1	1	1	0	001	1
Possible serial number G	1	1	1	1	001	0
Possible serial number H	1	1	1	1	001	1

Tabla 6: Posibles números de serie después de evaluar los datos recibidos y teniendo en cuenta las colisiones (X) que han ocurrido en la primera iteración. Cuatro de las posibles direcciones (*) son las toman fuerza aquí.
FUENTE: Finkenzeller, 2003.

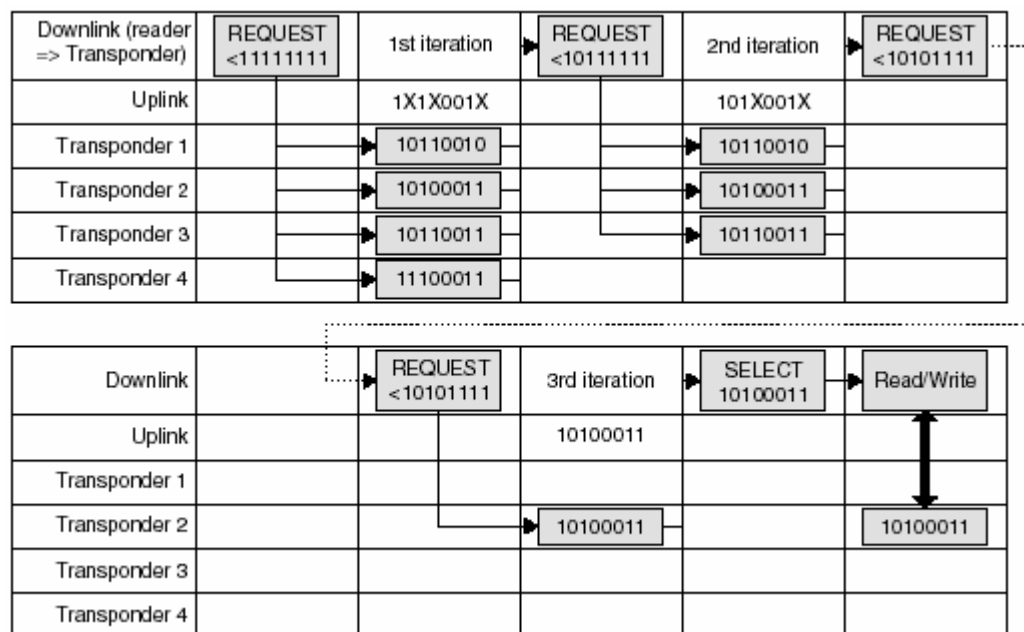


Figura 35: Los diferentes números de serie que son devueltos por los transponder en respuesta al comando REQUEST provocan una colisión. Por la restricción selectiva del rango preseleccionado de direcciones en las siguientes iteraciones, finalmente un solo tag responderá.

FUENTE: Finkenzeller, 2003.

La regla general para limitar el área de búsqueda (rango) se muestra en la Tabla 7.

Search command	1st iteration range	n th iteration range =
$\text{REQUEST} \geq \text{Range}$	0	$\text{Bit}(X) = 1, \text{Bit}(0 \text{ to } X - 1) = 0$
$\text{REQUEST} \leq \text{Range}$	SNRmax	$\text{Bit}(X) = 0, \text{Bit}(0 \text{ to } X - 1) = 1$

Tabla 7: Regla general para formar el parámetro dirección en el árbol de la búsqueda binaria. En cada caso, el bit (X) es el de mayor peso de la dirección recibida desde el transponder en el cual ha ocurrido una colisión en la iteración inmediatamente anterior.

FUENTE: Finkenzeller, 2003.

Después de que el lector haya transmitido el comando REQUEST (≤ 10111111), todos los transponders que cumplen esta condición responderán enviando su número de serie al lector. En nuestro ejemplo estos son los transponders 1, 2 y 3. Ahora hay una colisión (X) de los bits 0 y 4 del número de serie recibido. A partir de esto podemos sacar la conclusión de que hay, al menos, dos transponders en el rango de la segunda iteración. La secuencia recibida 101X001X aún permite 4 opciones para los posibles números de serie a detectar.

Bit number:	7 6 5	4	3 2 1	0
Received data at reader	101	X	001	X
Possible serial number A	101	0	001	0
Possible serial number B*	101	0	001	1
Possible serial number C*	101	1	001	0
Possible serial number D*	101	1	001	1

Tabla 8: Posibles números de serie en el rango de búsqueda después de evaluar la segunda iteración. Los transponders marcados (*) son los más probables actualmente.

FUENTE: Finkenzeller, 2003.

La nueva aparición de colisiones en la segunda iteración requiere una nueva restricción del rango de búsqueda en una tercera iteración. El uso de la regla de la tabla (7) nos lleva al rango de búsqueda ≤ 10101111 . Ahora el lector vuelve a transmitir a las etiquetas el comando REQUEST (≤ 10101111). Esta condición es, finalmente, cumplida sólo por el transponder 2, el cual responde ahora al comando sin que exista colisión posible. Así hemos detectado un número de serie válido – ya no es necesaria una nueva iteración.

Gracias al siguiente comando que hemos explicado (SELECT), el transponder 2 es seleccionado usando la dirección detectada y puede ser ahora leído o escrito sin interferencias por parte de los otros transponders. Todos los tags están ‘callados’ y sólo el seleccionado responde al comando de lectura/escritura – READ_DATA.

Después de completar la operación de lectura/escritura, el transponder 2 puede ser completamente desactivado usando el comando UNSELECT, de manera que no responda al próximo comando REQUEST. De este modo el número de iteraciones necesario para seleccionar los demás transponders irá disminuyendo gradualmente.

La media de iteraciones L necesaria para detectar un único transponder de entre un gran número de ellos depende del número total de transponders N que se encuentran en el área de interrogación del lector, y puede ser calculada fácilmente:

$$L(N) = \lg(N) + 1 = \frac{\log(N)}{\log(2)} + 1$$

Si tan sólo un transponder se encuentra en la zona de interrogación del lector, entonces tan sólo se requiere una iteración para detectar su número de serie – no existe colisión en este caso. Si hay más de un transponder en la zona de interrogación del lector, entonces el número medio de iteraciones va incrementando gradualmente, siguiendo la curva:

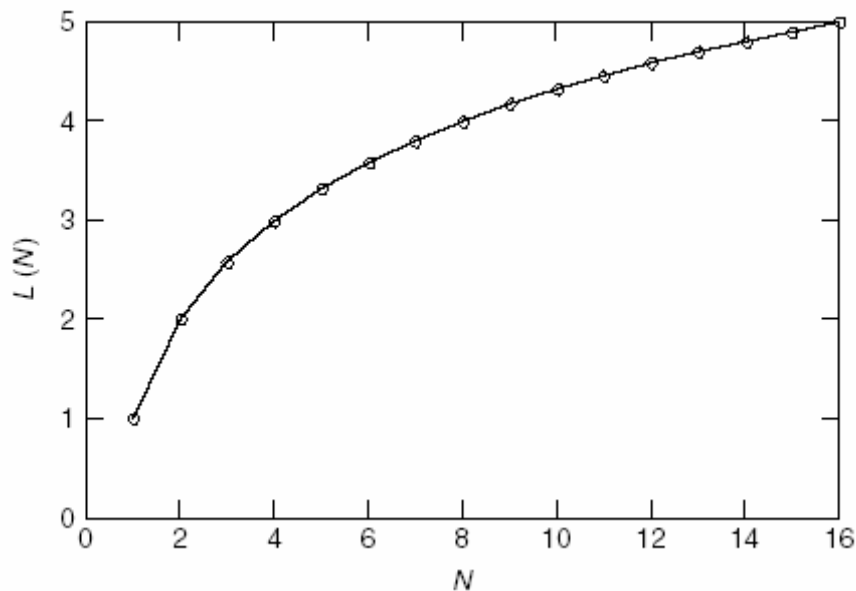


Figura 36: El número medio de iteraciones necesitado para determinar la dirección del transponder (número de serie) de un único transponder en función del número total de transponders que se encuentran en el área de interrogación. Cuando tenemos 32 transponders en el área de interrogación hacen falta una media de seis iteraciones, para 65 transponders una media de siete, para 128 transponders una media de ocho iteraciones, etc.

FUENTE: Finkenzeller, 2003.

3.7.4.3 Algoritmo de la búsqueda binaria dinámica.

En el método de la búsqueda binaria que vamos a explicar, el criterio de búsqueda y el número de serie de los transponders son siempre transmitidos en su longitud total. En la práctica, de todos modos, los números de serie de los transponders no consisten en un solo byte, como en el ejemplo, sino que dependiendo del sistema puede tener más de 10 bytes, lo que significa que toda esta información debe ser transmitida para poder seleccionar un único transponder. Si investigamos el flujo de datos entre el lector y los transponders individualmente y en más detalle encontramos que:

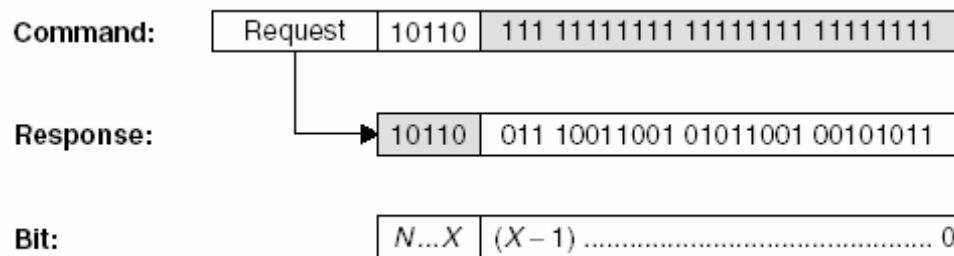


Figura 37: El comando del lector (n -ésima iteración) y la respuesta del transponder cuando un número de serie de 4 bytes ha sido seleccionado. Una gran parte de los datos de la solicitud (REQUEST) y de la respuesta (número de serie) es redundante (mostrado en gris). X se usa para situar del bit de mayor peso en el cual ha ocurrido una colisión en la iteración inmediatamente anterior.

FUENTE: Finkenzeller, 2003.

- Desde el bit $(X-1)$ al 0 del comando REQUEST no contiene información adicional a partir del momento en que se fijan todos los bits a 1.
- Desde el bit N al X del número de serie en la respuesta del transponder no contiene información adicional para el lector ya que es una información predeterminada y, por lo tanto, conocida.

Por lo tanto vemos que las partes complementarias de la información adicional transmitida son redundantes y que, por eso mismo, no necesitan ser transmitidas. Esto nos muestra rápidamente que podemos encontrar un algoritmo optimizado. En vez de transmitir toda la longitud de los números de serie en ambas direcciones, se puede partir teniendo en cuenta el bit X . El lector ahora tan sólo manda la parte conocida ($N - X$) del número de serie para ser determinado como el criterio de búsqueda en el comando REQUEST y entonces interrumpe la transmisión. Todos los transponders que coinciden en sus bits N al X con el criterio de búsqueda, responden enviando los bits que faltan, es decir, del $X-1$ al 0 de su número de serie. Los transponders son informados del número de bits de la subsecuencia por un parámetro adicional (NVB =número válido de bits) en el comando REQUEST.

Si nos fijamos en el ejemplo que hemos descrito en el apartado de *Algoritmo de búsqueda binaria* y lo aplicamos ahora, vemos que desde que aplicamos la regla de la tabla (7), el número de iteraciones corresponde con las del ejemplo anterior pero, sin embargo, el número de bits

transmitidos (y por lo tanto el número de tiempo necesitado) puede ser reducido por debajo del 50%.

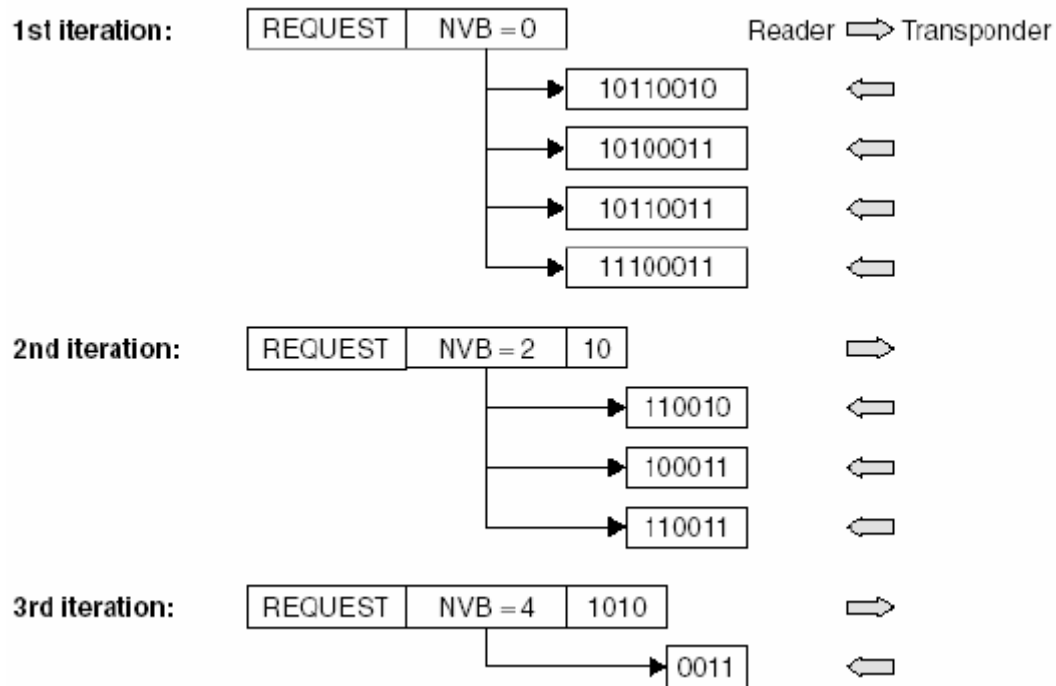


Figura 38: El algoritmo de búsqueda binaria dinámica evita la transmisión de partes redundantes del número de serie. El tiempo de transmisión es, así, reducido considerablemente.

FUENTE: Finkenzeller, 2003.

3.8 Principios físicos de los sistemas RFID

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

3.8.1 Campo magnético $\vec{H}$

Cada movimiento de carga se asocia con un campo magnético. La presencia de los campos magnéticos se demuestra, por ejemplo, en la creación de una corriente eléctrica secundaria. El campo magnético depende de las cargas que lo crean, del punto donde se estudia, y del medio donde se crea el campo. Pero experimentalmente se descubrió que existe una magnitud que no depende del medio donde se cree, esta magnitud del campo magnético se define como intensidad del campo magnético H . Se puede ver en (2.2) y (2.3) la relación con el campo magnético $\vec{B}$, como es la relación entre el campo magnético y la corriente que circula, por ejemplo, por un conductor.

$$\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu} \quad (2.2)$$

$$\sum I = \oint \vec{H} \cdot d\vec{s} \quad (2.3)$$

Podemos usar (2.2) para calcular el campo magnético para diferentes tipos de conductores, como los de la FIGURA 39.

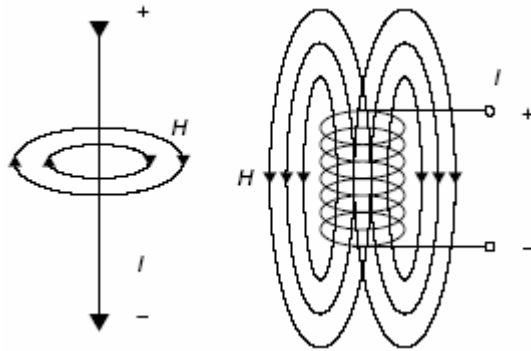


FIGURA 39: Líneas de flujo magnético alrededor de un hilo conductor y de una bobina.
FUENTE: Finkenzeller, 2003.

En las tablas 9 y 10 podemos ver las constantes usadas en los cálculos de campos magnéticos, las unidades y abreviaturas.

Constantes	Símbolo	Valor y unidad
Constante de campo eléctrico	ϵ_0	$8,85 \times 10^{-12}$ As/Vm
Constante de campo magnético	μ_0	$1,257 \times 10^{-6}$ Vs/Am
Velocidad de la luz	c	299.799 km/s
Constante de Boltzmann	k	$1,380\ 662 \times 10^{-23}$ J/K

Tabla 9: Constantes

FUENTE: Young H., 2000.

Variable	Symbol	Unit	Abbreviation
Magnetic field strength	H	Ampere per meter	A/m
Magnetic flux (n = number Of windings)	Φ	Volt seconds	Vs
Magnetic inductance	$\psi = n\Phi$ B	Volt seconds per meter squared	Vs/m ²
Inductance	L	Henry	H
Mutual inductance	M	Henry	H
Electric field strength	E	Volts per meter	V/m
Electric current	I	Ampere	A
Electric voltage	U	Volt	V
Capacitance	C	Farad	F
Frequency	f	Hertz	Hz
Angular frequency	$\omega = 2\pi f$	1/seconds	1/s
Length	l	Meter	M
Area	A	Meter squared	M ²
Speed	v	Meters per second	m/s
Impedance	Z	Ohm	Ω
Wave length	λ	Meter	M
Power	P	Watt	W
Power density	S	Watts per meter squared	W/m ²

Tabla 10: Unidades y abreviaturas

FUENTE: Young H., 2000.

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

3.8.2 Campo magnético H en espiras

Un aspecto importante para los diseños en la trayectoria que forma campo magnético (H) creado por una corriente que atraviesa unas espiras (conductor loop), también llamadas "short cylindrical coils". Estas espiras son usadas como antenas generadoras de un campo magnético en diseños de sistemas RFID con acoplamiento inductivo. Podemos ver en la FIGURA 40 las líneas de campo magnético en conductores cilíndricos.

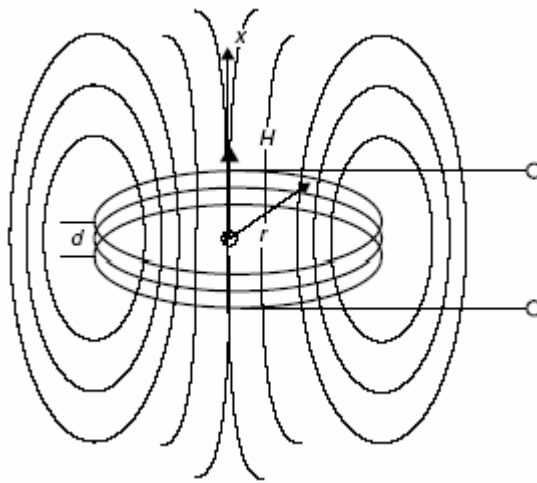


Figura 40: Las líneas de flujo magnético que alrededor de los conductores en espira son similares a las empleadas en las antenas transmisoras de los sistemas RFID de acoplamiento inductivo. FUENTE: Finkenzeller, 2003.

El campo magnético H decrece con la distancia en el eje x . También se sabe que el campo H en relación con el radio de la espira r , permanece constante a una cierta distancia, y comienza a decrecer rápidamente. La FIGURA 41 permite visualizar gráficamente estas relaciones.

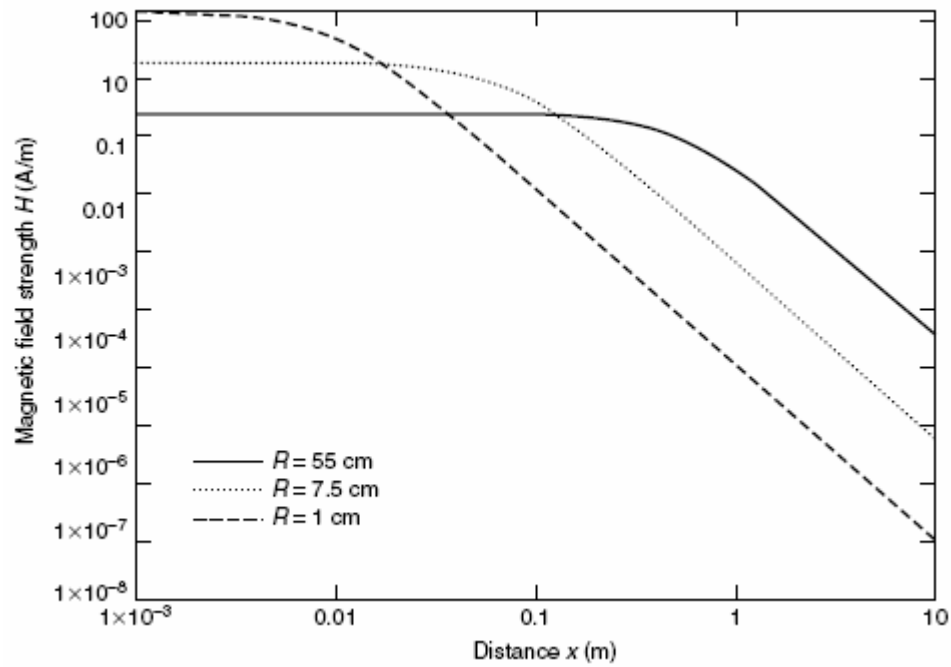


Figura 41: Intensidad del campo magnético H en relación con la distancia del centro de las espiras (eje x) y el radio de las espiras.

FUENTE: Finkenzeller, 2003.

Para calcular el valor de H en el eje x usamos (2.4).

$$H = \frac{I \cdot N \cdot R^2}{2\sqrt{(R^2 + x^2)^3}} \quad (2.4)$$

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

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

$$H = \frac{I \cdot N}{2R} \quad (2.5)$$

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

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

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

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

3.8.3 Flujo magnético y densidad del flujo magnético

El número total de líneas de campo magnético que pasan a través de una espira circular se conoce como flujo magnético Φ , definido en un área A y con una densidad de flujo magnético B como podemos ver en la FIGURA 42. La fórmula (2.6) representa esta relación.

$$\Phi = B \cdot A \quad (2.6)$$

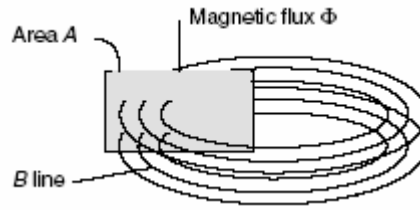


Figura 42: Relación entre el flujo magnético Φ y la densidad de flujo B .
FUENTE: Finkenzeller, 2003.

La relación entre el campo magnético $\vec{B}$ y el campo magnético H se expresa según (2.7)

$$B = \mu_0 \mu_r H = \mu H \quad (2.7)$$

Donde la constante μ_0 describe la conductividad magnética o permeabilidad en el vacío. La variable μ_r es la permeabilidad relativa e indica cuanto de grande o cuanto de pequeña es que μ_0 dependiendo del material.

3.8.4 Inductancia L

Cualquier circuito es atravesado por un flujo creado por el mismo y que debe ser proporcional a la intensidad que lo recorre como vemos en (2.8). El flujo es particularmente elevado si el conductor tiene forma de espira. Normalmente hay más de una espira, N espiras en la misma área A , a través de las cuales circula la misma corriente. Cada espira contribuye con la misma proporción Φ al flujo total Ψ , podemos ver la relación en (2.8).

$$\psi = \sum_N \phi_N = N \cdot \phi = N \cdot \mu \cdot H \cdot A \quad (2.8)$$

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

$$L = \frac{\psi}{I} = \frac{N \cdot \phi}{I} = \frac{N \cdot \mu \cdot H \cdot A}{I} \quad (2.9)$$

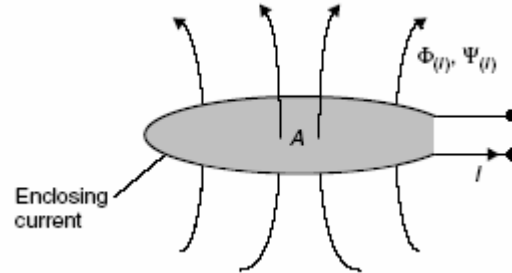


Figura 43: Definición de Inductancia L
FUENTE: Finkenzeller, 2003.

La inductancia es una de las características variables de este tipo de conductores.

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

Si suponemos que el diámetro d del conductor usado es muy pequeño comparado con el diámetro D de la espira del conductor ($d/D < 0.0001$), podemos realizar la aproximación (2.10):

$$L = N^2 \cdot \mu_0 \cdot R \cdot \ln\left(\frac{2R}{d}\right) \quad (2.10)$$

Dónde R es el radio de la espira del conductor y d el diámetro del conductor usado.

3.8.5 Inductancia Mutua M

La inductancia mutua se produce por la proximidad de dos conductores en forma de espira. La corriente que atraviesa una de las espiras induce un flujo magnético en el otro y al inverso. La magnitud del flujo inducido, depende de las dimensiones geométricas de ambos conductores, la posición de un conductor respecto al otro y las propiedades magnéticas del medio. Para dos conductores de áreas A_1 y A_2 , e I_1 la corriente que circula por la primera espira vemos:

$$M_{21} = \frac{\psi_{21}(I_1)}{I_1} = \oint_{A_2} \frac{B_2(I_1)}{I_1} \cdot dA_2 \quad (2.11)$$

Por definición tenemos que la inductancia mutua es igual:

$$M = M_{12} = M_{21} \quad (2.12)$$

La inductancia mutua siempre esta presente entre dos circuitos electrónicos, en este principio físico es en el que se basa el acoplamiento inductivo de los sistemas RFID.

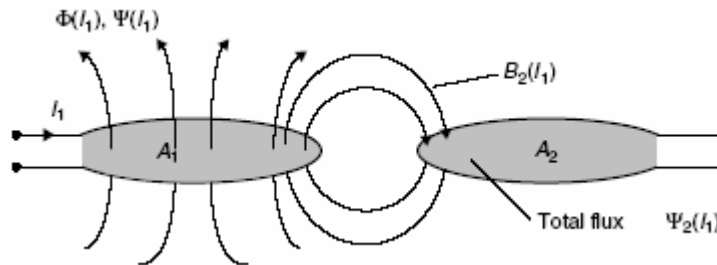


Figura 44: Podemos ver la definición de inductancia mutua por dos espiras.
FUENTE: Finkenzeller, 2003.

Si aplicamos (2.13) a dos espiras:

$$M_{12} = \frac{\mu_0 \cdot N_1 \cdot R_1^2 \cdot N_2 \cdot R_2^2 \cdot \pi}{2\sqrt{(R_1^2 + x^2)^3}} \quad (2.13)$$

$$M_{12} = \frac{B_2(I_1) \cdot N_2 \cdot A_2}{I_1} = \frac{\mu_0 \cdot H(I_1) \cdot N_2 \cdot A_2}{I_1} \quad (2.13)$$

3.8.6 Coeficiente de acoplamiento k

Si la inductancia mutua describía cualitativamente el flujo creado por la corriente que circula por otra espira, el coeficiente de acoplamiento realiza una predicción cualitativa de la inducción creada entre dos espiras independientemente de las dimensiones geométricas de los conductores.

$$k = \frac{M}{\sqrt{L_1 \cdot L_2}} \quad (2.14)$$

Tenemos que $0 \leq k \leq 1$, por lo que en los casos extremos:

k=0: No hay acoplamiento debido a la gran distancia no hay acción del campo magnético.

k=1: Acoplamiento total. Las dos espiras están sometidas al mismo Φ . El transformador es la aplicación técnica con total acoplamiento.

3.8.7 Ley de Faraday

Los circuitos en los que se inducen las corrientes tienen una determinada resistencia. Para que en un circuito resistivo circule una corriente eléctrica es necesario que exista en él una fuerza electromotriz. Si un circuito está sometido a variaciones de flujo magnético, existe en él una fuerza electromotriz que estará relacionada con la variación de flujo magnético.

El efecto del campo eléctrico generado depende de las propiedades del material donde se provoca.

La ley de Faraday en general se escribe a (2.15)

$$u_i = \oint E_i \cdot ds = - \frac{d\psi(t)}{dt} \quad (2.15)$$

Para comprender el acoplamiento inductivo en los sistemas RFID debemos considerar el efecto de la inductancia en el acoplamiento magnético en bobinas. Una corriente variante en el tiempo $i_1(t)$ en una espira L_1 , genera un flujo magnético variante en el tiempo $\frac{d\phi(t)}{dt}$. Por tanto, un voltaje es inducido en las espiras L_1 y L_2 . Como ya hemos comentado anteriormente, podemos diferenciar entre que el voltaje inducido sea en el mismo conductor del circuito, o que el voltaje inducido sea en el conductor adyacente.

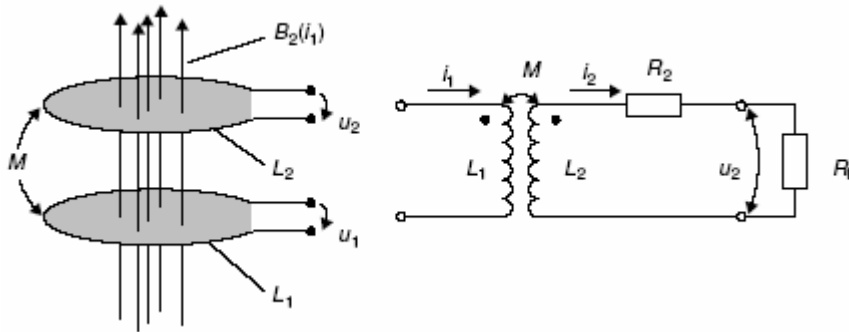


Figura 45: Representación y circuito equivalente del acoplamiento magnético inductivo.
FUENTE: Finkenzeller, 2003.

En un sistema RFID con acoplamiento inductivo L_1 representaría la antena del lector y L_2 la antena del transponder. La corriente consumida es representada por el resistor de carga R_L . Un flujo variante en el tiempo produce un voltaje u_{21} en el conductor L_2 debido a la inductancia mutua M . La corriente que circula crea un voltaje adicional, este voltaje se puede medir en los terminales de R_L . La corriente que atraviesa L_2 genera un flujo magnético $\Psi_1(i_1)$. Podemos ver el voltaje en (2.16).

$$u_2 = + \frac{d\psi_2}{dt} = M \frac{di_1}{dt} - L_2 \frac{di_2}{dt} - i_2 R_2 \quad (2.16)$$

3.8.8 Resonancia

El voltaje inducido u_2 en la antena del transponder es usado como alimentación necesaria para el chip en su proceso de almacenamiento de datos en memoria. Para mejorar la eficiencia un capacitador C_2 se conecta en paralelo con la bobina del transponder L_2 , como vemos en la FIGURA 46, de manera que forma un circuito paralelo resonante con una frecuencia resonante que es la frecuencia de operación del sistema de RFID. La frecuencia resonante se puede calcular en (2.17).

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_2 \cdot C_2}} \quad (2.17)$$

En la práctica existe un capacitador parásito en paralelo C_p por lo que el valor del capacitador sería C'_2 , como vemos en (2.18).

$$C'_2 = \frac{1}{(2 \cdot \pi \cdot f)^2 L_2} - C_p \quad (2.18)$$

En la FIGURA 46 podemos ver el circuito equivalente de un transponder real, donde R_2 es la resistencia natural de la bobina del transponder L_2 y el consumo de corriente del chip viene dado por la resistencia de carga R_L .

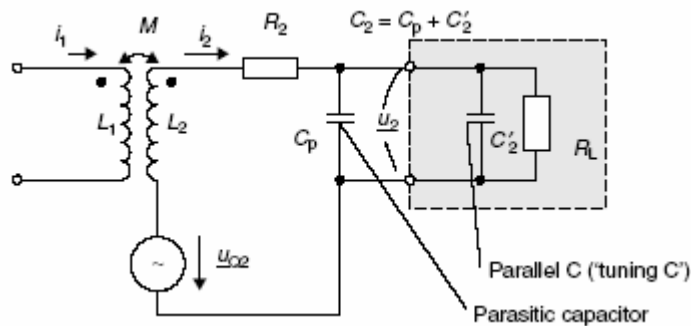


Figura 46: Diagrama del circuito equivalente para el acoplamiento magnético de dos bobinas. La bobina L_2 y el condensador en paralelo C_2 forman el circuito resonante.

FUENTE: Finkenzeller, 2003.

Cuando la frecuencia de operación es igual a la frecuencia de resonancia del circuito tenemos el mayor voltaje en la resistencia R_L .

Se introduce el factor Q para comprobar como influyen los componentes del circuito R_L , R_2 y L_2 en el voltaje u_2 . El factor Q es sencillo de calcular, (2.19), en este caso ω es la frecuencia angular, y es igual a $2\pi f$ en el circuito resonante.

$$Q = \frac{1}{R_2 \cdot \sqrt{\frac{C_2}{L_2}} + \frac{1}{RL} \cdot \sqrt{\frac{L_2}{C_2}}} = \frac{1}{\frac{R_2}{\omega L_2} + \frac{\omega L_2}{R_L}} \quad (2.19)$$

El voltaje u_2 es proporcional a la calidad del circuito resonante, lo que quiere decir que, depende de R_2 y R_L . Por tanto, a la hora de diseñar el transponder tendremos en cuenta estos parámetros y seleccionarlos para optimizar el rango de alcance del sistema.

3.8.9 Funcionamiento práctico de los transponders

Ya hemos tratado el tema de la alimentación en los transponders, por lo que teníamos transponders activos que incorporaban su propia batería que era la encargada de alimentar el chip en su proceso de lectura/escritura; mientras que los transponder pasivos eran únicamente alimentados con el voltaje u_2 , comentado anteriormente.

El voltaje inducido u_2 en la antena del transponder alcanza rápidamente valores elevados. Este voltaje hay que regularlo, para ello, independientemente de los valores del coeficiente de acoplamiento k o de otros parámetros, se utiliza el resistor R_s conectado en paralelo con la resistencia de carga R_L . Podemos ver el circuito equivalente en la FIGURA 47.

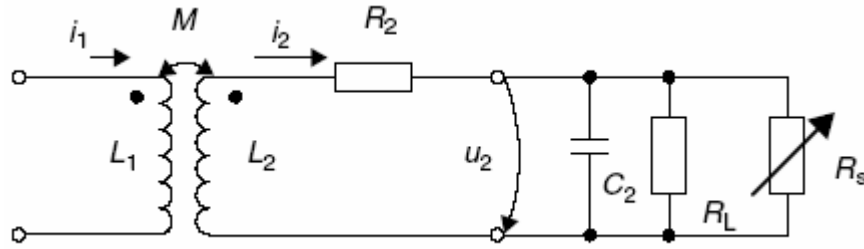


Figura 47: Regulador del voltaje en el transponder.

FUENTE: Finkenzeller, 2003.

La tensión incrementa en medida que el valor de R_s disminuye.

En el proceso de funcionamiento del transponder tenemos el valor del campo de interrogación del transponder, $H_{\min}$. Es la mínima intensidad de campo (a la máxima distancia entre transponder y reader) a la cual el voltaje inducido u_2 es justo el suficiente para realizar las operaciones del chip.

Para el cálculo de $H_{\min}$ tenemos (2.20), donde N es el número de espiras de la bobina L_2 , y A es la sección de la bobina.

$$H_{\min} = \frac{u_2 \cdot \sqrt{\left(\frac{\omega L_2}{R_L} + \omega R_2 C_2\right)^2 + \left(1 - \omega^2 L_2 C_2 + \frac{R_2}{R_L}\right)^2}}{\omega \cdot \mu_0 \cdot A \cdot N} \quad (2.20)$$

En (2.20) vemos que el campo de interrogación depende de la frecuencia por medio del factor $\omega=2\pi f$ y del área A de la antena, del número de espiras N de la bobina, del mínimo voltaje u_2 y de la resistencia de entrada R_2 . Por eso cuando la frecuencia de transmisión del lector corresponde con la frecuencia de resonancia del transponder, el campo de interrogación mínimo $H_{\min}$ tiene su valor mínimo.

Para optimizar la sensibilidad de un sistema RFID con acoplamiento inductivo, la frecuencia de resonancia del transponder debe ser precisamente la frecuencia de resonancia del lector. Desafortunadamente, esto no es siempre posible en la práctica.

Primero, en la fabricación del transponder puede haber tolerancias, las cuales, pueden provocar una desviación en la frecuencia de resonancia. Segundo, por razones técnicas a la hora de configurar la frecuencia de resonancia del transponder, hay procedimientos que pueden diferenciarla de la frecuencia de transmisión del lector (por ejemplo en sistemas que usan procedimientos de anticolidión para que dos transponders no se estorben a la hora de comunicar datos).

En la ecuación (2.21) la frecuencia de resonancia es calculada como el producto de $L_2 C_2$.

$$L_2 C_2 = \frac{1}{(2\pi \cdot f_0)^2} = \frac{1}{\omega_0^2} \quad (2.21)$$

Si lo sustituimos en (2.22) encontramos la dependencia de H_{min} con la frecuencia del lector (ω) y la frecuencia de resonancia del transponder (ω_0). Se basa en el supuesto que la variación en la frecuencia de resonancia del transponder esta causada por la variación de C_2 .

$$H_{min} = \frac{u_2 \cdot \sqrt{\omega^2 \left(\frac{L_2}{R_L} + \frac{R_2}{\omega_0^2 L_2} \right)^2 + \left(\frac{\omega_0^2 - \omega^2}{\omega_0^2} + \frac{R_2}{R_L} \right)^2}}{\omega \cdot \mu_0 \cdot A \cdot N} \quad (2.22)$$

Si se conoce H_{min} , entonces se puede conocer el rango de energía asociado a ese rango de alcance del lector. El rango de energía del transponder, es la distancia desde la antena del lector, a la cual la energía, para que opere el transponder es justo la suficiente (definido como u_2 en R_L), lo vemos en (2.23). El resultado de la pregunta de si el rango de energía es el igual al máximo alcance funcional que tiene el sistema, depende de, si la transmisión de datos desde el transponder puede ser detectado por el lector a esa distancia en cuestión.

$$x = \sqrt[3]{\left(\frac{I \cdot N_1 \cdot R^2}{2 \cdot H_{min}} \right)^2 - R^2} \quad (2.23)$$

En (2.23) tenemos I como la corriente que circula por la antena, R el radio de las espiras y el número de espiras de la antena transmisora como N .

Se puede decir, que cuando incrementa el consumo de corriente, una R_L más pequeña, la sensibilidad del lector se incrementa, por lo que, el rango de energía decrece.

Durante todas las explicaciones hemos considerado un campo H homogéneo paralelo al eje de la bobina x . Por ejemplo la tensión inducida por un campo magnético en un ángulo θ viene dada (2.24).

$$u_{0\theta} = u_0 \cdot \cos(\theta) \quad (2.24)$$

Donde u_0 es el voltaje inducido cuando la espira es perpendicular al campo magnético, mientras que, cuando el ángulo formado es de 90° no hay voltaje inducido en la espira. Podemos ver un ejemplo en la FIGURA 48 de las diferentes zonas alrededor de los lectores. Por eso, los transponders orientados en el eje x de la bobina obtienen un rango de lectura óptimo.

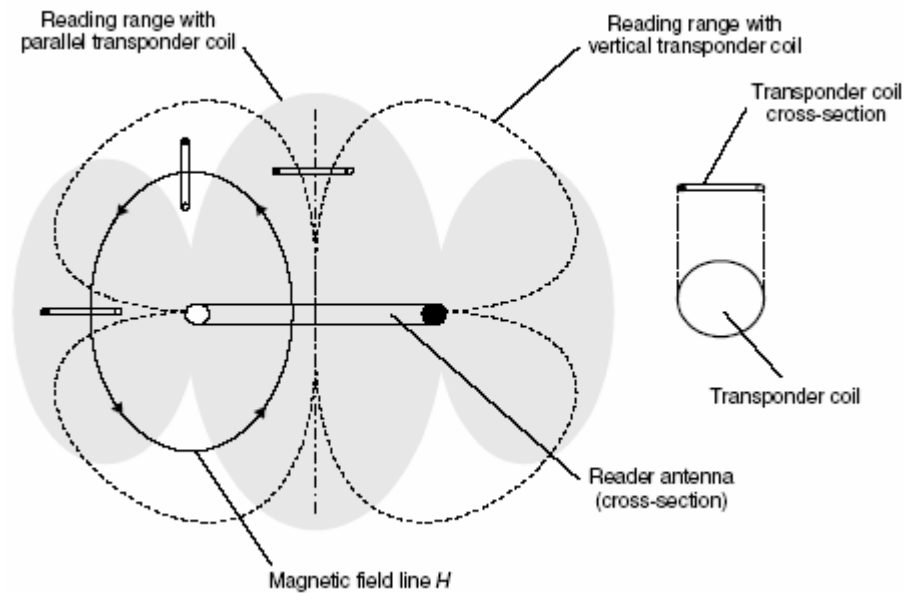


Figura 48: Zonas de interrogación del lector para diferentes alineamientos del transponder.
FUENTE: Finkenzeller, 2003.

3.8.10 Sistema Transponder-Reader

En este punto consideraremos las características de los sistemas con acoplamiento inductivo desde el punto de vista del transponder. En la FIGURA 49 podemos ver el diagrama del circuito de un lector. La bobina necesaria para generar el campo magnético L_1 . El resistor en serie R_1 corresponde con las pérdidas resistivas de las espiras de la bobina. Para obtener la máxima corriente en la bobina a la frecuencia de operación del reader f_{TX} , se crea el circuito resonante en serie con la frecuencia de resonancia $f_{RES} = f_{TX}$, con la conexión en serie del capacitador C_1 . Se calcula con (2.25).

$$f_{TX} = f_{RES} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 \cdot C_1}} \quad (2.25)$$

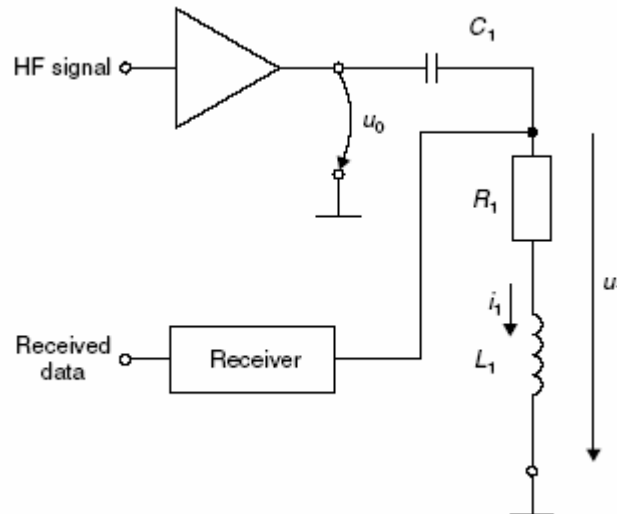


Figura 49: Diagrama del circuito equivalente de un lector RFID.
FUENTE: Finkenzeller, 2003.

3.8.11 Ondas electromagnéticas

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

Como el campo magnético propaga un campo eléctrico, éste originalmente puramente magnético se va transformando en un campo electromagnético. Además a la distancia de $\lambda/2\pi$ el campo electromagnético comienza a separarse de la antena y comienza a desplazarse por el espacio en forma de onda electromagnética, podemos ver como se crea una onda electromagnética en la FIGURA 50.

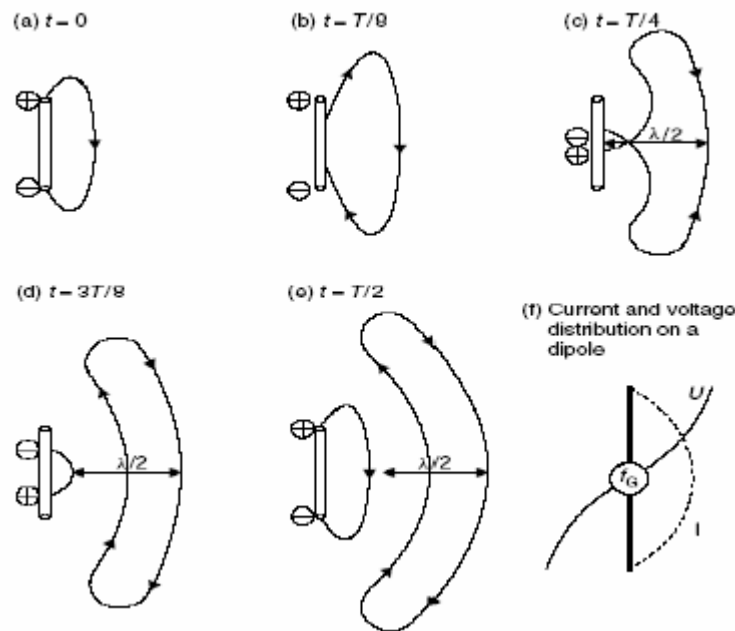


Figura 50: Creación de una onda electromagnética en un dipolo. El campo magnético forma un anillo alrededor de la antena.

FUENTE: Finkenzeller, 2003.

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

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

En la FIGURA 51 podemos observar como en el “near field” el campo magnético decrece en función de $1/d^3$ mientras que en el “far field” sólo decrece en función de $1/d$.

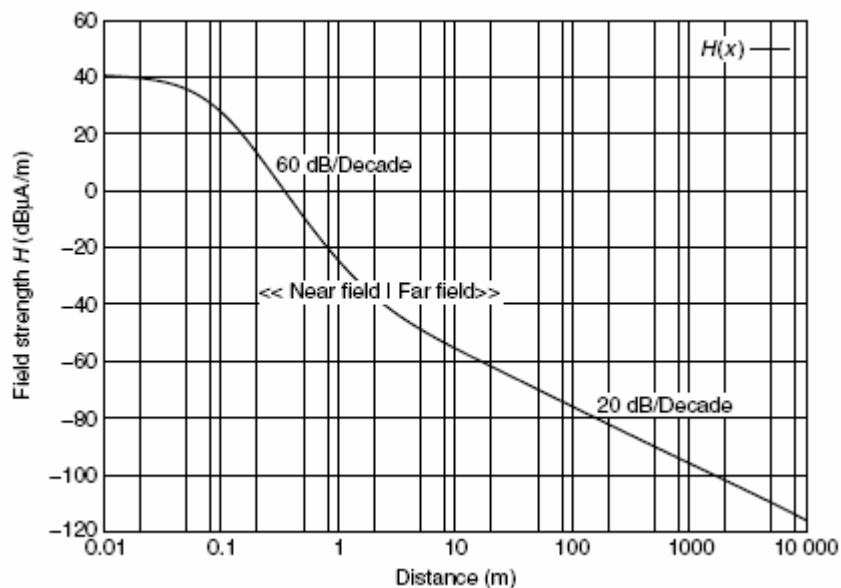


Figura 51: Gráfico de la intensidad de campo magnético en la transición de near y far field a la frecuencia de 13,56 MHz.

FUENTE: Finkenzeller, 2003.

3.8.12 Densidad de Radiación

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

En un emisor esférico, llamado isotrópico, la energía es radiada uniformemente en todas las direcciones. A la distancia r la densidad de radiación S puede calcularse fácilmente en

(2.26), como el cociente de la energía emitida P_{EIRP} (transmisor isotrópico) por el emisor y el área de la superficie de la esfera.

$$S = \frac{P_{EIRP}}{4\pi r^2} \quad (2.26)$$

La energía transportada por las ondas electromagnéticas se almacena en los campos eléctrico y magnético de la onda. La relación entre los campos E y H y la densidad de radiación lo vemos en (2.27).

$$S = E \times H \quad (2.27)$$

En el vacío podemos aproximar la relación entre E y H como vemos en (2.28).

$$E = H \cdot \sqrt{\mu_0 \varepsilon_0} = H \cdot Z_F \quad (2.28)$$

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

$$E = \sqrt{S \cdot Z_F} \quad (2.29)$$

En la FIGURA 52 vemos el vector S como producto de E y H.

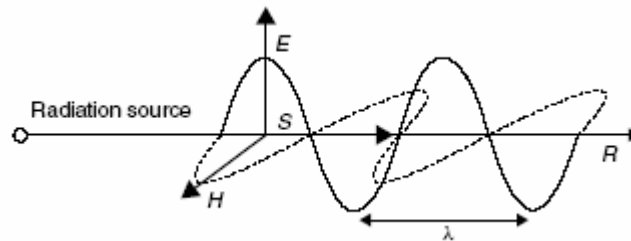


Figura 52: Vector S
FUENTE: Finkenzeller, 2003.

3.8.13 Polarización

La polarización de una onda electromagnética se determina por la dirección del campo eléctrico de la onda. En la FIGURA 53 podemos diferenciar entre los diferentes tipos de polarizaciones.

Diferenciamos primero entre polarización lineal, donde también se diferencia entre polarización vertical y horizontal. Las líneas de campo eléctrico se desplazan en paralelo o perpendicular a la superficie terrestre. La transmisión de energía entre dos antenas linealmente polarizadas es máximo cuando las dos antenas están polarizadas en la misma dirección, y mínima cuando forman un ángulo de 90° o 270° .

En los sistemas RFID no se puede conocer cual será la orientación entre la antena del transponder y la del lector. El problema es solucionado por el uso de la polarización circular del lector de la antena. El principio de generación de polarización circular se ve en la FIGURA 53, dos dipolos son unidos en forma de cruz. De esta forma el campo electromagnético generado rota 360° cada vez que se mueve el frente de onda una longitud de onda. Se diferencia por el sentido de giro del frente de onda izquierdas o derecha.

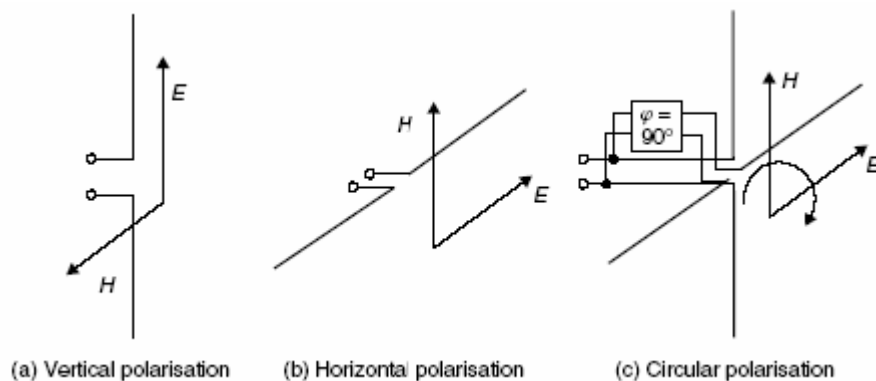


Figura 53: Definición de la polarización de ondas electromagnéticas.
FUENTE: Finkenzeller, 2003.

3.8.14 Reflexión en ondas electromagnéticas

Una pequeña parte de la energía reflejada en objetos es devuelta a la antena transmisora. Es la tecnología en que se basa el radar para calcular la distancia y posición del objeto. En los sistemas de RFID, la reflexión de las ondas electromagnéticas (sistema backscatter), es usada para la transmisión del transponder al lector. Las propiedades de la reflexión, se hacen más notorias cuando se incrementa la frecuencia. La potencia de la onda reflejada decrece en proporción a r^2 .

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

3.8.15 Antenas

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

Definimos P_{EIRP} como la potencia emitida por un emisor isotrópico, y la podemos obtener en (2.30).

$$P_{EIRP} = \int_{A_{sphere}} S \cdot dA \quad (2.30)$$

Aunque una antena real difiere de una isotrópica en que no radia uniformemente en todas las direcciones. Incluimos el término de ganancia (G_i) para una antena como la dirección de máxima radiación, indicando el factor por el cual la densidad de radiación es mayor que la de un emisor isotrópico con la misma potencia de transmisión. Si P_1 es la potencia emitida por la antena. Así definimos también en (2.31) P_{EIRP} . Vemos estos factores en la FIGURA 54.

$$P_{EIRP} = P_1 \cdot G_i \quad (2.31)$$

Un emisor isotrópico tiene una ganancia igual a 1.

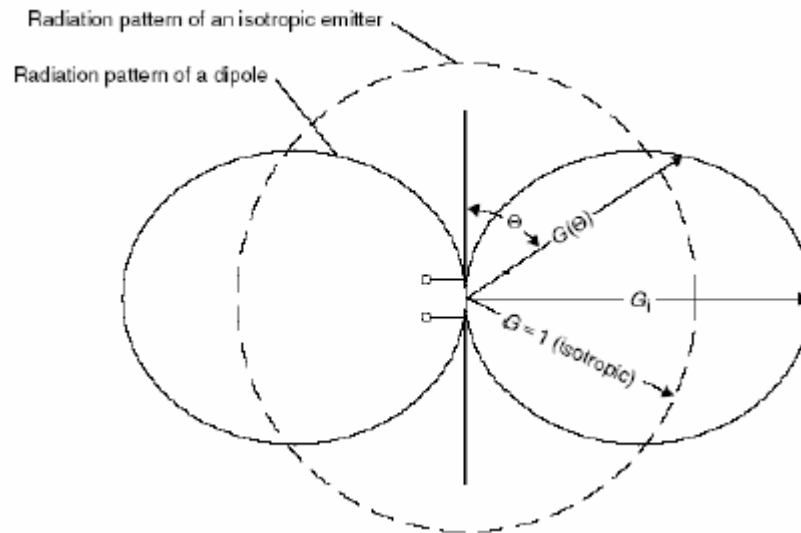


Figura 54: Comparación entre la radiación de un dipolo y un emisor isotrópico.
FUENTE: Finkenzeller, 2003.

Podemos diferenciar entre EIRP o ERP, mientras EIRP como comentábamos es la potencia emitida por una antena isotrópica, EIR es la emitida por un antena dipolo. Y están relacionadas por (2.32).

$$P_{EIRP} = P_{ERP} \cdot 1,64 \quad (2.32)$$

Si nos centramos en el tipo de antenas de dipolos, las utilizadas en nuestro diseño, vemos que consiste en una sola línea de cobre. La antena más utilizada el dipolo $\lambda/2$, consiste en una línea de longitud $l = \lambda/2$, la cual está cortada a mitad, que es por donde se alimenta. Vemos en la tabla 11 las principales características de los dipolos $\lambda/2$.

Parameter	Gain G	Effective aperture	Effective length	Apex angle
$\lambda/2$ dipole	1.64	$0.13 \lambda^2$	0.32λ	78°
$\lambda/2$ 2-wire folded dipole	1.64	$0.13 \lambda^2$	0.64λ	78°

Tabla 11: Propiedades eléctricas del dipolo y el doble dipolo $\lambda/2$.

FUENTE: Finkenzeller, 2003.

Capítulo IV. Sistema RFID para bibliotecas

4.1 Introducción

La tecnología RFID, se utiliza en bibliotecas para múltiples propósitos: identificación y selección de libros, control del inventario, autopréstamo y prevención de robos. Aplicaciones RFID como éstas liberan al personal bibliotecario de las tareas rutinarias y repetitivas en beneficio de la atención al cliente. Éste servicio también se ve mejorado al reducir las colas y al conseguir una circulación más rápida de libros, revistas y material audiovisual. Utilizando un escáner de inventario portátil, por ejemplo, los bibliotecarios pueden ver en pantalla una colección entera de libros sin ni siquiera tocarlos. Se pueden encontrar fácilmente los libros mal ubicados o artículos individuales solicitados por los clientes.

4.2 Sistema de biblioteca inteligente ILS

4.2.1 Descripción del Sistema

El Sistema Inteligente de Bibliotecas ILS (por su nombre en inglés "*Intelligent Library System*") provee a las bibliotecas con una tecnología que permite eficiencia y seguras operaciones. Este elimina o reduce el trabajo manual del personal requeridos para realizar "check-in", "check-out", inventario y actividades de seguridad. El sistema consiste de varios elementos: "Circuitos de circulación" o etiquetas RFID, credenciales RFID, sensores inteligentes, estaciones de autopréstamo (Self-Checkouts), estación de lectura del personal, lectores portátiles para inventario, estaciones de programación de etiquetas, estaciones de enlace y servidores de aplicación.

El Sistema Inteligente de Biblioteca está diseñado para operar de forma paralela con el sistema de circulación actual de la biblioteca, y no para ser reemplazado por éste. El sistema se despliega dentro de su propia red de trabajo, para prevenir cualquier gasto indirecto en las redes existentes de la circulación de la biblioteca. Esta topología también provee a los

componentes del sistema inteligente de la biblioteca, de un ancho de banda para conducir las transacciones a una alta tasa de velocidad y eficiencia, sin importar de cuanto ancho de banda está disponible en la red de la circulación.

Esta arquitectura disminuye costos al sistema de la biblioteca por puntos de la red de trabajo. La FIGURA 55 muestra algunos de los componentes del Sistema Inteligente de Biblioteca y la disposición general de la “network”.

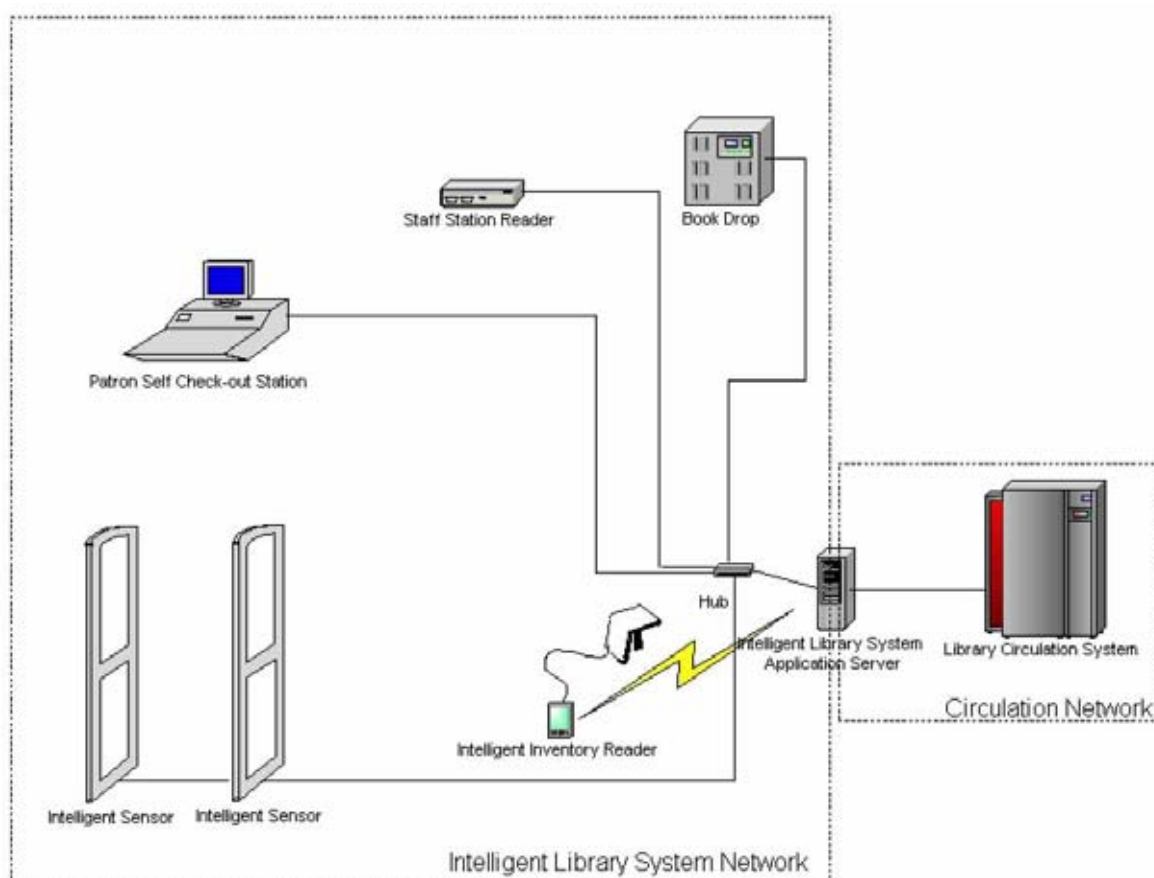


Figura 55: Diagrama de un Sistema Inteligente de Biblioteca
FUENTE: Checkpoint, 2003.

4.2.2 Circuito de Circulación Inteligente (ICC) o Etiquetas de RFID

El corazón del Sistema de Biblioteca Inteligente (ILS) es el *Circuito de Circulación Inteligente* o etiqueta de RFID. El ILS utiliza la etiqueta como un código de barras, en que cada una de las etiquetas se encuentra almacenado un número que “apunta” al registro bibliográfico del artículo en la base de datos de la biblioteca. La etiqueta no contiene información referente al título u otros detalles del artículo, eliminando muchas preocupaciones referentes a la privacidad.



Etiqueta Standard



Etiqueta video



Etiqueta CD/DVD

Figura 56: Tipos de TAG o Etiquetas RFID
FUENTE: Checkpoint, 2004.

El “circuito de circulación inteligente” o etiqueta provee 96 bits de información programable a un artículo, que puede ser leído sólo en la frecuencia de 13.56 MHz, y hasta un ancho en los portales o sensores inteligentes de 4 pies (aproximadamente 1 metro). Debido a que el circuito integrado (o chip) de la etiqueta RFID no necesita ser escrito durante el registro y el proceso de “check-in” y el de “check-out”, el tiempo necesario para procesar las transacciones es enormemente reducida.

El “circuito integrado” adosado al tag o etiqueta, permite leer múltiples de ellas, a través de un avanzado algoritmo de anticolisión y de detección de error y corrección. Las etiquetas vienen en varios tipos, incluyendo uno diseñado exclusivamente para libros, CD / DVD y en menor cantidad para videocasetes.

4.2.3 Estación de Auto-Préstamo (*Patron Self-Checkout Station*)

El Sistema Inteligente de biblioteca provee al usuario de una estación de autopréstamo (“self-checkout”) al momento de solicitar algunos artículos, sin tener que requerir la ayuda de un bibliotecario. La pantalla táctil de la estación de autopréstamo, guía al usuario a través del proceso de solicitud mediante indicaciones interactivas y demostraciones de video para cada paso. Un recibo es impreso al final del proceso, que indica los artículos solicitados (que pueden ser libros, revistas, cd, etc.) y la fecha en que deben ser devueltos. La estación de autopréstamo exhibirá mensajes de error al usuario si hay algún problema con su cuenta o si existe alguna situación pendiente con los materiales que se esta solicitando. La estación de “self-checkout” está disponible en varios modelos, que va a depender exclusivamente del proveedor. En la FIGURA 57 se pueden observar dos modelos de estaciones de autopréstamo que pueden ser completamente personalizados al ambiente existente en la biblioteca.



SelfCheck System de Checkpoint
(V-Series Tabletop Unit)



SelfCheck System de 3M

Figura 57: Diseños de estaciones de autopréstamo o Selfcheck
FUENTE: Checkpoint, 2004; 3M, 2006.

4.2.4 Sensores Inteligentes

El *Sistema Inteligente de Bibliotecas* provee de sensores inteligentes de seguridad a la salida de las bibliotecas. Estos sensores inteligentes vienen en plástico o madera, y pueden ser rediseñados para combinar con el ambiente actual de cada biblioteca. Los sensores inteligentes generan un campo magnético que permite realizar la lectura a una etiqueta de RFID. Cada sensor inteligente puede recibir la información de la etiqueta a una distancia de hasta 24 pulgadas (60 centímetros). Dos sensores inteligentes son usados para construir un pasillo seguro de un ancho de 48 pulgadas (102 centímetros). Con dos sensores inteligentes, se está protegiendo un área de hasta 8 pies (204 centímetros).



Sistema de Detección 3M
Modelo 8800

Figura 58: Pórtico RFID de seguridad
FUENTE: 3M, 2006.

Los sensores inteligentes se comunican con el servidor de aplicación (*Application Server*) en tiempo real para determinar si el artículo que atraviesa el portal ha sido correctamente solicitado y chequeado en el sistema. Por el contrario, alarmas visuales y de sonido serán activadas cuando un artículo no sea correctamente solicitado. Además los sensores tienen la capacidad para activar el sistema de CCTV (*circuito cerrado de televisión*) cuando la alarma es activada.

Los sensores inteligentes tienen la capacidad de identificar que artículos de la biblioteca atraviesan el portal, lo que permite que el servidor en uso exhiba información específica del artículo que provocó la activación de la alarma. Esto, ayuda al personal de biblioteca a identificar qué materiales están causando la alarma muy rápidamente.

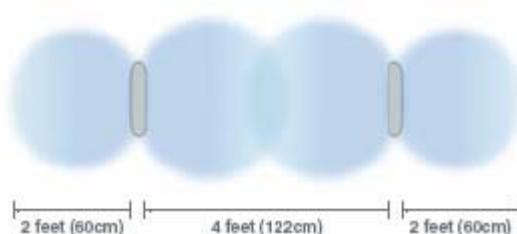


Figura 59: Los sensores inteligentes proporcionan un total de 8 pies de cobertura, 4 pies entre las antenas y dos pies en el exterior de cada antena.

FUENTE: Checkpoint, 2004.

4.2.5 Estación de Trabajo o de Lectura del personal

El “*Staff Station Reader*” es la interfase de trabajo para el personal de la biblioteca en el sistema de biblioteca inteligente (ILS).



Figura 60: Estaciones de trabajo del personal con sus principales componentes, un computador, lector/grabador de RFID, teclado y lector de código de barras.

FUENTE: www.libbest.com, 2006.

El lector puede leer las etiquetas RFID (o circuitos de circulación inteligentes) cuando un libro es puesto verticalmente, encima o sobre el pad de lectura hasta 12 pulgadas. La estación de lectura puede ser utilizada en varias aplicaciones. El uso mas común está en la recepción y préstamo de libros, donde funciona como si se tratase de un lector de código de barras. La estación de trabajo del personal se conecta al sistema de circulación mediante un teclado. Con la estación de trabajo en modo de préstamo o en modo de devolución, el personal de biblioteca sólo debe poner un lote de libros sobre lector de la estación, o simplemente pasarlo sobre él, donde la cantidad de libros a escanear va a ser determinado por la capacidad que tengan los equipos adquiridos. La información que se encuentra en la etiqueta RFID es entonces registrada en el sistema de circulación. Un cable de Ethernet es conectado al lector de la estación de trabajo con el propósito de saber la situación de cualquier libro que vaya a ser prestado o devuelto, esta información será proporcionada por el "Intelligent Library System Application Server".

El lector de la estación del personal (*Staff Station Reader*) tiene un perfil delgado y puede ser colocado encima del mostrador o montado por debajo de éste. También puede ser incorporado en mostradores o cajones. El lector también puede estar montado como buzón de devolución de artículos. Cuando el libro pase sobre el lector la información será enviada al servidor de aplicación ILS que generará un "check-in" hacia el sistema de circulación.

4.2.6 Lector de inventario portátil

El lector de inventario portátil, es un dispositivo manual que proporciona la función de llevar la administración de inventario pasando el lector cerca de los artículos existentes en biblioteca a los cuales se les haya incorporado una etiqueta RFID. El dispositivo consiste en un computador de mano (muy similar a una palm), donde la batería que hace funcionar al lector genera un campo magnético.

**Hand Held de Checkpoint****Hand Held de Bibliotheca**

Figura 61: Productos Hand Held o lectores para la realización de inventario
FUENTE: Checkpoint, 2004; Bibliotheca, 2005.

El lector está unido a través de un cable a una unidad “Portable Pen Terminal” (PPT), que puede ser llevada en la mano, colgado sobre un cinturón o atado con una correa en la muñeca. 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.

Otros de los beneficios que entrega el lector de inventario portátil es el de poder realizar las tareas de préstamo y devolución de artículos, como si fuera una biblioteca móvil o si el sistema de circulación dejara de funcionar. El PPT puede ser configurado con cualquier tipo de credencial que utilice la biblioteca (Código de barra o RFID). El proceso de operación es muy similar a la estación de “Self-Checkout”, pero sin la entrega de un comprobante de transacción. La información de “checkout” será cargada al servidor de aplicación cuando la “biblioteca móvil”

vuelva a la estación del personal o cuando el sistema de circulación regrese a su normal funcionamiento.

4.2.7 Servidor de aplicación

Las principales funciones del servidor del sistema inteligente de biblioteca (ILS) son:

- Ser la vía de acceso de las comunicaciones entre los componentes de sistema de biblioteca inteligentes y el sistema de circulación actual de la biblioteca,
- identificar y configurar todos componentes del sistema de biblioteca inteligentes
- y finalmente seguir la trayectoria y dirigir todas transacciones del sistema de biblioteca inteligente.

El servidor de aplicación puede funcionar en conjunto “on-line” o de forma separada “off-line” con el sistema de circulación de biblioteca. En el modo de operación separada, el servidor puede saber si un artículo fue prestado o devuelto, y determinar que artículos tienen la autorización para transitar por áreas de seguridad. Si el sistema detecta artículos en áreas no autorizadas, el servidor enviará señales de alarma a los sensores inteligentes del sistema. Cualquier transacción que se realice cuando el sistema opere en modo “off-line” será actualizada cuando se encuentre nuevamente en línea.

El Servidor de aplicación se conecta con el sistema de circulación de la biblioteca y otros subsistemas a través del Standard Interchange Protocol (SIP). El servidor mantiene dos “network” conectadas a través de dos tarjetas Ethernet, una al Sistema Inteligente de Biblioteca (ILS) y otra al Sistema de Circulación de la biblioteca.

El servidor de operación realiza un registro diario de las transacciones realizadas durante el día, que da la posibilidad de realizar diferentes tipos de reportes, desde un listado de las alarmas hasta la extravió de artículos en las fallidas sesiones de “self check-out”.

4.2.8 Estación de programación de etiquetas RFID

La “Circulation Circuit Programming Station” o la “estación de conversión”, provee a la biblioteca de las herramientas necesarias para programar las etiquetas para bibliotecas RFID sin la necesidad de insertar estas etiquetas en complejos sistemas de programación. Las etiquetas son programas 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.

4.2.9 Como Trabaja el Sistema

Un usuario acerca los artículos de la biblioteca que desea solicitar hacia la estación de autopréstamo o a la estación de trabajo del personal. El sistema inteligente de biblioteca (ILS) soporta diferentes tipos de tarjetas RFID; ya sean del tipo código de barras, tira magnética y tarjetas inteligentes o “smart cards”.

4.2.9.1 Solicitando un artículo en la estación de autopréstamo

El usuario tiene acceso al sistema de autopréstamo mediante el escaneo de su tarjeta de identificación de biblioteca. La pantalla táctil de la estación de autopréstamo, guía al usuario a través del proceso de préstamo con un menú interactivo y con demostraciones de video para cada paso a seguir. Seguidamente el usuario deberá de pasar cada artículo a solicitar por sobre la estación de autopréstamo o simplemente apilando los artículos sobre éste. La estación de autopréstamo registrará, en conjunto al sistema de circulación de la biblioteca, al usuario y a los artículos que desea solicitar. Cuando la transacción ha sido realizada, automáticamente se imprime un recibo en donde se puede visualizar los respectivos artículos solicitados y las fechas de devolución.

4.2.9.2 Solicitando un artículo en la estación de circulación o trabajo

El bibliotecario tiene acceso a la cuenta del cliente, a través de la lectura de la credencial de identificación de éste. El bibliotecario simplemente debe pasar los artículos sobre el lector de la estación de trabajo, para ser registrados, o simplemente apilar los artículos sobre éste. El lector

de la estación del personal envía la información del cliente y de los artículos, hacia el sistema de circulación de la biblioteca para validar al cliente y los materiales que van a ser prestados. Cuando la transacción ha sido realizada, se imprime un recibo, indicando los artículos que han sido prestados y la fecha en que deben ser devueltos.

Cuando el cliente hace abandono de la biblioteca, estos pasarán a través de los sensores inteligentes instalados en la salida. Una vez pasado por los sensores, cualquier material perteneciente a la biblioteca que él posea será detectado e interrogado. Los sensores inteligentes entonces se comunicarán con el servidor para determinar el estado de los artículos que atraviesan los portales.

El servidor comprobará en el sistema para determinar si los materiales tienen un estado de "Checked-out" (prestados). Si es así, el cliente pasa a través de los sensores sin activar la alarma. Si el material no tiene el estado de "Checked-out", el sensor inteligente activará una alarma de audio y visual. El servidor también proveerá la información específica del artículo que cause la activación de la alarma. El sistema provee qué sensor inteligente detectó el material, el identificador del artículo, y el título del artículo. Las bibliotecas ahora tienen la capacidad de generar un informe de los artículos "perdidos" de esta manera se sabrá exactamente qué artículos necesitan ser reemplazados.

La seguridad es totalmente independiente del sistema de la circulación de la biblioteca. El servidor mantiene un registro de seguridad de todos los artículos prestados desde la estación de autopréstamo o desde el lector de la estación del personal ubicado en el escritorio de circulación. Cuando los materiales o artículos son prestados, la estación de autopréstamo envía una petición de comprobación de préstamo al servidor. El servidor entonces genera un mensaje SIP (Protocolo de Inicialización de Sesiones), la transmite al sistema de la circulación de la biblioteca y espera la respuesta. Una vez que la respuesta ha sido recibida, una entrada es realizada en el registro de seguridad sobre el servidor y el estado es enviado a la estación de autopréstamo. Cuando los materiales pasan a través de los sensores inteligentes, el sensor envía una petición de seguridad al servidor de aplicación y no al sistema de circulación de la biblioteca. Esto es importante en tres niveles. Primero, no se le adiciona ningún gasto indirecto al sistema de circulación. En segundo lugar, no genera tráfico adicional en la red de circulación de la biblioteca. Finalmente, el proceso es extremadamente rápido y eficiente.

4.3 Estándar y Protocolos

4.3.1 Standard RFID en bibliotecas

Existen dos estándares de la ISO para los sistemas RFID de bibliotecas. El estándar actual, ISO 15693, no fue diseñado para trabajar en el seguimiento de artículos en bibliotecas. El uso de la ISO 15693 fue diseñado para la aplicación en la “cadena de suministro”, entendiéndose como una red de instalaciones y medios de distribución que tiene por función la obtención de nuevos productos. Este protocolo define las características físicas, la interfaz aérea, y el protocolo de comunicación para las tarjetas de RFID. Aún, la mayoría de las etiquetas de las bibliotecas RFID siguen este estándar.

Un nuevo estándar para RFID, ISO 18000, alcanzó la etapa final de aprobación para la gestión de objetos, la cual se divide en 6 partes. La ISO 18000-3 define específicamente, el interfaz físico y los comandos a utilizar para las etiquetas de 13.56 Mhz. El estándar 18000-3 se divide en dos “Modos”; el MODO 1 fue pensado para ser compatible de forma inversa con el sistema de comando definido en la ISO 15693, pero estandariza varios elementos del interfaz del RF, el MODO 2, por otra parte, se pensó para ser un estándar de próxima generación, capaz de soportar una alta tasa de velocidad de datos en la transferencia y comunicaciones con una gran cantidad de etiquetas.

4.3.2 NCIP & SIP

La norma NISO (Circulation Interchange Protocol - NCIP) define un repertorio de mensajes y reglas asociadas de sintaxis y semántica para intercambiar mensajes entre dos o más aplicaciones con el fin de realizar funciones de préstamo, proporcionar acceso controlado a los recursos electrónico y facilitar la gestión cooperativa de esas funciones.

En el ciclo completo de una petición de préstamo intervienen varias aplicaciones o sistemas: un sistema de autopréstamo, un sistema de circulación local, un sistema de PIB y un sistema de suministro electrónico.

El objetivo de esta norma es lograr la interoperabilidad entre estas aplicaciones, porque sin la existencia de una norma abierta que permita el intercambio de la información entre estas aplicaciones, sólo se podrá lograr una interoperabilidad limitada.

Un sistema de auto-préstamo es el que ha servido de base técnica para el NCIP: el protocolo SIP (Standard Interchange Protocol) desarrollado por 3M, para permitir a las aplicaciones bibliotecarias la comunicación con sus sistemas de auto-préstamo (Jiménez, 2001).

El NCIP detalla especialmente las condiciones en las cuales una/s aplicación/es que inicie el préstamo de un ítem o el control de acceso a los recursos electrónicos, debe adquirir o transmitir información acerca del usuario, la agencia, el ítem y/o el acceso, esencial para que la función determinada acabe con éxito.

El protocolo NCIP se definió para servir a cuatro áreas de aplicación específica: el autopréstamo, la petición de préstamo dentro de un consorcio, el intercambio de información entre el PIB y la circulación, y el acceso a recursos electrónicos.

Los tres puntos importantes que integran esta norma son: intercambio cooperativo de mensajes entre bibliotecas, y además de entre las aplicaciones de una misma biblioteca; define los mensajes y no las funciones de una aplicación de circulación; y soporta acuerdos consorciales pero no los presupone.

Las actividades que soporta este protocolo son las siguientes:

- Petición de préstamo consorcial directa
- Interacción entre el sistema de PIB y el de Circulación
- Autopréstamo

4.3.3 Configuración de una Network RFID

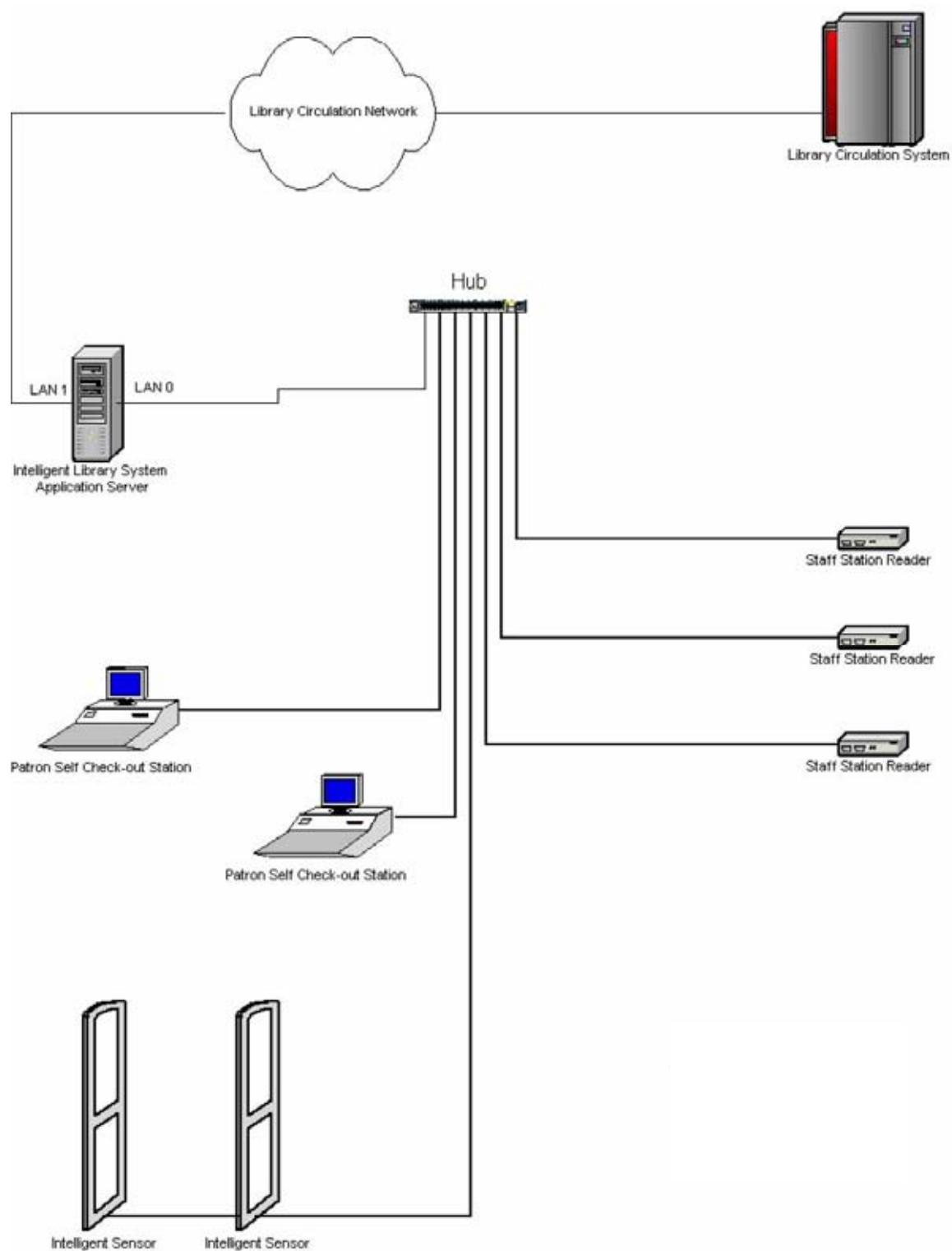


Figura 62: Diagrama de Network operando en forma separada
FUENTE: Checkpoint Systems, 2003.

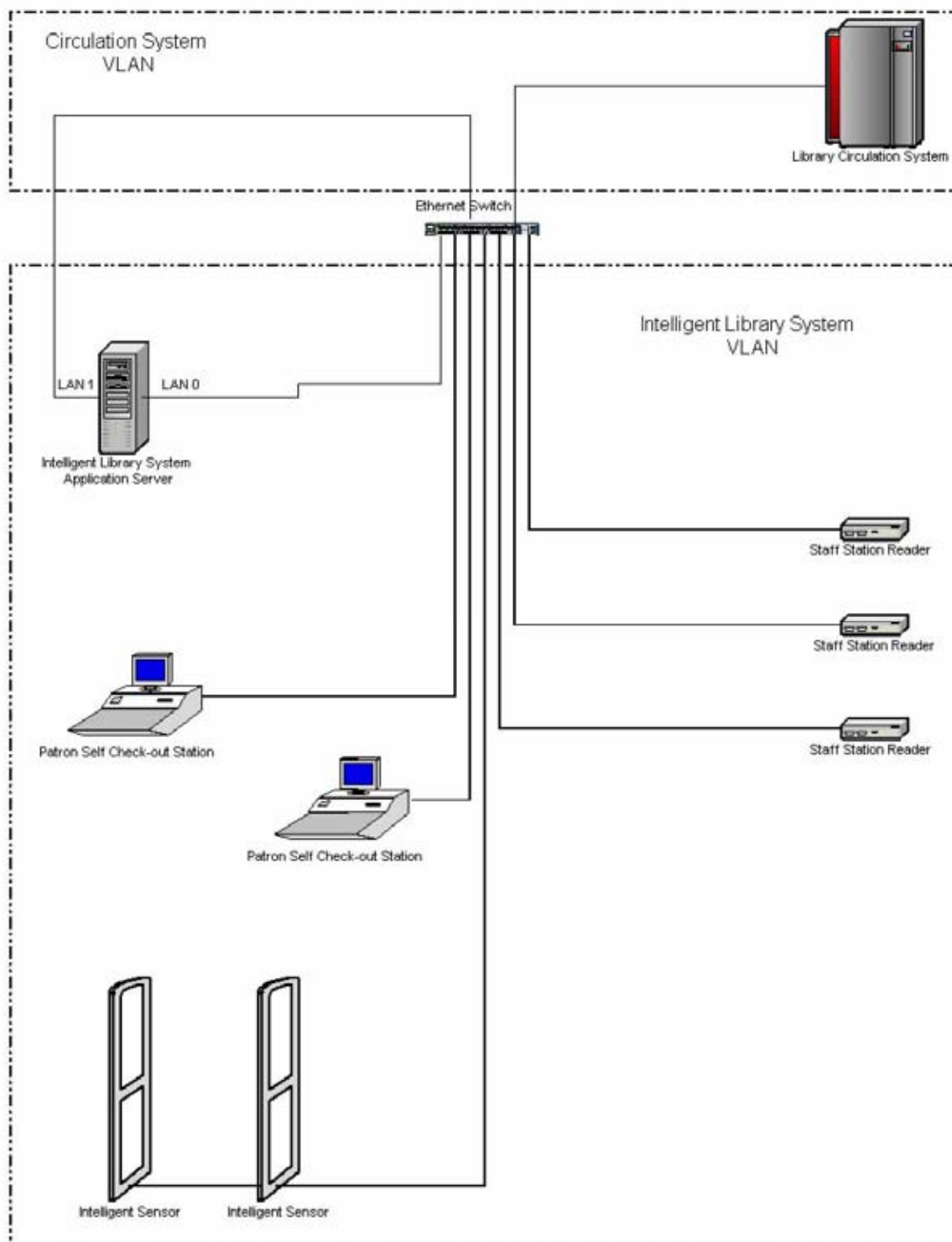


Figura 63: Diagrama de la Network utilizando switch
FUENTE: Checkpoint Systems, 2003.

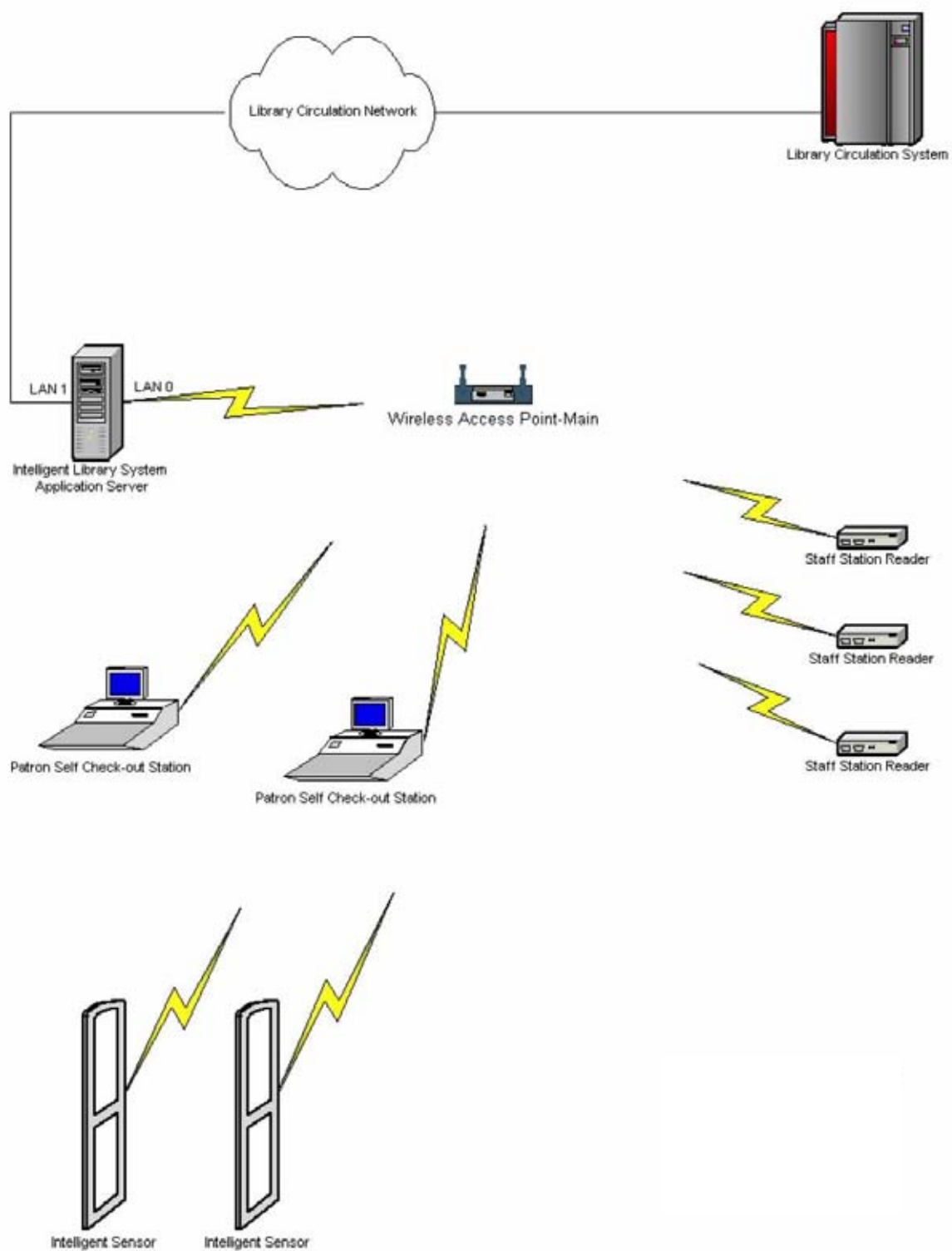


Figura 64: Diagrama de Network inalámbrica
FUENTE: Checkpoint Systems, 2003.

4.4 Proveedores de Tecnología RFID para bibliotecas

Existe un gran número de proveedores de tecnología RFID en el mundo, cada uno con diversos campos de aplicación y años de especialización. Los que han adquirido vasta experiencia en la puesta en marcha e implementación de sistemas RFID inteligentes en bibliotecas no son pocos, sin embargo, la mayor experiencia de aplicación en bibliotecas la podremos encontrar en Europa y en Asia. En la tabla 12 se encuentra un listado de los principales proveedores de tecnología RFID para bibliotecas, no obstante, se ha privilegiado a las empresas que tienen una mayor penetración en el mercado mundial.

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
Library Security	www.librarysecurity.co.uk	GALES
Tech-Logic	www.tech-logic.com	EEUU
Library Automation Technology, Inc.	www.latcorp.com	EEUU

TABLA 12: Proveedores de tecnología RFID para bibliotecas.
FUENTE: Elaboración propia, 2006.

Como una manera de poder determinar cuales son los proveedores más solicitados y saber que tipo de tecnología utiliza cada uno de ellos, en la TABLA 13 se indican los tipos de etiquetas RFID utilizados en las bibliotecas, también se entregan la biblioteca donde se implementó y la empresa que proveyó el servicio.

Tipo de Etiqueta (Tag)	Biblioteca como Ejemplo	Proveedor
Checkpoint WORM	Santa Clara City	Checkpoint
Checkpoint writeable	None	Checkpoint
TAGSYS C220-FOLIO	U. Delaware	VTLS, TechLogic
ISO 15693/1800-3 MODE 1	National U. Singapore	3M, Bibliotheca, Libramation
ISO 18000-3 MODE 2	No disponible aún	Próximamente
EPC Class 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

TABLA 13: Resumen de los tipos más comunes de etiquetas RFID.
FUENTE: Molnar, 2004

Sin embargo, existen al menos tres grandes competidores en aplicación de tecnología RFID para biblioteca, los cuales son 3M (con su Digital Identification System), Checkpoint (con Intelligent Library System) y VTLS (Rafiq, 2005). En las tablas 14, 15 y 16, se hace una exhaustiva comparación entre los tres principales proveedores de tecnología RFID para bibliotecas, apuntando principalmente a la descripción operacional de la tecnología, características de las etiquetas y características del lector portátil para realizar inventario.

	VTLS	3M	Checkpoint
Fabricante de la etiqueta	TAGSYS	Texas Instruments	Microchip
Software	VTLS	3M	Checkpoint
Tecnología de Inventario	RFID	RFID	RFID
Tecnología de Seguridad	RFID	EM	RFID
Bit de seguridad incorporado	Si	N.A.	No
Pregunta ALS para determinar estado seguridad	No	No	Si

TABLA 14: Descripción operacional de RFID.
FUENTE: Rafiq, 2005.

	VTLS	3M	Checkpoint
Tipo de TAG	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

TABLA 15: Características relacionadas con la etiqueta.

FUENTE: Rafiq, 2005.

	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

TABLA 16: Características del lector portátil (inventario).

FUENTE: Rafiq, 2005.

Capítulo V. Aplicación de RFID en bibliotecas

5.1 Introducción

Las bibliotecas empezaron a utilizar sistemas de RFID para reemplazar el código de barras y sus sistemas de seguridad electromagnéticos a fines de la década de los 90. Aproximadamente 130 bibliotecas de Estados Unidos, entre públicas y privadas, están utilizando actualmente el sistema de RFID, pero aún quedan cientos de ellas que están considerando su pronta incorporación. El principal obstáculo, hoy en día, es el precio que alcanza la adquisición de todo el equipamiento necesario para convertir de un sistema de identificación por código de barras a uno de identificación por radiofrecuencia.

El nuevo sistema (RFID) se ha adoptado ante todo para resolver un problema urgente: la localización de los libros y las consiguientes operaciones de control de inventario y ordenación de los tomos fuera de lugar. Los libros colocados en una posición incorrecta son muy difíciles de localizar. Esto, que ocurre incluso en medios con acceso limitado al mero personal profesional, es más frecuente si el ámbito en cuestión es libre y utilizado, por ejemplo, por estudiantes. De ahí que fuera necesario dedicar periódicamente tiempo y recursos a la tarea de ordenar la biblioteca.

5.2 Bibliotecas con sistema RFID

Aproximadamente 120 millones de artículos de unas 500 bibliotecas de todo el mundo llevan, hoy en día, una etiqueta RFID incorporado, un número considerable que sigue creciendo. En este momento se calcula que a nivel mundial el 5% de las bibliotecas con más de 100.000 volúmenes utilizan tecnología RFID en alguna de sus etapas de proceso. Europa es el continente que posee la mayor cantidad de instalaciones, que van desde pequeñas bibliotecas escolares hasta grandes bibliotecas patrimoniales como es el caso de la Biblioteca del Vaticano, que tiene un total de 300.000 libros y un total de 1.600.000 artículos entre libros, planos, mapas, escrituras, etc. Es sin duda en este continente donde encontramos las mayores experiencias en

implementaciones exitosas y es también donde se concentra un 70% de los proveedores de esta tecnología para bibliotecas.

Actualmente el continente europeo es cuna además de la Radio Active Foundation³, que es el mayor consorcio que existe en desarrollo de software open source para aplicaciones basadas en RFID.

En el ámbito americano, sin duda es Estados Unidos quien lleva la delantera en instalaciones con al menos 50 bibliotecas públicas trabajando con la tecnología en distintos campos de aplicación, desde toma de inventario hasta el control de acceso.

5.2.1 Estudio de implementaciones en el Extranjero

5.2.1.1 Biblioteca Pública de Munich

La biblioteca pública de Munich está compuesta por la biblioteca principal y 25 bibliotecas regionales, donde cada día circulan un total de 49.000 artículos. En el 2004 la biblioteca, registró casi cinco millones de visitas y un aumento del 13,3% en préstamos. La implementación de RFID empezó a principios del año 2006 con la biblioteca principal y dos bibliotecas regionales. Todas las demás bibliotecas regionales implementarán el sistema RFID antes del 2009. Para instalar un sistema RFID en cada biblioteca regional se necesitan aproximadamente unas cuatro semanas.

Este gran proyecto europeo de RFID para bibliotecas empezó con una licitación. La implementación de este proyecto de tres millones de euros fue otorgada a Bibliotheca-RFID AG (de origen suizo), la principal compañía de sistemas RFID para bibliotecas, en el continente europeo.

El sistema RFID de la Biblioteca Pública de Munich permite a los visitantes de la biblioteca utilizar las estaciones de autopréstamo y devolver los libros las 24 horas del día. Cuando dejan la biblioteca, los clientes pasan por una puerta que supervisa si los artículos han sido tomados

en préstamo correctamente. Si no es así, sonará una alarma visual y acústica. Gracias a RFID, pueden tomarse prestado o devolverse varios artículos simultáneamente.

Cuando devuelven los libros, los usuarios de la biblioteca los dejan en la máquina de devolución, desde la cual se trasladan a la máquina de selección. Aquí son seleccionados automáticamente en cajas según los criterios establecidos por la biblioteca. Ya no es necesario seleccionar manualmente cada artículo en devolución, lo cual alivia el estrés del personal.

El sistema RFID de la biblioteca de Munich utiliza tags Rafsec HF (13.56 MHz) de UPM Raflatec. Se pegará un tag de Rafsec a 1.5 millones de artículos para convertir la colección de las bibliotecas al nuevo sistema RFID. Además todo el sistema de gestión de la biblioteca, será realizado a través del software utilizado para el funcionamiento de RFID, por tanto, no se estipulan problemas de compatibilidad con los protocolos SIP2 ni NCIP.

5.2.1.2 Biblioteca Hauptbücherei Wien

La biblioteca Hauptbücherei Wien, biblioteca principal de Viena, inaugurada en abril de 2003, es la primera en cuanto a combinación de información, educación, cultura y disfrute del ocio. Contiene 380.000 libros en alemán, 48.000 libros en idiomas extranjeros, 38.000 audio-libros, 17.000 videocassettes, 2.500 revistas y periódicos, DVD's, audio cassettes, discos, CD-Rom's, etc.

El aspecto más interesante de esta biblioteca es sin lugar a dudas su diseño y realización como biblioteca de "autoservicio". Todos los libros están dotados con tecnología RFID especialmente diseñado y desarrollado por Infineon Technologies que almacena en su interior el código ISBN⁴, el número de catálogo, el código de localización, el autor, información del estado del préstamo, el nombre de la última persona que ha tomado prestado el libro, etc. Los clientes de la biblioteca pueden, de manera completamente autónoma, efectuar el o los préstamos, devolver los libros a las estaciones de lectura/escritura destinadas al efecto repartidas por la toda la biblioteca. Cada una de estas estaciones se compone de un monitor LCD de pantalla táctil que permite activar

³ Radio Active Foundation (Fundación de radio activa): <http://www.radioactivehq.org/>

de manera sencilla e intuitiva, a través de pocas instrucciones, las diferentes funciones que afectan caso por caso al utilizador. Cabe destacar que en el caso de toma o devolución de más libros, éstos pueden sencillamente apoyarse todos juntos en el estante de la estación de lectura/escritura en cualquier orden y modo, para leerse todos juntos. En el monitor aparecen los títulos y los códigos de las diferentes obras apoyadas en dicho estante juntas, así como una confirmación de la operación que se va a efectuar. El propio cliente se identifica a la estación mediante una tarjeta RFID que se le suministra cuando se registra por primera vez en la biblioteca. En las salidas de la biblioteca hay antenas que, sin obstaculizar en absoluto el flujo de personas, controlan que todos los libros que se sacan se hayan efectivamente registrado.

Cerca de la salida principal de la biblioteca hay un mostrador donde se pueden llevar a cabo las operaciones de toma o devolución de libros con la ayuda de personal de la biblioteca destinado al efecto, que está a disposición de precisar aclaraciones o explicaciones que no pueden controlar los sistemas de lectura/escritura automáticos.

Algunos datos sobre la Hauptbücherei Wien que se puedan entregar son que la inversión total en material RFID ascendió a la suma de 680.000 €, que tiene una frecuencia de 3.000 visitantes diarios y además de 1.000.000 de libros “movidos” durante los 6 primeros meses de los cuales más de un 40% se realizó mediante RFID.

5.2.2 Estudio de casos en Chile

Si bien la aplicación práctica de esta tecnología en las bibliotecas y centros de documentación en nuestro país es bastante reducida, ya existen claros indicios de la paulatina adopción de esta herramienta. En estos momentos Chile cuenta con 3 bibliotecas funcionando con aplicaciones bajo tecnología de radiofrecuencia, en cualquiera de sus etapas de proceso. En este sentido la Biblioteca Pública de Santiago ha sido pionera en su implementación. Posteriormente se sumó a esta iniciativa la Universidad de Chile con sus bibliotecas de las Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas (FCFM) y hace algunos meses la renovada y moderna biblioteca de la Facultad de Filosofía y Humanidades. También se ha incorporado la tecnología de radiofrecuencia como

⁴ ISBN (International Standard Book Number): es un sistema internacional de numeración e identificación de títulos de una determinada editorial, aplicado también a Software. El fundamento del sistema es la de identificar un título de una determinada editorial. Una vez atribuida la identificación, este número sólo será aplicable a esa obra y no podrá ser reutilizado.

sistema de seguridad, en la cadena nacional de librerías Antártica. Como antecedente adicional, se puede mencionar que actualmente se encuentra en plena ejecución el proyecto del Centro de Documentación del Banco Central, que pretende dotar a sus colecciones más valiosas de este dispositivo.

Para el desarrollo de esta importante etapa, donde se analizan las decisiones adoptadas por cada institución en la implementación de RFID, se realizaron visitas a cada una de las bibliotecas que han implementado el sistema de identificación de radiofrecuencia en Chile, para obtener, de primera fuente las experiencias adquiridas, tanto por el personal de la biblioteca como de las personas a cargo de cada proyecto, en la puesta en marcha de esta tecnología.

5.2.2.1 Biblioteca Pública de Santiago

La Biblioteca Pública de Santiago se encuentra emplazada en la comuna de Estación Central (Matucana Nº 115, Santiago de Chile), y cuenta actualmente con una colección de 70.000 libros convertidos a RFID. La adquisición de esta tecnología se basa, principalmente, en la necesidad de agilizar los procesos del control de inventario, desarrollo de colecciones y otorgar mayor rapidez en los préstamos y devoluciones de los artículos.

Actualmente esta biblioteca, no se encuentra trabajando al 100% con el sistema RFID, debido principalmente a problemas con los proveedores de la tecnología y al elevado costo que ha significado la adquisición de nuevas etiquetas RFID (aproximadamente 1 dólar por cada una de ellas). “Además la tecnología RFID, para bibliotecas, no es una cosa de adquirir equipos he implementar, sino que hay una serie de consideraciones para tomar en cuenta a la hora de decidirse por ésta tecnología. Una de las que considero más importantes, es la no existencia de proveedores en Chile, con experiencia sobre esta aplicación” (en bibliotecas)⁵.

Con respecto al sistema de seguridad, “no se utiliza ni se utilizará la tecnología RFID para la prevención del hurto de libros, esto debido a que no se ha comprobado 100% la seguridad que tiene RFID para el control de acceso. Lo que sí se ha implementado, es el trabajar con una

⁵ Comunicación personal: Entrevista con Cristián Maturana M., Coordinador de Recursos Informáticos de la Biblioteca Pública de Santiago y académico del departamento de gestión de Información de la Universidad Tecnológica Metropolitana, realizada el 13 de diciembre de 2006.

mezcla de sistemas, es decir, se utilizan cintas magnéticas como sistema de seguridad y RFID para administración de inventario”³. Además recientemente se ha incorporado al sistema de seguridad, cámaras de vigilancia, que ha permitido tener un control sobre todas las áreas donde se encuentran emplazados los libros y las modernas secciones de computación, sin embargo, igualmente existen pérdidas de libros producto de la extracción de la cinta magnética por parte de los usuarios, en áreas donde no es posible la instalación de cámaras de vigilancia, por ejemplo los baños públicos.



*Figura 65: Estación de autopréstamo y libro con etiqueta RFID de la Biblioteca Pública de Santiago.
Fuente: Elaboración propia*

En la demostración del equipamiento de inventario, por parte de los proveedores, se pudo comprobar la notable reducción de los tiempos en lo que respecta al inventariar su biblioteca, ya que antiguamente con el sistema de código de barras no eran menos de 4 días los que se debían invertir para completar la colección, sin embargo con las etiquetas rfid incorporadas en los libros (donde en la estación de conversión el chip de la etiqueta se le registró el número actual de código de barras de los libros) el tiempo de inventario se redujo a tan solo 2 horas.

Uno de los mayores problemas técnicos con que se encontró la institución, a la hora de implementar rfid, fue la incompatibilidad del actual software de gestión Aleph v.10 y el software

asociado a la tecnología RFID, esto debido principalmente a que la tecnología rfid, asociada al autopréstamo e inventario, trabaja sobre los protocolos SIP v.2 o NCIP, siendo que los actuales softwares de gestión trabajan sobre SIP v.1. Por tanto fue necesario emigrar a la nueva versión de Aleph (v.14) y adquirir por separado la licencia del protocolo SIP2. Luego de un tiempo arduo de trabajo, por parte de los encargados del proyecto, actualmente ambos sistemas operan de buena forma, logrando superar los problemas de compatibilidad de protocolo.

Como seguridad las estaciones de autopréstamo o selfcheck sólo están funcionando con lectores de código de barras y no están utilizando las etiquetas RFID, debido que aún no tienen configurado los PIN (entiéndase como clave de acceso) para cada credencial de usuario, por lo tanto se evita que una persona que haya encontrado una credencial pueda sacar libros sin la autorización de su dueño. Además no todos los libros tienen adosada una etiqueta RFID, por lo que una persona podría sacar un libro con etiqueta rfid y otros sin ella, lo que provocaría que en realidad se podría “auto-prestar” muchos más, que el sistema no detectaría.

Los proveedores que forman parte del sistema RFID para esta biblioteca son:

- Libramation: Lectores de etiquetas.
- 3M: Estaciones de autopréstamo y portales electromagnéticos.
- TAGSYS: Etiquetas de radiofrecuencia con protocolo ISO 15693.

5.2.2.2 Biblioteca de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas (FCFM) de la Universidad de Chile.

La Biblioteca de la FCFM en conjunto con el Centro de Cooperación de Tecnología de la Información ITCC Chile-Korea, en septiembre del año 2006, dio inicio al proyecto piloto de implementar tecnología RFID en la biblioteca central de ingeniería de la Universidad de Chile. La tecnología RFID, tanto lectores, etiquetas como impresoras, fueron entregados por la empresa coreana Ceyon Technology, una de las líderes en soluciones mediante identificación por radio frecuencia, quedando la integración del sistema en manos de la Facultad (Universidad de Chile, 2006).

La iniciativa contempla el reemplazo en 30 mil libros, de los actuales códigos de barra, por el sistema de identificación automática RFID. La implementación de esta tecnología es posible gracias al financiamiento conjunto entre la FCFM y Ceyon, el que alcanza los 40 mil dólares. Colaboración que se gestó en el acuerdo de cooperación existente entre ambas naciones.

Actualmente el sistema de radiofrecuencia no se encuentra en funcionamiento, debido principalmente a problemas de compatibilidad de protocolos entre los softwares de gestión, Unicornio (actual programa de gestión de biblioteca central de la FCFM) y el software de RFID otorgado por la empresa proveedora. Básicamente la problemática, apunta a los protocolos SIP2 y NCIP, que permiten al software utilizado por la tecnología RFID el poder mantener una comunicación con Unicornio, específicamente con la base de datos que este posee. Se estima que para el primer semestre del próximo año (2007) se podrá tener en marcha el proyecto piloto de RFID en la biblioteca central.

Con respecto al sistema de seguridad, la biblioteca continuará utilizando las cintas magnéticas (3M) adosada en sus libros y emplearan la tecnología de identificación por radio frecuencia especialmente como sistema de inventario, búsqueda y reubicación de libros. Según datos otorgados por la biblioteca de FCFM, “se calcula que actualmente existe un 0,2% de pérdidas en libros por colección, lo que hace que sea un valor súper bajo con respecto a la gran cantidad de libros almacenados en sus estanterías”.⁶

El proceso de inventario se realiza mediante la lectura de código de barras, previo ordenamiento de los libros en las estanterías. En un día se pueden llegar a leer 5.000 libros, esta rapidez en la lectura de datos se debe básicamente a que los códigos de barra se encuentran pegados estratégicamente, en la parte exterior del libro, en el ángulo inferior izquierdo cercano al lomo del libro, con esto se logra una mejorable velocidad en la toma de datos.

⁶ Comunicación personal: Entrevista con Rosa Leal., Jefa de Servicio al Público de la Biblioteca Central de la Facultad de Ciencias y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago, realizada el 13 de diciembre de 2006.

“Con los nuevos sistemas automáticos de inventario, sólo se leerán códigos de barras o etiquetas de RFID, obteniendo como resultado la cantidad de artículos, los libros mal ubicados, etc., pero nunca nos indicará si el marbete del libro existe o si éste tiene errores en su escritura.”⁴

5.2.2.3 Biblioteca Central de la Facultad de Filosofía y Humanidades de la Universidad de Chile

Con modernos y atractivos espacios de estudio, apropiados a las necesidades actuales de la comunidad universitaria del Campus Gómez Millas, el 25 de Octubre del año 2006, se inauguró la remodelada Biblioteca Central de la Facultad de Filosofía y Humanidades. En ella se encuentran alojados una colección de 285.169 libros siendo la segunda más grande de la Universidad de Chile y la primera de ellas en colección de libros.

Con el apoyo del Programa de Mejoramiento de la Calidad y la Equidad de la Educación Superior (MECESUP), dependiente del Ministerio de Educación, se inició el año 2005 el proyecto de ampliación y remodelación de la Biblioteca Central, bajo la dirección del Sistema de Servicios de Información y Bibliotecas (SISIB). Este proyecto logró dotar a la Facultad de Filosofía y Humanidades de una infraestructura bibliotecaria funcional, con servicios de información que alcanzan los más altos estándares tecnológicos. Las nuevas instalaciones incorporan un sistema de autoservicio, que permitirá que los usuarios realicen directamente la transacción del préstamo en una estación de trabajo especialmente diseñada para este fin, la que incorpora el uso de etiquetas de radiofrecuencia (Universidad de Chile, 2006).

En esta oportunidad la biblioteca pasó de ser de colección cerrada (sin acceso al usuario) a estantería abierta, lo que trajo con ello la necesidad de incorporar un sistema de seguridad a las colecciones. La solución a este nuevo problema fue el de adoptar la cinta magnética como sistema de seguridad.



Figura 66: Estación de autopréstamo y libro con etiqueta de radiofrecuencia de la Facultad de Filosofía y Humanidades de la Universidad de Chile, Santiago.

FUENTE: Elaboración propia

“Aproximadamente, unos 10.000 libros pertenecientes a colección general, algunos títulos de revistas y la colección de referencia, que se encuentra en estantería abierta y que actualmente cuentan con cinta magnética como sistema de seguridad, se les incorporó una etiqueta de radiofrecuencia principalmente para efectuar búsqueda de libros y realización de inventario; y en un futuro no muy lejano, utilizar el sistema rfid como sistema de autopréstamo”.⁷

Actualmente las etiquetas de radiofrecuencia no se encuentran grabadas, es decir, no cuenta el chip con información alguna, pero se estima que para el próximo año 2007 ya deberían estar operativas en su totalidad. A cada una de las etiquetas de radiofrecuencia se les pretende registrar el título del libro, la colección, el ítem o el número de código de barra y en lo posiblemente el número de pedidos que tiene cada libro. La grabación se realizará por medio de la estación de autopréstamo, que servirá como estación trabajo para grabar las etiquetas. El procedimiento, de grabar las etiquetas, es una tarea sumamente sencilla, basta con leer el código de barras del libro que será captado por un software, a esta información se les añadirá los datos adicionales que se les desee almacenar, para finalmente proceder a grabar el chip de las etiquetas de radiofrecuencia.

⁷ Comunicación personal: Entrevista con la Srta. Jeannette García bibliotecaria encargada de referencia en hemeroteca de la Biblioteca de la Facultad de Filosofía y Humanidades del Campus Gómez Millas, perteneciente a la Universidad de Chile.

Las herramientas necesarias para dicha tarea son un computador (con los requerimientos mínimos solicitados por el programa de rfid), el software de conversión, un lector/grabador de tecnología rfid, un lector de código de barras y las etiquetas de radiofrecuencia compatibles con el software y el lector.

El proceso de autopréstamo actualmente se encuentra funcionando en modo de prueba, con sólo la lectura de código de barras, tanto de libros como de las credenciales de estudiante de la Universidad de Chile. Esta marcha blanca ha permitido realizar las configuraciones necesarias según la política de préstamos de la biblioteca, es decir, permitir al sistema realizar los préstamos correctamente de los libros. Se espera tener implementado el sistema RFID de autopréstamo, una vez que se hayan grabado la totalidad de las etiquetas, que sería a más tardar el primer semestre del año 2007.

Uno de los mayores problemas técnicos, a la hora de emigrar a la tecnología RFID, es la incompatibilidad entre los sistemas de gestión. En este caso particular, el sistema de gestión de libros de las bibliotecas de la Universidad de Chile (Unicornio) y el sistema de gestión RFID de artículos para bibliotecas (suministrado por Tag Systems) no tuvieron los problemas de compatibilidad de protocolo SIP2 ni NCIP, esto debido a que ambos sistemas se encuentran trabajando de forma paralela, es decir, de manera independiente uno del otro. La razón principal de haberse decidido por esta opción, fue básicamente que no todo el sistema va a trabajar bajo tecnología RFID, por tanto, se trabajará con registros paralelos de información.

Los proveedores que integran el sistema RFID para esta biblioteca son:

- 3M: Portales de seguridad electromagnéticos.
- TAGSYS RFID: Etiquetas de radiofrecuencia con protocolo ISO 15693,
- SENTRY Technology Corporation: Estación de autopréstamo y software de gestión y conversión.

Capítulo VI. Descripción y Factibilidad de una Implementación de Tecnología RFID.

6.1 Introducción

La selección de un sistema para automatizar las funciones de una biblioteca, como es un sistema de biblioteca integrado (sistema ILS), o una emigración a alguna tecnología de identificación inalámbrica, inicia a la biblioteca en un compromiso a largo plazo a este sistema. Si una biblioteca selecciona un sistema basado en RFID, es probable conservar este sistema por mucho tiempo, principalmente debido a su elevado costo, tanto como los cambios estructurales como para el “time consuming” (tiempo de trabajo) en los que la biblioteca debe participar para usar el nuevo sistema con éxito.

Sin duda la implementación de RFID es un proyecto de gran envergadura, que cambia radicalmente la concepción con la que se ejecutan y funcionan una serie de procesos y servicios que actualmente se realizan en las instituciones. Es fundamental cuestionarse la conveniencia y dividendos que aporta esta tecnología, ya que, el tiempo y los recursos necesarios para llevarla cabo son extensos.

6.2 Biblioteca Periférica del Campus Miraflores

6.2.1 Descripción General

La Biblioteca Periférica de la Facultad de Ciencia de Ingeniería, pertenece a la Universidad Austral de Chile desde el año 1989, que surge con la fusión del Instituto Profesional de Valdivia y la universidad. Se encuentra ubicada a dos kilómetros del centro de la ciudad Valdivia en un recinto de 30 hectáreas aproximadamente. La Biblioteca Periférica del Campus Miraflores atiende preferentemente a unos 5.000 alumnos pertenecientes a las carreras de Ing. Civil Acústica, Ing. Civil en Informática, Ing. Civil Electrónica, Ing. Civil Mecánica, Ing. Civil en Obras Civiles, Ing. Naval e Ing. en Construcción.

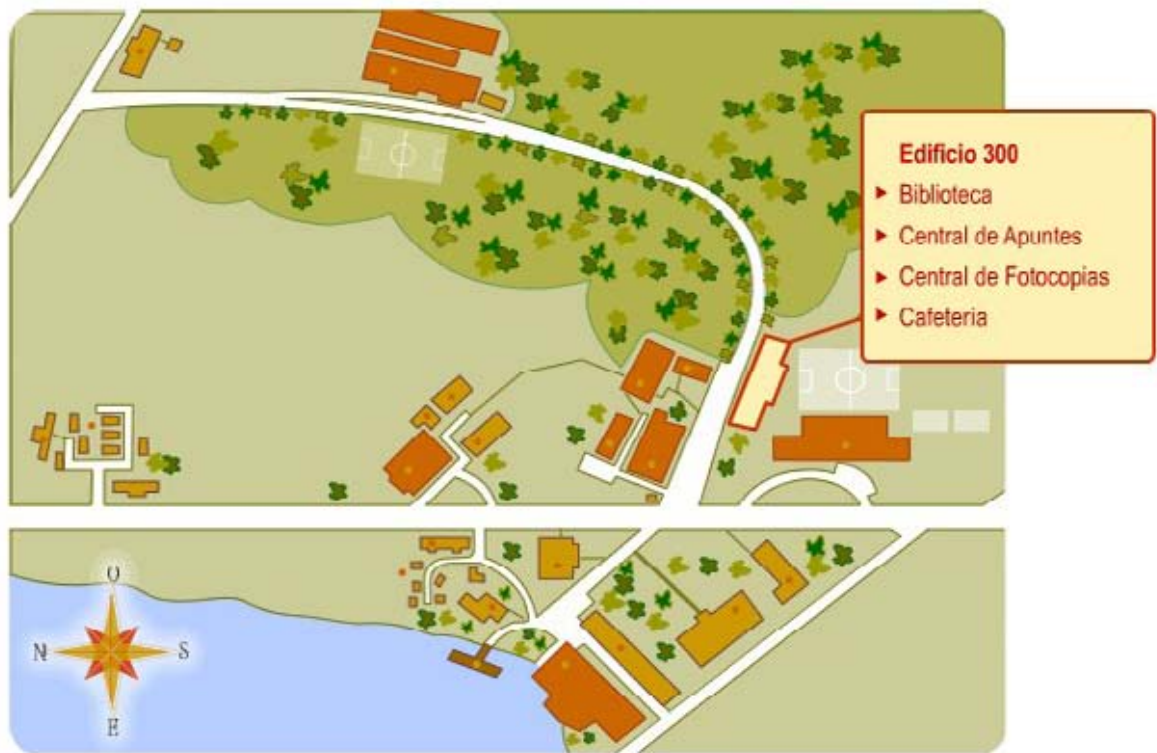


Figura 67: Mapa Campus Miraflores, Biblioteca Periférica Facultad Ciencias de la Ingeniería, UACH.
FUENTE: Universidad Austral de Chile, 2006

El edificio donde se encuentra emplazada la biblioteca (edificio 300) cuenta con 1 bibliotecólogo y 2 administrativos, que pueden asistir al usuario (estudiante) en la obtención de información y/o en la confección de bibliografías. Además ofrece servicios tales como:

- **Referencia Electrónica:** Es una sala especialmente habilitada para el uso de los servicios virtuales y electrónicos. Cuenta con 7 computadores y personal especializado que podrá ayudar al usuario en sus investigaciones. Esta instalación es un recurso para el estudio y la investigación.
- **Reserva Limitada:** Este servicio es de uso exclusivo para los alumnos de la Universidad. La Colección de Reserva Limitada se identifica en el catálogo como reserva (RES) y corresponde a aquellos libros recomendados en la bibliografía básica obligatoria de los programas de estudio. Esta colección es estantería cerrada y su préstamo es de un día

previa reserva de los libros a través de los OPAC de biblioteca. Este sistema permite a los alumnos planificar hasta con siete días de anticipación sus reservas.

- **Cabinas de Estudio:** Estas salas de estudio están orientadas para que los alumnos puedan estudiar o trabajar en grupo. Las cabinas de estudio están destinadas en forma preferente a los alumnos de las carreras impartidas en el campus Miraflores.

Al mismo tiempo, el edificio de la biblioteca de la Facultad de Ingeniería cuenta con una fotocopidora en la central de apuntes, un salón de estudio general, área de estudio silencioso y 4 cubículos o salas para estudio en grupo (ver FIGURA 68).

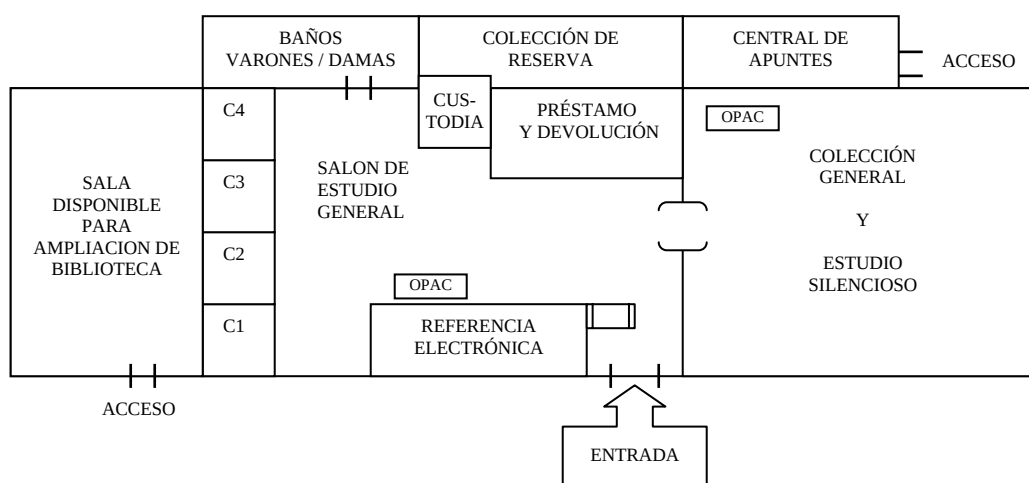


Figura 68: Diagrama Biblioteca Periférica Facultad Ciencias de la Ingeniería, UACH.
FUENTE: Elaboración propia, 2006

Actualmente la Biblioteca de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería posee una colección total de 17.066 libros, siendo éstos un 12,2% del total de textos que posee la universidad. Además cuenta con un total aproximado de 1.500 tesis y 200 CD.

6.2.2 Sistema de gestión

En el año 2000, cuando se trabajó en la remodelación de la biblioteca de Miraflores (entre los meses de Enero y Abril), pasó de ser una biblioteca con estantería cerrada a una con estantería abierta. En aquella ocasión, se incorporó la cinta electromagnética como sistema de seguridad (en inglés “Security Strip”), y como medio de gestión se adquirió un software; Horizonte en su versión 5.3.

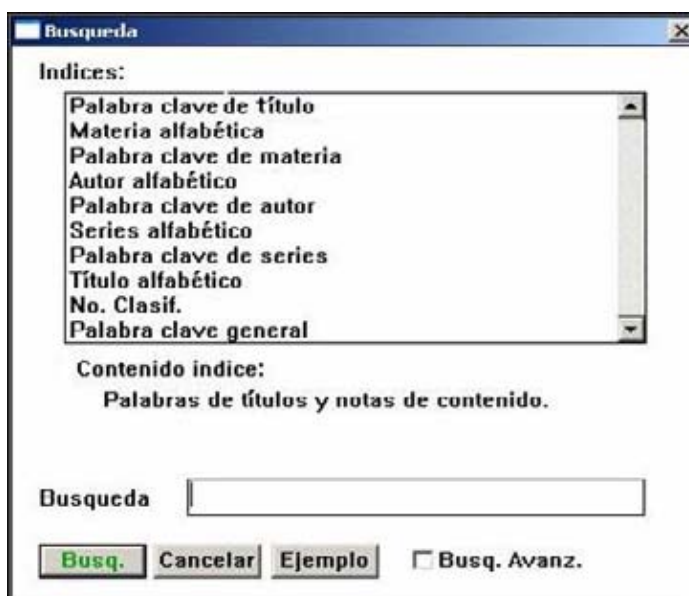


Figura 69: Pantalla de Horizonte v.5.3 en los OPAC habilitados en la Biblioteca Miraflores, UACH.
FUENTE: Horizonte v.5.3, 2000.

Actualmente este programa (Horizonte v.5.3) ha permitido la administración y gestión de todos los artículos que contiene el sistema de bibliotecas de la UACH, ya sea para agilizar el sistema de préstamo y devolución de libros, la búsqueda de libros a través de los OPAC y la realización del inventario anualmente. El inventario se lleva a cabo una vez por año, cuando el periodo anual de clases ha terminado (preferentemente en el mes de Enero) y el flujo de préstamo y devolución es menor. Esta tarea entrega principalmente como resultado, la cantidad de pérdida de libros desde estantería abierta.

Cada transacción queda registrada en una base de datos, perteneciente al sistema de gestión Horizonte, que se almacena desde el año 2000, donde en 4 años ha aumentado

aproximadamente 110 Megas⁸. El servidor de almacenamiento, se encuentra alojado físicamente en la biblioteca central de la UACH, ubicada en el campus Isla Teja.

6.2.3 Sistema de seguridad

El sistema de seguridad con el que actualmente cuenta la biblioteca de la facultad de ingeniería, es básicamente, la tecnología utilizada comúnmente en la mayoría de las bibliotecas; el de cintas magnéticas o el que se denomina "Security Strip". Dichas cintas o tiras magnéticas se adosan a cada uno de los libros que se encuentran en la estantería abierta, permitiendo un tránsito seguro de los libros a través de los portales de seguridad. La activación (magnetización) o desactivación (desmagnetización) de las cintas magnéticas, dependerá básicamente de la transacción realizada, ya sea de préstamo o devolución del libro. Este procedimiento se realiza a través de un dispositivo "anti-theft" (o anti-hurto) de la empresa proveedora 3M (ver FIGURA 70).



Figura 70: Desensibilizador de Seguridad 3M en la biblioteca Miraflores, UACH.
FUENTE: Elaboración propia, 2006

⁸ Comunicación personal: Entrevista con David Inostroza O., Coordinador de Recursos Informáticos de la Biblioteca de la Universidad Austral de Chile, realizada el 13 de enero de 2007.

Esta tecnología también provee de portales o puertas de seguridad (ver FIGURA 71), similares a los utilizados en las tiendas comerciales, estos permiten el control de la entrada y salida de libros desde y hacia la sala de colección general, a través de la incorporación de tiras magnéticas en éstos. Su activación dependerá exclusivamente del estado que se encuentre la cinta magnética del libro, por ejemplo; si no se ha desactivado previamente la cinta en el mesón de préstamo, o si se desea hacer abandono con un libro, sin el proceso de préstamo del personal a cargo de realizarlo, y se atraviesa el portal, esta acción provocará la automática activación de la alarma sonora que incorporan cada uno de dichos pórticos.



Figura 71: Pórticos de Seguridad 3M en la biblioteca Miraflores, UACH.

FUENTE: Elaboración propia, 2006

La incorporación de torniquetes en la Biblioteca Miraflores, en abril del año 2004, permitiría el acceso al uso de los recursos de información existentes en la biblioteca, sólo a los usuarios habilitados en el Sistema de Bibliotecas de la Universidad Austral de Chile. Sin embargo, este sistema de control de ingreso todavía no se ha puesto en marcha, debido a que no todos los alumnos cuentan con credenciales que permite el ingreso. No obstante, se estima que su funcionamiento comience a ser efectivo durante el transcurso del presente año. Esto permitiría el acceso exclusivo para alumnos de la Universidad Austral de Chile.

6.2.4 OPACs y el Protocolo z39.50

Dentro de los principales servicios que ofrece la biblioteca a los alumnos de la universidad, encontramos las estaciones OPAC o Catálogos en línea (en inglés Online Public Access Catalog), que es un catálogo automatizado de acceso público en línea de Libros, Revistas, Tesis y CDs, existentes en el sistema de la biblioteca. Básicamente, tanto el personal de la biblioteca como el público tienen acceso a él en dos terminales dentro de la Biblioteca Miraflores o desde el hogar vía Internet (www.biblioteca.uach.cl).

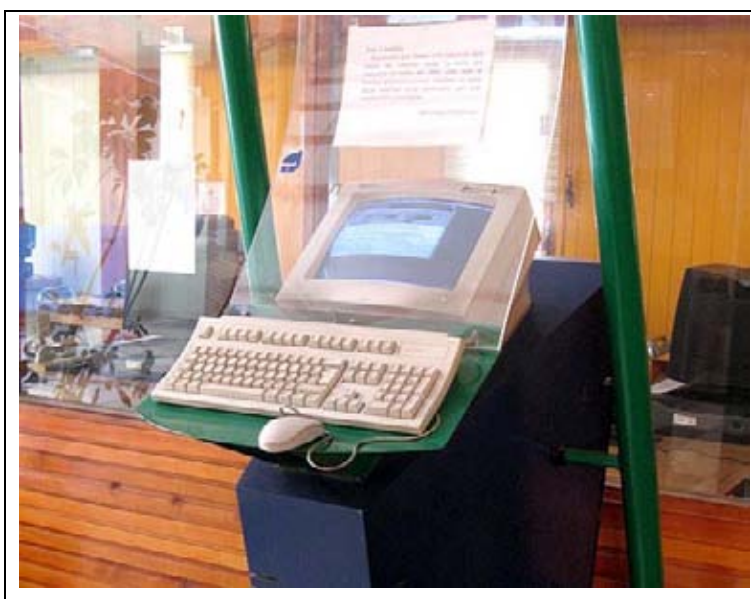


Figura 72: OPAC de la biblioteca Miraflores, UACH.
FUENTE: Elaboración propia, 2006.

Este servicio que permite al usuario realizar búsquedas (libros, revistas, tesis, etc.), en la base de datos de la biblioteca, trabaja fundamentalmente sobre el protocolo z39.50. Su nombre oficial "Information Retrieval (z39.50); Application Service Definition and Protocol Specification. ANSI/NISO Z39.50-1995", aunque es más conocido por z39.50. Su nombre deriva de haber sido desarrollado por el comité número 39 de la ANSI y por ser el estándar 50 de la NISO.

La norma ANSI/NISO z39.50 es un estándar para la recuperación de información basado en la estructura cliente/servidor, que facilita la interconexión de sistemas informáticos. Uno de los beneficios básicos del protocolo, en el ámbito de las bibliotecas y de los centros de documentación, es que hace posible la comunicación entre sistemas que utilizan diferente hardware y software. Además, permite la realización de búsquedas simultáneas a múltiples bases de datos, utilizando una única interfaz de usuario, recuperando la información, ordenándola, y exportándola de los registros bibliográficos (Moreno, 1999).

Formalmente, facilita la interconexión entre los usuarios y las bases de datos donde se encuentra la información que necesitan a partir de una interfaz común y da fácil manejo, independientemente del lugar en que se encuentren las bases de datos así como la estructura y la forma de acceso de éstas (Sanz, 2005).

Las principales funcionalidades que incorpora los terminales de búsqueda, OPAC de la biblioteca, son el buscar libros por autor, su título, la materia, serie u otros, saber a que colección pertenece, biblioteca del sistema en la cual se encuentra el ítem, conocer el estado del libros: devuelto, prestado (fecha de devolución), códigos de ubicación, número de copias y realizar reservas.

6.2.5 Pérdida de libros

Según los datos recopilados, a través de los inventarios realizados desde el año 2001 (TABLA 17), cuando se dio el paso definitivo para emigrar a una modalidad de estantería abierta, se puede determinar que existe una media de 302,5 pérdidas de libros por año, en la biblioteca del Campus Miraflores. Por lo tanto, con este valor se pueden determinar las pérdidas monetarias anuales de la biblioteca. Si se considera un valor promedio de \$40.000 por libro, (valor determinado por la Biblioteca Central de la Universidad Austral de Chile), se tendría aproximadamente una pérdida anual de \$12.100.000 (doce millones cien mil pesos), correspondiente aproximadamente a un 1,77% del total de la colección.

PERIODO	PÉRDIDA TOTAL	PÉRDIDA BC / BH / BPM ⁹	PÉRDIDA BM ¹⁰	COSTO DE PÉRDIDA BM (\$40.000 por libro) ¹¹
2001-2004	2.453	1.627	826	\$ 33.040.000
2004-2005	851	467	384	\$ 15.360.000
2001-2005	3.304	2.094	1.210	\$ 48.400.000

Tabla 17: Cuadro estadístico de pérdidas de libros en bibliotecas de la UACH.

FUENTE: Vera, 2006.

El último inventario realizado en el período 2004-2005, registró un total 384 pérdidas de libros equivalentes en \$ 15.360.000 (quince millones trescientos sesenta mil pesos), cifra considerablemente elevada respecto a la inversión anual que se realiza en la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería.

La pérdida de libros es un tema de suma importancia en estos momentos al interior de la biblioteca de la facultad de ingeniería, debido a que según las estadísticas señaladas, año tras año va en aumento el hurto de libros desde la colección general disponible en estantería abierta. Lamentablemente la pérdida de los ejemplares, sólo es notificable una vez terminado el inventario, que se efectúa una vez por año, lo que no permite saber de que forma ni en que momento fue realizada la sustracción. Las fuentes de extracción no se tienen claras, pero se estima que el hurto se realiza por intermedio de la extracción de los mismos estudiantes de la universidad o, en su defecto, por personas completamente ajenas a esta casa de estudio, gracias al fácil acceso que se tiene a las colecciones.

⁹ BC: Biblioteca Central; BH; Biblioteca Hospital; BPM: Biblioteca Puerto Montt.

¹⁰ BM: Biblioteca Miraflores.

¹¹ BM(\$): Referencia de un promedio de \$40.000 por libro.(Fuente: Biblioteca Central UACH).

6.3 Propuesta de Incorporación de un Sistema RFID

6.3.1 Introducción

Esta tesis, propone un nuevo plan de trabajo basado en la incorporación de tecnología RFID al actual sistema de gestión bibliotecario, para de esta manera, otorgar una solución al principal problema que aqueja actualmente a la biblioteca Miraflores, “la constante pérdida de libros desde estantería abierta”.

Para el desarrollo de esta propuesta se detectaron 2 factores que determinan en gran medida la pérdida de libros desde estantería abierta. En primer lugar, el sistema de seguridad, que si bien es uno de los más utilizados en Chile y en el mundo, hoy en día, éste necesita el apoyo de nuevas tecnologías de seguridad para un funcionamiento más eficiente. En este caso, se describirá y entregará una de las opciones que ha arrojado mejores resultados en su utilización para la vigilancia y el seguimiento de artículos. Y en segundo lugar, el sistema de gestión e inventario basado en la lectura de código de barra, que actualmente proporciona una escasa información sobre cada artículo existente en estantería, debido a que se obtienen resultados de pérdida de artículos sólo una vez cada año. Por esta razón, se desea incorporar al proceso tecnología RFID para ayudar a obtener información diaria, de todos los artículos alojados en estantería y determinar el real estado éstos.

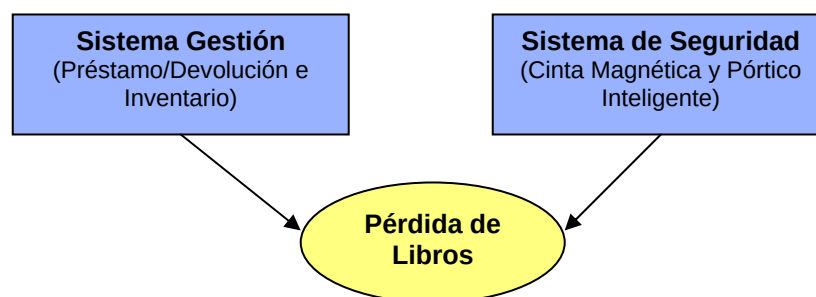


Figura 73: Principales factores que determinan la pérdida de artículos desde estantería abierta.
FUENTE: Elaboración propia, 2006.

6.3.2 Descripción general del nuevo sistema

El modelo del sistema que se propone para el actual funcionamiento de la biblioteca, consiste en la incorporación de etiquetas con tecnología de identificación por radiofrecuencia (RFID) a una serie de artículos bibliográficos, previamente seleccionados, existentes para su préstamo tanto para lectura en sala como para estudio en domicilio. Estos artículos serán ubicados en una sala piloto, que será descrita más adelante. Las etiquetas RFID, permitirán grandes mejoras sobre dos operaciones fundamentales dentro del sistema de gestión bibliotecario, estas son:

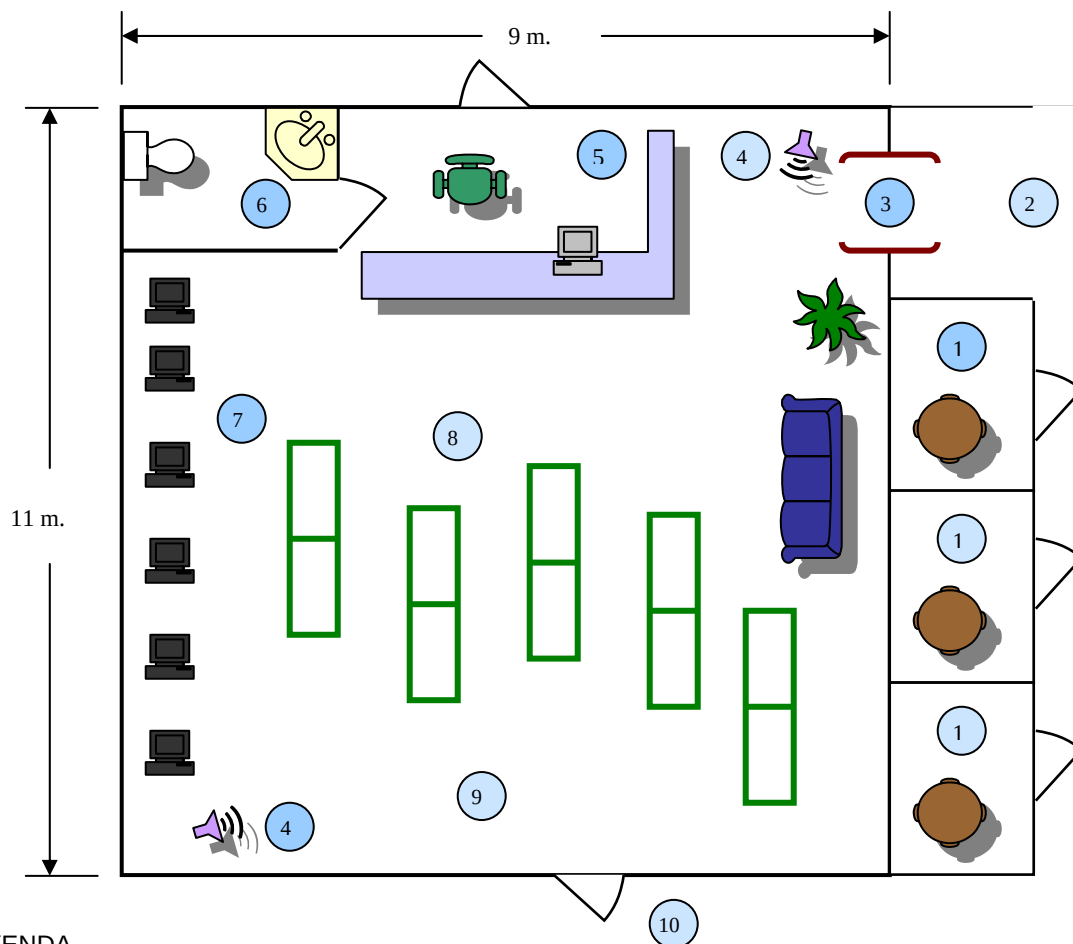
- a) Otorgar una mayor frecuencia en la tarea del registro de inventario, gracias a que ésta tecnología permite una identificación inalámbrica de cada artículo que contenga adosada una etiqueta RFID. Por lo tanto, este proceso podrá entregar diariamente resultados si ha ocurrido alguna sustracción de material bibliográfico sin la autorización necesaria para ello, en un tiempo que es considerablemente menor al efectuado con el actual sistema.
- b) Realizar la operación de préstamo y la recepción de material bibliográfico en un menor tiempo del acostumbrado. Esto se debe, a que este sistema de identificación no necesita contacto visual con la etiqueta RFID, para poder hacer lectura del código registrado en el chip. En contraste con el actual sistema, donde lector necesita hacer contacto visual con el código de barras, para poder realizar la operación de préstamo y devolución.

Se podrá contar, por una parte, con una valiosa información respecto al estado del material bibliográfico al término de cada día laboral, y por otra, con una mayor velocidad en el proceso de préstamo y recepción de artículos bibliográficos.

Con respecto a la seguridad, se incorpora, al actual sistema de detección a través de cintas magnéticas, un sistema de circuito cerrado de televisión CCTV (cámaras de vigilancia) que permitirá el registro en todo momento de lo que acontezca al interior de la sala piloto. De esta manera existirá un recurso visual para poder ser revisado si algo anormal llegase a acontecer en este lugar.

6.3.3 Descripción de la sala piloto RFID

Esta tesis plantea instalar una sala piloto con tecnología RFID, que se ubicaría en la antigua sala de central de apuntes (a un costado de la biblioteca del campus Miraflores). Esta sala albergará en su interior textos pertenecientes a la *colección general 1*, que corresponde a aquellos libros que son prestados por un periodo máximo de 3 días, sin renovación. La colección cuenta con un total aproximado de 1.000 ítems, siendo además la que posee la mayor demanda de solicitudes y la que concentra la mayor cantidad de pérdida de libros.



LEYENDA

- | | |
|--|------------------------------------|
| 01. Cubículos de estudio 1, 2 y 3 | 06. Baño privado para funcionario. |
| 02. Entrada a sala piloto por el actual cubículo N°4. | 07. Referencia electrónica. |
| 03. Sensor dual de seguridad (Magnético-RFID). | 08. Estanterías. |
| 04. Cámaras de vigilancia (circuito cerrado TV - CCTV). | 09. Espacio de estudio silencioso. |
| 05. Mesa de circulación del personal (Préstamo y devolución de artículos). | 10. Salida de emergencia. |

Figura 74: Diagrama de distribución en sala piloto con tecnología RFID.

FUENTE: Elaboración propia, 2006

Conjuntamente a la colección general 1, que tiene un crecimiento anual aproximado de 100 libros, se incorporará a la sala piloto de RFID la colección completa de tesis perteneciente al Campus Miraflores. Las tesis son un total aproximado de 1.500, con un crecimiento anual aproximado de 60 tesis. A su vez, se agregarán las revistas de especialidad que actualmente se encuentran en reserva, y la sala de referencia electrónica que abandonaría su actual locación para que en su lugar se instalen nuevos cubículos de estudio. Por lo tanto, al momento de ser hospedados los artículos en la sala piloto, se debe considerar un espacio en estantería para unos 3.500 artículos, para el primer año de utilización. Y un espacio en estantería para unos 500 artículos cada año.

Esta sala piloto, además de permitir una mejor gestión, administración y vigilancia del material bibliográfico existente dentro de ella, aportará el tiempo y el espacio necesario para realizar pruebas y ensayos de operación sobre esta tecnología de identificación, que fortalecerá el manejo y el control del sistema. Este fortalecimiento y dominio del sistema, entregará la opción de analizar la posibilidad de ampliar las prestaciones del servicio bibliotecario, como adquirir una estación de autopréstamo, que daría una mayor autonomía a los alumnos a la hora de solicitar algún texto, o ampliar la incorporación de etiquetas RFID a toda la colección existente en la biblioteca Miraflores.

El acceso a la sala piloto estará ubicada en el actual lugar donde se emplaza el cubículo de estudio N°4 (ver figura 74, número 2). Además, en la entrada a la sala, se instalará un pórtico de seguridad, ya sea uno similar al utilizado en el actual acceso a la colección general de la biblioteca Miraflores (ver figura 74, número 3), o un pórtico con sistema dual, es decir, un pórtico que sea capaz de detectar tanto cintas magnéticas como etiquetas con tecnología RFID. Se plantea incorporar esta última opción, pensando en una futura emigración hacia la tecnología RFID como sistema de seguridad.

Existirá una estación de trabajo del personal (ver figura 74, número 5), para realizar el préstamo de artículos, la recepción de éstos y para la realización del necesario proceso de desensibilizar las cintas magnéticas. Además, el personal a cargo, llevará el control de la nueva sala de referencia electrónica emplazada al interior de la sala piloto (ver figura 74, número 7).

Para brindar un mayor apoyo al actual sistema de seguridad se incorporarán dos cámaras de vigilancia, constituyendo un circuito cerrado de televisión CCTV (ver figura 74, número 4). El registro diario, de todo lo que acontezca al interior de la sala piloto, se almacenará en un equipo computacional especialmente disponible para este fin. Las cámaras deberán cubrir un área aproximada de unos 100 metros cuadrados.



Figura 75: Diseño de interior sala piloto en 3D, vista desde el sector entrada por cubículo 4.
FUENTE: Elaboración propia (IKEA Home Planner), 2006.

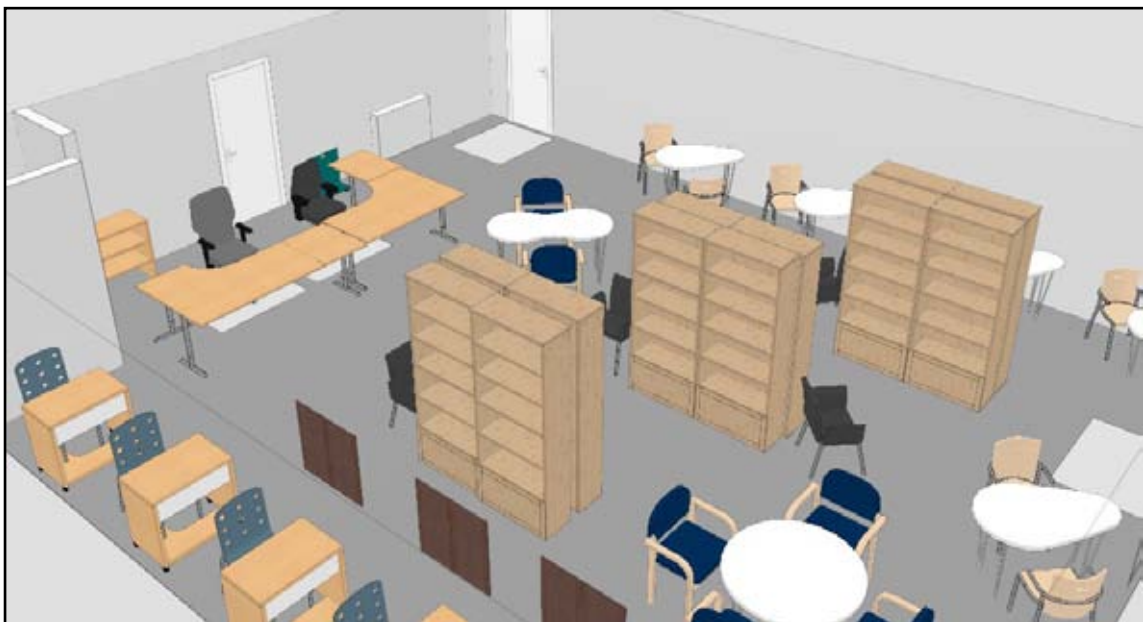


Figura 76: Diseño de interior de sala piloto en 3D, vista desde sector de referencia electrónica.
FUENTE: Elaboración propia (IKEA Home Planner), 2006.

6.3.4 Funcionamiento del nuevo sistema

El funcionamiento del nuevo sistema, se basa principalmente en la lectura de etiquetas con tecnología RFID para realizar las tareas de préstamo, recepción de artículos y para efectuar inventarios cotidianos de los artículos que se encuentran dentro de la sala. Técnicamente, el nuevo sistema (incluido el actual sistema Horizonte con la incorporación del software RFID) funcionará de la siguiente manera:

1. El bibliotecario hace lectura del código de barras de la credencial universitaria del estudiante, para tener acceso a su cuenta personal.
2. La estación del personal envía la información del cliente, hacia el sistema de circulación de la biblioteca (Horizonte v.5.3) para validar al cliente.
3. Una vez validada la cuenta, el bibliotecario simplemente debe pasar los artículos sobre el lector RFID de la estación de trabajo, o simplemente apilar los artículos sobre éste, para ser registrados.
4. El lector de la estación del personal envía la información del cliente y de los artículos, hacia el sistema de circulación de la biblioteca (Horizonte v.5.3) para validar al cliente y los materiales que van a ser prestados.
5. Cuando la transacción ha sido realizada, se podrá imprimir un recibo, indicando los artículos que han sido prestados y la fecha en que deben ser devueltos.
6. Finalmente el bibliotecario realizará el proceso de desensibilizar las cintas magnéticas, de los artículos solicitados.

Para lograr esta comunicación entre ambos sistemas de gestión, es imprescindible la adquisición del protocolo SIP2. Éste protocolo, permitirá un eficiente intercambio de información cuando sea solicitada, desde la actual base de datos del sistema de gestión bibliotecario de la UACH, hacia el software RFID, y viceversa. Este protocolo es soportado por el actual sistema bibliotecario Horizonte y por su versiones posteriores. Por lo tanto, no deberían existir problemas de compatibilidad y de comunicación, al realizar una emigración a futuras versiones de Horizonte.

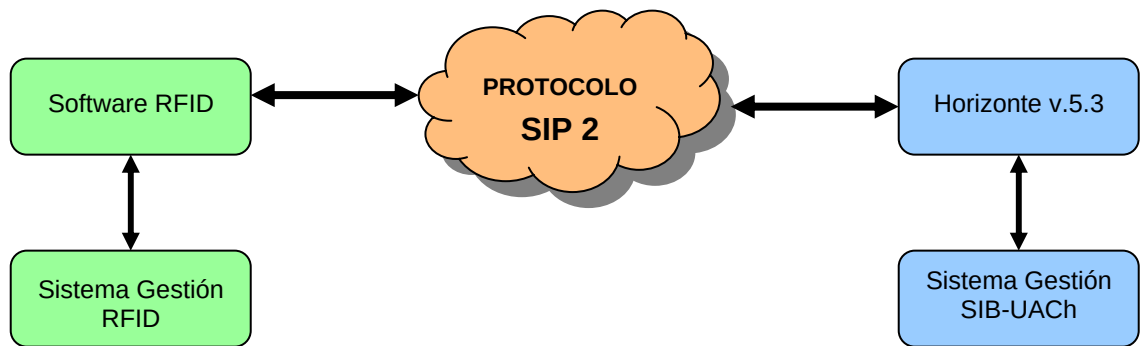


Figura 77: Diagrama de comunicación entre Sistema RFID y Sistema Horizonte.

FUENTE: Elaboración propia, 2006

Según las características de funcionamiento descritas, la mejor opción a considerar al momento de realizar la configuración del nuevo sistema, sería en el cual ambos sistemas trabajasen de forma separada (ver FIGURA 62, página 109). Esto debido principalmente, a que no será necesaria una emigración total a la tecnología RFID. Si bien, esta tecnología nos permitirá realizar una tarea de inventario cotidiano, también poseerá la capacidad de realizar el procedimiento de préstamo y recepción de artículos. Esto último, será de gran apoyo en caso que el sistema horizonte llegase a presentar problemas de funcionamiento o de conectividad, y no se encuentre disponible para realizar las tareas señaladas.

Por lo tanto, el nuevo sistema RFID trabajará de forma independiente del actual sistema de gestión universitario, Horizonte en su versión 5.3. Por lo que, necesariamente el actual sistema bibliotecario y de seguridad, continuará trabajando con el sistema de identificación de códigos de barra y con tiras de seguridad, dado que no se llevará a efecto una implementación de tecnología RFID a la totalidad de los artículos existentes en la biblioteca Miraflores.

Se recomienda que la emigración del sistema actual de código de barras, hacia el sistema de identificación por radiofrecuencia RFID sea de forma gradual, de esta manera se trabajará durante un tiempo prolongado con ambos sistemas (pueden ser años), hasta que la biblioteca adopte la decisión de realizar el definitivo salto hacia la tecnología de RFID.

6.3.5 Ventajas y desventajas

Al hacer una comparación entre el actual sistema de gestión de la biblioteca Miraflores, y el nuevo sistema con la incorporación de tecnología RFID, es ineludible centrar éste análisis en tres principales factores que son una parte importante del futuro accionar del sistema, estos son el proceso de inventario, la tarea de realizar préstamo y devolución de libros, y el sistema de seguridad. Aquí se concentran las principales ventajas y desventajas, de ambos sistemas, frente a las tareas más importantes a considerar, una vez que sea efectiva la puesta en marcha una sala piloto con tecnología RFID.

SISTEMA ACTUAL		
TAREA	VENTAJAS	DESVENTAJA
INVENTARIO	- Menor costo de inversión para realizar la tarea. - Tecnología actualmente en perfecto funcionamiento. - Personal familiarizado con el actual sistema.	- 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 barra a las estanterías.
PRESTAMO Y DEVOLUCION	- Menor costo de inversión para realizar la tarea. - Personal familiarizado con el actual sistema.	- 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	- La cinta magnética, es uno de los sistemas de seguridad para biblioteca más utilizados, por tanto, existe una mayor cantidad de proveedores.	- Los portales de seguridad son relativamente caros. - Los códigos de barra son fácilmente falsificables. - Aún no se encuentra en operación, el control de acceso por torniquete a la biblioteca.

Tabla 18: Cuadro de ventajas y desventajas del sistema actual.
FUENTE: Elaboración Propia, 2006.

SISTEMA CON TECNOLOGÍA RFID		
TAREA	VENTAJAS	DESVENTAJA
INVENTARIO	- 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.	- Mayor costo de implementación. - Mayor tiempo requerido para una nueva implementación. - Hay que pruebas con anterioridad para evitar la interferencia con las estanterías.
PRESTAMO Y DEVOLUCION	- 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.	- Nuevo Costo de inversión.
SISTEMA DE SEGURIDAD	- 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.	- Inversión para la compra de nuevos portales de seguridad. - Inversión para un CCTV.

Tabla 19: Cuadro de ventajas y desventajas, con sistema de tecnología RFID.
FUENTE: Elaboración Propia, 2006.

Las tablas 18 y 19 permiten evidenciar que el factor más afectado, por cambios operativos a la hora de incorporar una tecnología RFID, sería el proceso de inventario. En este sentido, la tarea de inventario realizada con el actual sistema SIBUACH (basado en horizonte), presenta considerables dificultades para lograr con éxito un resultado inmediato. Sin embargo, al momento de incorporar tecnología RFID, los resultados son mucho más satisfactorios. Esto se debe, principalmente, a las grandes ventajas que tiene un sistema de identificación que no necesita contacto visual con una etiqueta para realizar la lectura, frente a otro que es completamente necesaria, como el sistema de códigos de barras.

Otros de los factores que se verían afectados, pero en menor grado, serían:

- Un incremento en la velocidad para realizar préstamos de artículos y;
- Un mayor control de artículos en estanterías, con la incorporación de un circuito cerrado de TV, al actual sistema de seguridad.

6.3.6 Etapas del Proyecto

Al nivel operativo, la implementación de RFID enfrenta una serie de obstáculos de ingeniería con variables interdependientes que requieren ser controladas con parámetros relativamente estrechos. Y, desde luego, en muy raras ocasiones habrá dos sitios con iguales requerimientos.

Lo que sigue es una propuesta, sobre los pasos a tener en consideración, a la hora de llevar a efecto 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 una serie de factores críticos de éxito, relacionados con la ingeniería del sitio donde se implementará la tecnología RFID. Con estas propuestas, sólo se busca estar mejor preparado sobre los puntos sugeridos, e inclusive podría ayudar como una especie de lista de verificación para el desarrollo de un plan de implementación práctica (G. Reynolds, 2004).

1. **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.
2. **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.

3. **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.
4. **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.
5. **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 pasará el artículo, caja o tarima hacia su destino final.
6. **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 mas caros). En ambos casos, estos lectores tienen asociados un host de mantenimiento y de tareas administrativas.
7. **Administración de datos:** El factor crítico de éxito final para implementar RFID esta en la determinación de la información meta que esperamos generar. Entonces, dentro de los parámetros realistas sobre el tamaño de la carga de datos que podemos esperar, de una implementación específica de RFID asegurarnos que el sistema puede manejarlo.

6.3.7 Requerimientos del nuevo sistema

Para lograr un mejor entendimiento de lo descrito en la propuesta presentada, es necesario definir las características técnicas y funcionales del suministro e instalación de un sistema de préstamo, devolución y control e inventario de artículos. Así como la inicialización y pegado de etiquetas de circulación RFID y protectores de los artículos bibliográficos seleccionados de la sección de estantería abierta de la Biblioteca de Ingeniería del Campus Miraflores, para ser parte del proyecto piloto con tecnología RFID. Los elementos necesarios para la implementación, deberán cumplir, en general, los siguientes requerimientos técnicos y funcionales:

- El sistema se integrará plenamente con el sistema de gestión bibliotecaria del SIBUACH (Horizonte ver.5.3 y con sus versiones superiores existentes actualmente).
- Es importante que tanto las etiquetas, como los sistemas (estación y puertas de seguridad), sean compatibles con el Standard ISO 18000-3 o la ISO 15693 para escritura, lectura y seguridad para garantizar que las etiquetas y los sistemas sean compatibles con futuras mejoras de la tecnología y no sea necesario hacer un cambio de etiquetas para la utilización correcta de las mismas.
- Es fundamental que todo el equipamiento a adquirir, para la implementación de la sala piloto, deberá ser compatible con las características de tensión (220-240 VAC) y frecuencia (50-60Hz), correspondiente en este caso a Chile.

Teniendo en consideración estos requerimientos técnicos y funcionales del nuevo sistema a implementar, se hará la descripción de los principales elementos necesarios para hacer efectiva la puesta en marcha de la sala piloto. Para cada elemento (equipos) a utilizar, se presentarán las funcionalidades y requerimientos de hardware, software y mobiliario de soporte, necesarios para un eficiente funcionamiento de este nuevo sistema con tecnología RFID.

Una condición elemental a tener presente al llevar a cabo un proyecto RFID para biblioteca es que, el Sistema Inteligente de Biblioteca (SIB) está diseñado para operar de forma paralela con el sistema de circulación actual de la biblioteca, y no para ser reemplazado por éste. El nuevo sistema RFID se despliega dentro de su propia red de trabajo, para prevenir cualquier gasto indirecto en las redes existentes de la circulación de la biblioteca. Esta arquitectura disminuye

costos al sistema de la biblioteca por puntos de la red de trabajo. La FIGURA 62, 63 y 64 (página 109, 110 y 111) muestra algunos de los componentes del Sistema Inteligente de Biblioteca a utilizar y las diferentes disposiciones de la red de trabajo a considerar.

6.3.7.1 Equipo humano de trabajo

Hay que partir sin duda alguna por el equipo humano que se encontrará respaldando y trabajando en el proyecto. El equipo debe ser multidisciplinario y dentro de lo posible estar liderado por un bibliotecario que unifique los criterios tecnológicos con las políticas de la institución, en este caso con el sistema SIBUACH. Pensando siempre en la tecnología como una herramienta que permita facilitar los objetivos fundamentales de la institución. Primero, el reducir la pérdida de artículos bibliográficos desde estantería abierta y en segundo lugar, el prestar un servicio de calidad y de valor agregado a los usuarios del sistema ya sean estos alumnos, académicos, a personas externas, etc.

Basando en el estudio de casos de implementación RFID realizado en bibliotecas, tanto en el extranjero como en Chile, el equipo a cargo del proyecto puede estar conformado por los siguientes integrantes.

- Responsable del proyecto.
- Personal de la biblioteca (donde se implementará RFID).
- Personal de la biblioteca central de la institución.
- Personal de sistemas lógicos.
- Personal de empresas proveedoras.

Si se cuenta con un equipo que piense en el usuario final por sobre todo otro tipo de consideraciones, se estará pavimentando el camino para que el proyecto sea todo un éxito (Maturana, 2006).

Con la incorporación de una nueva sala, a la biblioteca del Campus Miraflores, será necesaria la contratación de un personal administrativo adicional al existente, que tendrá por cometido el de estar a cargo de las tareas requeridas por este nuevo sistema.

6.3.7.2 Instalación Física

La sala piloto con tecnología RFID se ubicará en la antigua central de apuntes a un costado de la biblioteca. Actualmente esta sala se encuentra disponible para realizar una futura ampliación de la biblioteca del Campus Miraflores.

Para describir con una mayor claridad el lugar físico donde se hará efectiva la instalación de esta sala piloto con tecnología RFID, se presentarán fotografías del lugar a utilizar. Para ello, se ha hecho una división por zonas del diagrama presentado en la FIGURA 74. Estas zonas van desde la letra A hasta la letra F, siendo esta última la entrada donde se ubica el actual cubículo de estudio N°4, y parte del cubículo N°3 (ver FIGURA 84).

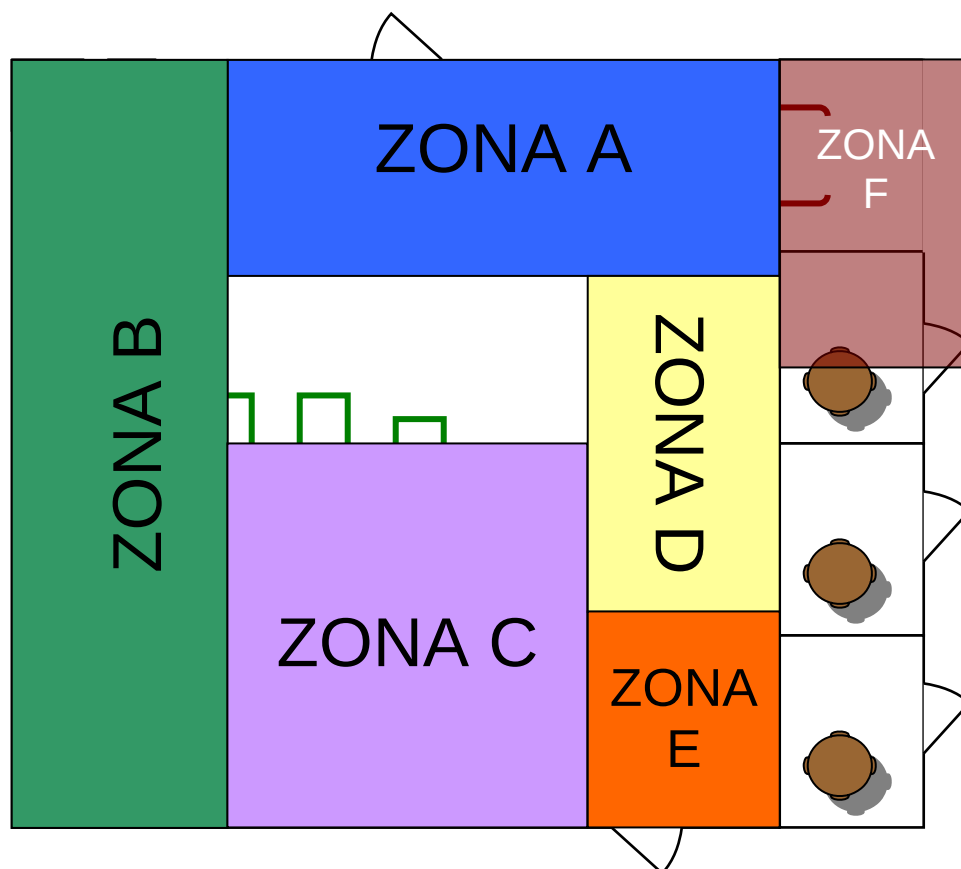


Figura 78: Diagrama de sala piloto con tecnología RFID, situada a un costado de la biblioteca.
FUENTE: Elaboración propia, 2006



Figura 79: Fotografía de sala piloto, Zona A.



Figura 80: Fotografía de sala piloto, Zona B.



Figura 81: Fotografía de sala piloto, Zona C.



Figura 82: Fotografía de sala piloto, Zona D.



Figura 83: Fotografía de sala piloto, Zona E.



Figura 84: Fotografía de sala piloto, Zona F.

6.3.7.3 Estación de trabajo para el personal de Biblioteca (Circulación)

Será necesario implementar una estación de trabajo para el personal bibliotecario. Estos sistemas se componen básicamente de un lector, que generalmente se presentan en forma de bandejas, que se sitúan en el mesón de préstamo y sobre ellas se sobreponen los ejemplares, un software capaz de programar etiquetas RFID y de gestionar esta tecnología, un escáner para lectura de código de barras, una impresora (si se quisiera entregar un comprobante préstamo) y un equipo informático que será parte fundamental de la estación de trabajo. Estos equipos RFID permiten una transacción de mayor velocidad en ambientes de préstamo manual, ya que en vez de escanear sólo un ejemplar, como es el caso de las pistolas de códigos de barra, estos lectores permiten leer la totalidad de ejemplares que el usuario desea solicitar en préstamo.

Los equipos descritos, se conectarán a la estación de trabajo a través de los medios que el fabricante estipule en las características de cada elemento adquirido, ya sean estas por conexión de puertos serie, PS2, USB o Bluetooth. Por lo tanto, se recomienda conocer con anterioridad las especificaciones de conexión, antes de adquirir un computador que cumplirá la función de la estación de trabajo.

Finalmente, la comunicación desde la estación de trabajo hacia el sistema actual de circulación (SIBUACH), será realizada a través de una conexión física desde el computador a un punto de red existente en la sala piloto, utilizando el protocolo de comunicación SIP2 compatible con el Z39.50. Esta conexión se realizará por medio de un cable Ethernet, que tendrá un conector RJ-45 (ver FIGURA 85) compatible con las cajas de acceso disponibles.

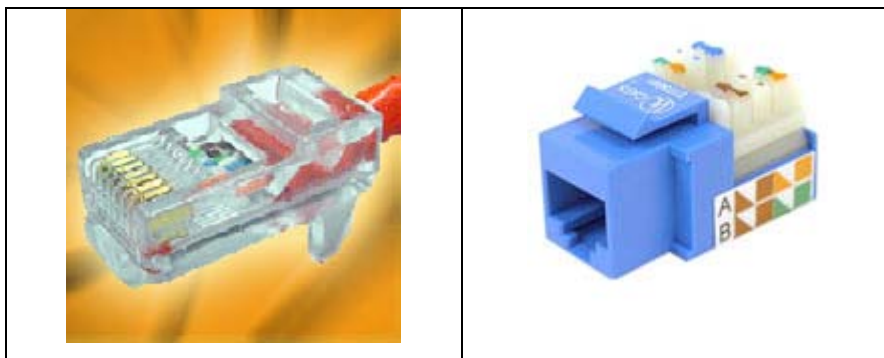


Figura 85: Conectores RJ-45 Macho y hembra
FUENTE: www.w3.org, 2006.

Los siguientes puntos, describirán las funcionalidades generales y los requerimientos de hardware y software, necesarias para un perfecto funcionamiento del actual sistema RFID.

Funcionalidades:

- Unidad de lectura de libros con etiquetas RFID (13.56 MHz) ISO15693, además con la capacidad de realizar lectura múltiple.
- Software de préstamo de documentos en los siguientes formatos; libros, Cd's y DVD's.
- Software para devolución y préstamo basado en tecnología RFID.
- Módulo de grabación de etiquetas RFID (13.56 MHz) ISO 15693.
- Desactivación y reactivación de la etiqueta antihurto integrado en el sistema.
- Las estaciones de staff deben ser usadas para inicializar etiquetas, préstamo-devolución y para leer carnés de usuario.
- Las estaciones de préstamo deber poder ser colocadas de forma fácil y ergonómica en un mostrador o mesa.

Requerimientos de Hardware, Software y Mobiliario de Soporte:

- Unidad de lectura de libros marcados con etiquetas RFID (13.56 MHz). ISO15693, con capacidad de lectura múltiple. Para instalación en mostradores de biblioteca.
- Las estaciones de staff deben ser modulares para poder ser montadas en los mostradores de trabajo.
- Escáner de código de barras para hacer lectura de la credencial universitaria.
- Sistema operativo incorporado (Windows Vista, XP Professional, 2000, NT).
- Protocolo de comunicación con sistemas de gestión de bibliotecas; SIP2 y/o en su defecto el protocolo NCIP.

6.3.7.4 Etiquetas de Radiofrecuencia

Para iniciar la implementación física de esta primera etapa del proyecto, necesitamos del insumo fundamental que considerará el proceso, los tags o etiquetas de radiofrecuencia que irán en cada uno de los aproximadamente 4.000 materiales seleccionados para ser parte del piloto de RFID. Se ha sobredimensionado la cantidad de etiquetas RFID, por efectos de actualización anual del material bibliográfico, y por ser considerado, éste, uno de los puntos más importantes para la continuidad del trabajo de conversión del nuevo material. A este valor es necesario agregar el costo asociado al recurso humano encargado de instalar los tags (en cada uno de los libros, revistas y tesis) y es recomendable considerar adicionalmente etiquetas protectoras, para evitar el hurto de los dispositivos.

Funcionalidades y Requerimientos del Suministro:

- Uso de etiquetas para seguridad y circulación.
- Las etiquetas RFID deben ser lectura/escritura.
- Las etiquetas RFID deben cumplir la norma ISO 15693 y 18000-3 para escritura, lectura y seguridad.
- Las etiquetas deben poder ser pegadas directamente a todo tipo de soportes: libros, CDs, DVDs y estar equipadas con las funciones de “check out” y seguridad en las puertas de control.
- El proceso de inicialización/grabación en el chip de la etiqueta no debe exceder de unos pocos segundos.
- Etiquetas de protección, que se pueda imprimir el logo de la institución.

Considerando futuras etapas, existen tags o etiquetas específicas utilizadas para las credenciales de estudiantes, y su costo dependerá de las potencialidades que se requieran, que pueden ir desde la sola identificación de un alumno hasta el descuento directo de dinero por multas y atrasos desde la tarjeta. Sin embargo, si dentro de las políticas de la institución no se encuentra el sustituir las credenciales, de código de barras por una de tecnología de RFID, esto

no debería traer consecuencias de funcionamiento al nuevo sistema, ya que se puede operar sin dificultad elementos RFID con dispositivos de lectura de código de barras.

También se puede considerar la utilización de etiquetas que integran tecnología de códigos de barra y tecnología RFID, lo que permitiría un ahorro en la adquisición de ambas tecnologías por separado (FQ, 2006).

6.3.7.5 Sistema de inventario

Este nuevo sistema de inventario, basado íntegramente en tecnología RFID, permite que lectores realicen el rastreo e inventario de las colecciones de forma independiente al sistema de circulación. La cantidad a adquirir dependerá del tamaño de la colección y el uso que la biblioteca les dará a los mismos. En nuestro caso particular no se posee una colección demasiado grande, por tanto sólo bastaría con un equipo para satisfacer las necesidades de la sala piloto RFID. La gran ventaja que presentan estos lectores es la rapidez, ya que es posible leer hasta una cantidad de aproximada de 1.000 ejemplares por minuto (en óptimas condiciones).

Funcionalidades:

- Registrar el número del ejemplar para control de inventario.
- Indicar qué ejemplares están descolocados en el orden establecido en la biblioteca.
- Mostrar los ejemplares en función del número de préstamos que han recibido.
- Mostrar los ejemplares en función del último año que fueron usados.
- Buscar un ejemplar específico.

6.3.7.6 Sistema de seguridad

6.3.7.6.1 Seguridad cuando la biblioteca está cerrada

La sala piloto de RFID, antigua sala de central de apuntes, actualmente cuenta con uno de los sistemas más comunes de detección volumétrico, es decir, un detector de movimiento infrarrojo (FIGURA 86-A). Estos detectores, son una parte importante en la mayoría de los sistemas de alarma antirrobo. Ayudan a alertar al personal de seguridad, especialmente en aquellos casos en los cuales la entrada forzada no es evidente. Un detector de movimiento detecta los movimientos del intruso tan pronto como da unos pasos o se mueve dentro del área protegida. Hoy por hoy, este sistema está interconectado y vinculado al servicio de seguridad del edificio de biblioteca.

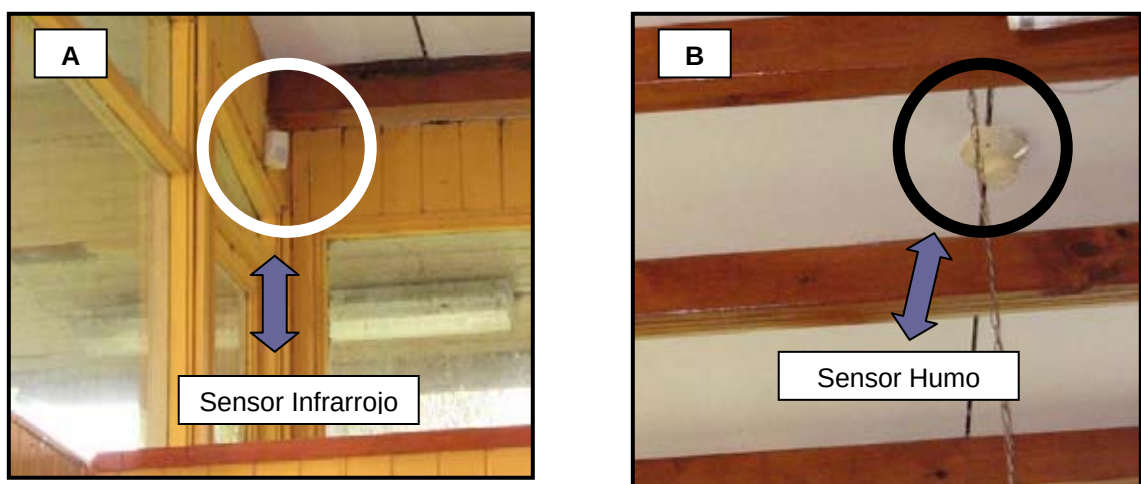


Figura 86: Sensor infrarrojo y Sensor detector de humo, de la sala piloto.
FUENTE: Elaboración propia, 2006.

Igualmente existe incorporado, a este sistema de seguridad, un sistema de detección de humo (FIGURA 86-B). Básicamente un detector de humo es un sistema sensible a la presencia de las partículas de combustión ("humo") dispersas en el aire y que emite una señal acústica avisando del peligro de incendio. Dentro de la sala, actualmente, existe un total de cuatro detectores de humo.

6.3.7.6.2 Seguridad cuando la biblioteca está abierta

Cuando la Biblioteca esté en funcionamiento se necesitará principalmente 2 sistemas de seguridad:

- Sistemas de **control de acceso** para usuarios y hacia las colecciones (Torniquetes, Pórticos electromagnético de seguridad y/o Sistema de Radiofrecuencia).
- **Cámaras de vídeo** para aquellas zonas que quedan fuera del campo visual del personal de biblioteca o fuera de su alcance.
- Una mención especial requiere la **Salida de emergencia**, que se recomienda señalar clara y visiblemente su existencia, dentro de la sala piloto (FIGURA 83, página 150).

6.3.7.6.2.1 Torniquetes y Sistema Antihurto (puertas de seguridad)

Si bien, la incorporación de torniquetes al sistema de control de la biblioteca de ingeniería, aún no se ha realizado, esta medida, debería ser prontamente evaluada, ya que ayudaría a restringir el acceso a la biblioteca sólo al personal autorizado. Esta opción, al ocurrir algún hecho fraudulento en la sala piloto, otorgaría un mejor control de detección visual al sistema CCTV, gracias al tener un registro detallado de los usuarios que han hecho ingreso al recinto.

Las puertas de seguridad con tecnología RFID son, sin lugar a dudas, el equipamiento que ha presentado la mayor penetración en el mercado de las bibliotecas en el extranjero, ya que combina la seguridad con opciones de manejo de colecciones y préstamo. Sin embargo, su principal desventaja sigue siendo el costo de las etiquetas de RFID, ya que para grandes colecciones es mucho más conveniente, en término de costos, la implementación de las típicas cintas electromagnéticas, que es lo que se sigue y seguirá utilizando en las bibliotecas, por algún tiempo más. Para las condiciones que presenta la arquitectura de la sala piloto, y observando que el acceso a ella será a través del actual lugar donde se emplaza el cubículo n°4, sólo será necesaria la adquisición de un par de puertas o portales de seguridad, para cubrir las necesidades de acceso al recinto. Estas puertas deberán de contar con detección dual de seguridad, es decir, que sea capaz de detectar tiras electromagnéticas y etiquetas con tecnología RFID.

Funcionalidades:

- La puerta de seguridad deberá tener un ancho mínimo de 90 cm.
- La puerta de seguridad deberá leer/registrar el número de ejemplares que no han sido previamente prestados (=desactivados) y activar una alarma sonora.
- Poseerá la capacidad de detectar metales. Con esta opción se pueden detectar principalmente las bolsas forradas de metal preparadas para el hurto de artículos.

Requerimientos de hardware, software y mobiliario de soporte:

- Antenas antihurto capaz de detectar todos los tipos de "Security Strips" o tiras electromagnéticas de 3M™ (que son con las que cuenta el actual sistema SIBUACH).
- Antenas antihurto de 13,56 MHz. Distancia entre antenas de 1,10 metros.
- Antena antihurto con sistema cuenta persona integrado sin necesidad de software adicional.
- Señalización luminosa y acústica de alarma antihurto.

6.3.7.6.2.2 Circuito cerrado de televisión

El Circuito cerrado de televisión o su acrónimo CCTV, que viene del inglés: *Closed Circuit Television*, es una tecnología de vídeo vigilancia visual diseñada para supervisar una diversidad de ambientes y actividades. Se le denomina circuito cerrado ya que, al contrario de lo que pasa con la difusión, todos sus componentes están enlazados.

Dentro de un sistema de seguridad resulta muy importante el poder disponer de un centro de control de imágenes; con ello se consigue una serie de ventajas, como son: el disuadir a un posible agresor al sentirse vigilado, evitar robos y prevenir conductas fraudulentas, verificar al instante la causa de una alarma, identificar al intruso y, visualizar y registrar digitalmente todo lo que ocurre en los lugares estratégicos.

Los elementos captadores de imagen (cámaras), constituyen el elemento base del sistema, ya que transforman una imagen óptica en una señal eléctrica fácilmente transmitible (FIGURA 87). La señal de vídeo que sale de la cámara debe llegar en las mejores condiciones posibles a los digitalizadores, que almacenan las imágenes digitalizadas actualmente en soportes informáticos

sin necesidad de cintas de grabación. Un software permite visualizar y grabar las imágenes recibidas simultáneamente desde las cámaras, en la misma pantalla de de computador.



Figura 87: Tipos de cámaras de seguridad: Cámara Bala, Cámara Domo PTZ y Cámara IP Fija.
FUENTE: www.w3.org, 2006.

Si bien la transmisión por cable coaxial es la más usual, no es la única, pudiendo efectuarse también mediante: cable de 2 hilos trenzados (señal simétrica), cable de fibra óptica, línea telefónica (vía lenta), enlace por microondas y enlace por infrarrojos, aunque debe tenerse en cuenta que para ello se precisan dispositivos tales como conversores, transductores, módems o conjuntos emisor/receptor, adecuados a cada caso.

Para la sala piloto RFID, se ha considerado la adquisición de un sistema CCTV, que contará con 2 cámaras de vigilancia, 1 software para la visualización y gestión del material visual y todo el material necesario para lograr una eficiente comunicación (cables, conectores, etc). Además se considera la compra de un equipo informático, con las características necesarias que permita el monitoreo y el almacenamiento de lo que registren las cámaras de vigilancia, dispuestas estratégicamente al interior del recinto (FIGURA 74, página 137). El costo aproximado, de una implementación de esta envergadura, es de unos USD\$ 2.100, incluyendo el personal especializado que realiza la instalación.

6.3.8 Consideraciones fundamentales

Como se plantea, estamos hablando de una tecnología que facilita enormemente las labores del personal en áreas claves de la biblioteca y que permite una mayor rapidez y exactitud en las transacciones. El amplio campo de lectura y rapidez en la misma hacen que esta alternativa sea sumamente atractiva para las instituciones que cuentan con recursos para implementarla. Eso

sí, como toda nueva tecnología que se precie de tal, tiene algunos “pequeños” detalles que es necesario acentuar para su óptima implementación.

6.3.8.1 Frecuencia

Los dispositivos RFID tienen 4 frecuencias básicas de uso, las etiquetas de frecuencia baja (entre 125 ó 134,2 kilohertz), las etiquetas de alta frecuencia (13,56 megahertz), las etiquetas UHF o frecuencia ultraelevada (868 a 956 megahertz), y las etiquetas de microondas (2,45 gigahertz). Estas frecuencias tienen directa relación con su uso. En el ámbito de las de bibliotecas y el control de documentos la más utilizada es la de alta frecuencia (13,56 mhz) ya que tienen un menor costo, rápido procesamiento y una distancia adecuada de lectura.

6.3.8.2 Estándares

Existe una amplia gama de estándares para etiquetas de radiofrecuencia y de estos dependerá la capacidad de almacenamiento, velocidad de lectura, distancia, costo, etc. Dichos estándares se basan en normas ISO, los más utilizados son el ISO 10536, 14443, 15693 y 18000, en el ámbito de bibliotecas se ha masificado el uso del estándar 15693 y 18000 en sus distintas versiones.

6.3.8.3 Protocolos de Comunicación

Un factor fundamental a considerar, para que un proyecto de implementación de RFID tenga éxito, es el protocolo de comunicación del software de gestión de bibliotecas con que cuente la institución. Es imprescindible que dicho software cuente con los protocolos SIP2 o NCIP para que se pueda implementar RFID, si no se cuenta con estos protocolos es IMPOSIBLE implementar. Sobre esto mismo hay que verificar muy bien con el proveedor del software que posea la institución que este cuente con las licencias sobre SIP 2 o NCIP ya que generalmente estas no están consideradas en el paquete base que el proveedor ofrece a las instituciones.

6.3.9 Costos de implementación

Para la elaboración de los costos de implementación, se han considerado los datos obtenidos principalmente de las entrevistas realizadas en la etapa de Estudio de Casos (ver Capítulo V), publicaciones sobre implementación de RFID y de algunos proveedores que han optado por dar a conocer libremente los valores de sus productos. Sin embargo, los costos entregados en las siguientes tablas son sólo aproximaciones, debido, principalmente, a que existe la posibilidad de que al hacer contacto con proveedores de estas tecnologías, puedan haber grandes diferencias de costos entre un proveedor y otro.

6.3.9.1 Costos de equipamiento RFID e instalación

CANTIDAD	EQUIPOS E IMPLEMENTOS	PRECIO UNI. (USD\$)	PRECIO TOT. (USD\$)
4	Etiquetas RFID 3M, 13.56 MHz, ISO 15693-3 y 18000-3 (1.000 etiquetas por Rollo - 48x57mm)	1.000	4.000
4.000	Láminas protectoras para etiquetas RFID, imprimibles	0.5	2.000
1	Digital Library Assistant de 3M o Lector de inventario portátil.	6.000	6.000
1	Pad Staff Workstation 3M + Software RFID + lector código de barras (Lector RFID de la estación de Trabajo, incluye software).	3.000	3.000
1	Licencia de Protocolo SIP2.	5.000	5.000
1	Costo en trabajo especializado.	1.000	1.000
TOTAL (Dólares)			USD\$ 21.000

Total (Pesos)	\$ 11.130.000
----------------------	----------------------

Tabla 20: Costos de equipamiento RFID. Valor dólar referencial, \$530.
FUENTE: Elaboración Propia, 2006.

En la TABLA 20, se considera la compra de una licencia SIP2 de forma separada, debido a que no todas las empresas proveedoras de tecnología RFID incorporan la licencia del protocolo junto al equipamiento adquirido. Por lo tanto, los costos asociados a una implementación de tecnología RFID ascienden aproximadamente a \$11.130.000 (once millones ciento treinta mil pesos). Se recomienda realizar la adquisición de productos RFID a un mismo proveedor, así, de esta manera, se logrará una mayor compatibilidad del sistema. Así también, se podrán evitar costos extras e innecesarios, a la hora de lograr un óptimo funcionamiento entre productos de distinto fabricante.

6.3.9.2 Costos del sistema de seguridad e instalación.

CANTIDAD	EQUIPO	PRECIO UNI. (USD\$)	PRECIO TOT. (USD\$)
1	Antenas y sensor dual inteligente de seguridad (Tiras de seguridad y etiquetas RFID).	21.000	21.000
2.000	Cintas Magnéticas (Tesis y Revistas)	0.5	1.000
1	Bookcheck Unit Model 942 de 3M (Desensibilizador)	10.000	10.000
1	Sistema circuito cerrado de televisión. (Incluye 2 cámaras, software, equipo informático y cableado)	2.100	2.100
1	Requerimientos de Hardware y software.	1.000	1.000
1	Costo en trabajo especializado.	1.000	1.000
TOTAL (Dólares)			USD\$ 36.100
Total (Pesos)			\$ 19.133.000

Tabla 21: Costos del sistema de seguridad. Valor dólar referencial, \$530.
FUENTE: Elaboración Propia, 2006.

Para los costos del sistema de seguridad, TABLA 21, se consideraron la adquisición de 2.000 unidades de tiras electromagnéticas, que serán utilizadas sólo para tesis y revistas, que actualmente se encuentran en reserva. Además, queda en evidencia, que los mayores costos de inversión en seguridad, corresponde a las puertas de seguridad y al sensibilizador de tiras electromagnéticas.

6.3.9.3 Costos de remodelación

Los costos de remodelación, asociados a los trabajos de reparación de los elementos de infraestructura de la sala, como por ejemplo el retiro de tabiques anteriores, el cambio de alfombra e iluminación, etc., así como también la construcción de la mampara de acceso a la misma, serán asumidos íntegramente como parte del proyecto. Es por esto que, una vez realizada una cotización de trabajo (ANEXO 1), se estima que se invertirá un total aproximado de \$ 1.755.202 pesos (un millón setecientos cincuenta y cinco mil doscientos dos pesos). Utilizando un valor del dólar referencial de \$530, la inversión ascendería aproximadamente a USD\$ 3.312 dólares.

6.3.9.4 Costos contratación personal administrativo

Como costos adicionales, se deberá de tener en consideración la contratación de un personal administrativo extra, para la nueva administración de la sala piloto RFID. Es por esto, que se estima un gasto anual de aproximadamente \$2.385.000 pesos (dos millones trescientos ochenta y cinco mil pesos). Considerando un valor del dólar referencial de \$530, la inversión ascendería a USD\$ 4.500 dólares.

6.3.9.5 Costos adicionales

Como costos adicionales, se considerará el trabajo que se deberá realizar para traslado de la actual red de trabajo, que existe en la sala de referencia electrónica, hacia a la sala piloto. Esto incluye todo el cableado con sus respectivas cañerías o ductos de protección y las actuales

cajas de acceso o puntos de red disponibles. Los costos asociados a las tareas de desmontaje, traslado e instalación de los elementos de red, no superarían los USD\$ 300, aproximadamente \$159.000 (ciento cincuenta mil pesos), asumiendo un valor de dólar referencial de \$530.

6.3.9.6 Costos totales

Se puede ver en la TABLA 22, un resumen de todos los costos asociados a una implementación de tecnología RFID en la biblioteca del campus Miraflores. Además se concluye que el total de la inversión sería igual a \$ 34.562.360 (treinta y cuatro millones quinientos sesenta y dos mil trescientos sesenta pesos).

TEMA	PRECIO TOT. (USD\$)
Costos del Sistema RFID	21.000
Costos del Sistema de Seguridad	36.100
Costo Anual de Personal Administrativo	4.500
Costos de Remodelación	3.312
Traslado de puntos de red, hacia sala piloto.	300
TOTAL en dólares	65.212

Total en pesos	\$ 34.562.360
-----------------------	----------------------

Tabla 22: Costos totales de implementación. Valor dólar referencial, \$530.
FUENTE: Elaboración Propia, 2006.

6.4 Cálculo de reducción de pérdidas

La compañía 3M internacional, una de las empresas que posee la mayor experiencia en implementación de tecnología RFID para bibliotecas, pone a disposición un programa on-line (a través de su sitio web, www.3m.com/library) que permite calcular la reducción en pérdida de artículos, una vez que se ha implementado tecnología RFID. Estos cálculos se basan, principalmente, en que se ha demostrado que se produce una reducción del 80% por pérdidas de artículos en la biblioteca, una vez que se ha utilizado la tecnología por el transcurso de un año. Incluso, la empresa indica “si no se han reducido las pérdidas por al menos un 80%, la compañía reembolsará la diferencia entre su actual reducción de pérdidas y el 80% garantizado, considerando un valor por artículos de USD\$25” (3M, 2007).

Estos cálculos son aplicables en base a una implementación total de RFID en una biblioteca, que en nuestro caso no será realizada. Sin embargo, más del 95% de las actuales pérdidas de artículos son realizadas de la colección general 1, la cual será integrada al sistema de identificación por radiofrecuencia de la sala piloto. Por lo tanto, como esta colección es la que recibe la mayor cantidad de pérdidas y actualmente pertenece a la colección general, se podrá considerar para nuestros cálculos de pérdidas, la totalidad de la colección general existente en la Biblioteca de Ingeniería.

En la TABLA 23, se muestran los datos que fueron solicitados por el programa on-line.

Tamaño de la Colección	17.066
Porcentaje de Ítems de la Colección	
Libros	100%
Videos	0%
CR-Rom	0%
DVD	0%
Crecimiento anual de la colección (%)	0-5
Cantidad diaria de devoluciones	1-100
Cantidad diaria de préstamos	1-100

Tabla 23: Análisis de la colección.
FUENTE: Elaboración Propia, 2006.

Estos datos (TABLA 23), que serán almacenados por el programa, indican el total de la colección, el porcentaje por ítems que pertenecen a ésta, el crecimiento anual de libros y la cantidad diaria de préstamos y devoluciones.

Tamaño de la Colección	17.066
Promedio de pérdida anual (%)	1.77 %
Promedio del costo de reemplazo por ítem	\$ 40.000
Promedio pérdidas anual de ítems	302,5
Valor Total por pérdida anual	\$ 12.100.00

Tabla 24: Evaluación de pérdidas de la colección.
FUENTE: Elaboración Propia, 2006.

La TABLA 24, arroja resultados sobre la cantidad por pérdida anual de ítems y el valor promedio asociado a éste, en base al ingreso del porcentaje anual de pérdidas y el costo que tiene cada reemplazo por ítem.

Reducción de pérdidas garantizada 3M	80%
Tamaño de la Colección	17.066
Promedio de pérdida anual (%)	1.8 %
Promedio del costo de reemplazo por ítem	\$ 40.000
Promedio pérdidas anual de ítems	302,5
Valor por pérdida primer año sin sistema RFID	\$ 12.100.000
Valor por pérdida primer año con sistema RFID	\$ 2.420.000
Recuperación primer año	\$ 9.680.000
Valor por pérdida primer año sin sistema RFID	\$ 12.100.000 / Año

Tabla 25: Cálculos realizados en base al 80% garantizado por la compañía.
FUENTE: Elaboración Propia, 2006.

El programa on-line, una vez que ha reconocido y registrado los datos descritos en las tablas anteriores, entrega resultados correspondientes a los valores de pérdida de artículos antes y después de haber implementado el sistema RFID en la biblioteca (TABLA 25). La reducción de un 80%, en la pérdida de artículos para bibliotecas, indica que es un sistema muy conveniente, ya que provee grandes beneficios con respecto a los costos monetarios, los que actualmente, afectan en gran medida al sistema bibliotecario en la Facultad de Ingeniería.

6.5 Recuperación de la inversión

Antes de dar inicio al cálculo sobre la recuperación de la inversión, referente a la implementación de tecnología RFID a la biblioteca miraflores, se debe considerar la siguiente condicionante,

- El proyecto no generará ingresos durante su vida útil, sin embargo, se considerará como éste los costos asociados a la reducción de pérdidas de artículos una vez que se haya implementado la tecnología (TABLA 25).

Para calcular el rendimiento del proyecto, se utilizará la información acerca del monto de la inversión requerida (\$ 34.562.360, treinta y cuatro millones quinientos sesenta y dos mil trescientos sesenta pesos) y los flujos que genera el proyecto durante su vida útil (\$ 9.680.000, nueve millones seiscientos ochenta mil pesos). Se representará el proyecto utilizando un diagrama de flujos (FIGURA 88):

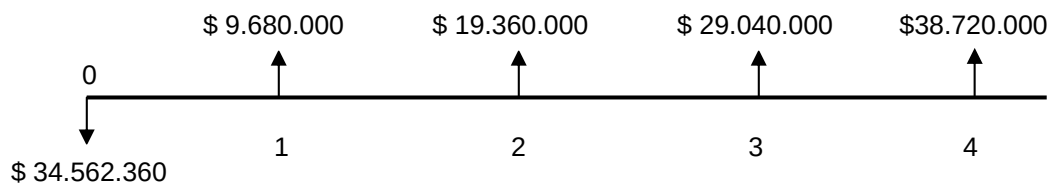


Figura 88: Diagrama de flujo para el cálculo del rendimiento.
FUENTE: Graterol, 2004.

En el diagrama de flujos, de la FIGURA 88, las flechas hacia abajo indican flujos de caja negativos o desembolsos y las flechas hacia arriba se refieren a los ingresos. Los \$ 34.562.360, que se encuentra en el momento 0, representa la inversión inicial, de ahí que la flecha se dibuje hacia abajo. Los demás valores se representan hacia arriba indicando que son entradas o flujos netos de caja positivos. Además los números 1, 2, 3 y 4, se refieren a los años correspondientes a la vida útil del proyecto.

Con base en el ejercicio de arriba, se procede a ilustrar las técnicas que se acostumbran aplicar en la práctica, para determinar la bondad económica del proyecto así lo requieran.

El periodo de recuperación de la inversión, consiste en determinar el número de periodos necesarios para la recuperación de la inversión inicial (Graterol, 2004). Considerando que cada periodo corresponde a un año, la inversión inicial se recuperará en aproximadamente 3,57 años, calculado de la siguiente manera.

AÑO	SE RECUPERA	ACUMULADO
01	\$ 9.680.000	\$ 9.680.000
02	\$ 9.680.000	\$ 19.360.000
03	\$ 9.680.000	\$ 29.040.000
04	\$ 9.680.000	\$ 38.720.000

Tabla 26: Tabla de Cálculos realizados en base al 80% garantizado por la compañía.
FUENTE: Graterol, 2004.

Al finalizar el año 3 el proyecto ha recuperado \$ 29.040.000, le bastaría, por lo tanto, recuperar \$ 5.522.360 adicionales para cubrir los \$ 34.562.360 invertidos al principio. Como en el año 4 se recupera \$ 9.680.000, la proporción del año necesaria para generar \$ 5.522.360 faltantes, sería:

$$\frac{\$ 5.522.360}{\$ 9.680.000} = 0,57 \text{ aproximado}$$

Por lo tanto, el periodo de recuperación de la inversión inicial, de \$ 34.562.360, será en aproximadamente unos 3,57 años.

Capítulo VII. Conclusiones

Se realizó una investigación detallada, de los aspectos técnicos del sistema de Identificación por Radiofrecuencia (RFID) utilizada en bibliotecas. Logrando determinar el funcionamiento de la tecnología en la frecuencia de 13.56 MHZ, su modo de acoplamiento (lector/etiqueta), codificación, modulación y principalmente los sistemas anti-colisión utilizados por estas etiquetas pasivas.

De los estándares para etiquetas de radiofrecuencia depende la capacidad de almacenamiento, la velocidad de lectura, la distancia y el costo, entre otros. En el ámbito de bibliotecas se ha masificado el uso del estándar 15693 y 18000 en sus distintas versiones.

La investigación realizada sobre que otras tecnologías son parte del sistema de identificación automática, entregó valiosa información para realizar una comparación técnica de la tecnología RFID con su antecesora, el código de barras.

Se identificaron las ventajas y desventajas del actual sistema versus el mismo sistema con incorporación de tecnología RFID y un sistema de CCTV, lo cual permitió determinar el gran factor que obliga pensar en una futura implementación de tecnología RFID, el deficiente control de artículos bibliográficos existentes en biblioteca, reflejados en una constante pérdida de libros desde estantería abierta.

Se logró identificar y definir los lugares del mundo donde se ha instalado esta tecnología, especialmente en Chile, donde se logró realizar entrevistas al personal de cada proyecto lo que permitió llevar a cabo un completo estudio de casos. De esta manera se determinaron los factores más importantes a considerar para implementar la tecnología RFID en bibliotecas.

Se realizaron los estudios necesarios para obtener la factibilidad de una futura implementación de esta tecnología en la biblioteca del Campus Miraflores, de la Universidad Austral de Chile, logrando entregar una propuesta de implementación e señalar los pasos necesarios a seguir, para una aplicación en bibliotecas.

La propuesta descrita en esta tesis, otorga una mayor frecuencia en la tarea del registro de inventario, gracias a que ésta tecnología permite una identificación automática de cada artículo que contenga adosada una etiqueta RFID. Por lo tanto, este proceso podrá entregar diariamente resultados y detectar si ha ocurrido alguna sustracción de material bibliográfico sin la autorización necesaria para ello, en un tiempo que es considerablemente menor al efectuado con el actual sistema.

Se determinó que la propuesta presentada logra una reducción de un 80% de las pérdidas de artículos bibliográficos. Por lo tanto, esto indica que es un sistema sumamente conveniente, ya que provee grandes beneficios con respecto a costos monetarios.

Si bien, la inversión inicial para la puesta en marcha de un sistema de gestión basado en tecnología RFID es muy elevada, se determinó que la recuperación de ésta se realizaría a corto plazo, en aproximadamente 4 años. Costos sumamente inferiores, al total de las pérdidas registradas desde que la biblioteca emigró a una modalidad de estantería abierta.

Según el actual proveedor del sistema de gestión de bibliotecas SIBUACH (Macrotec), el software Horizonte v.5.3 (actual) y v.7.4 (posterior a adquirir), técnicamente, son compatibles con los protocolos de comunicación SIP2 y NCIP. Siendo éste un factor fundamental a considerar, para que un proyecto de implementación de RFID tenga éxito.

El éxito de un proyecto de esta envergadura, dependerá de una comunicación consistente con los usuarios que utilizarán el sistema, los proveedores de la tecnología y los departamentos internos afectados por los cambios.

Finalmente, quisiera agregar que en lo personal este trabajo de titulación significó un gran desafío, principalmente por tener la misión de entregar una solución al problema de pérdidas de artículos bibliográficos de la biblioteca del campus Miraflores, a través de una propuesta tecnológica efectiva y moderna, que sea capaz de combatir los principales factores que llevan anualmente a tener pérdidas económicas significativas. Igualmente, este trabajo me ayudó a fortalecer mis conocimientos, no sólo sobre la tecnología RFID con aplicación en biblioteca, relativamente nueva en nuestro país, sino que también en los distintos conceptos tanto físico-matemáticos como electrónicos desarrollados en este trabajo, dándome así una visión más completa y amplia que me ayudarán a enfrentar con mayor confianza el actual mundo laboral.

Referencia Bibliográfica

- [1] 3M, 3M Quality Guaranthree, revisado el 10 de enero del 2007, disponible en www.3M.com/us/library, EEUU, 2007.
- [2] Checkpoint, The RFID-Based Intelligent Library System, revisado el 15 de febrero del 2006 disponible en www.checkpointssystem.com, EEUU, 2004.
- [3] Bowen, Lori, Wireless Privacy: RFID, Bluetooth and 802.11. Simson Garfinkel and Beth Rosenberg, USA, 2004.
- [4] Ciudad J, Samá, E., Estudio, diseño y simulación de un sistema de rfid basado en EPC, Universidad de España, España, 2005.
- [5] Finkenzeller, K. RFID Handbook: Fundamentals and applications in contactless smart cards and identification. John Wille & Sons, New York, EEUU, 2003.
- [6] Graterol, Marta, Proyecto de inversión, Instituto Universitario de Tecnología de Administración Industrial, Venezuela, 2004.
- [7] IDTrack, Código de barras vs. RFID: ventajas e inconvenientes del código de barras, revisado el 14 de julio de 2006 disponible en www.w3.org.
- [8] Jiménez, M., Las Normas que Vienen: la Integración y el Acceso a los Recursos Digitales, Salamanca, 2001.
- [9] Laran, RFID. A Basic Introduction to RFID Technology and its Use in the Supply Chain. White Paper Laran RFID, Abril 2005.
- [10] Lewis, Steve, A Basic Introduction To Rfid Technology And Its Use In The Supply Chain, revisado el 22 de junio del 2006 disponible en www.laranrfid.com, EEUU, Enero 2004.

- [11] Maturana Cristian, RFID: El código de barras inteligente para bibliotecas, Serie Bibliotecología y Gestión de Información N° 18, Santiago, Chile, Octubre 2006.
- [12] Medina Cesar, Los Sistemas Automáticos de Identificación, Universidad Autónoma Metropolitana, revisado el 22 de marzo del 2006 disponible en www.azc.uam.mx/publicaciones/enlinea2/num1/1-1.htm, México, 2005.
- [13] Molnar D., Wagner D.. Privacy and security in library RFID: Issues, Practices, and Architectures, 11th ACM Conference on Computer and Communications Security, Washington DC, USA, Octubre 2004.
- [14] Moreno Alicia, El z39.50: ABC del "Z", revisado e 15 de marzo del 2006 disponible en www.sedic.es/z3950.pdf, España, 1999.
- [15] Rafiq M., Radio Frequency Identification (RFID): Its Usage and Libraries, National Textile University, Faisalabad, Pakistan, Abril 2005.
- [16] Reynolds G., Lynch K., RFID: Un Acercamiento Práctico, RFID Tyco Fire & Security, México, Septiembre 2004.
- [17] Sanz Pedro, z39.50, revisado el 28 de junio del 2006 disponible en <http://www.absysnet.com/tema/tema1.html>, 2005
- [18] S. Sarma, S. Weis, and D. Engels. RFID Systems and Security and Privacy Implications. Ches 2002, LNCS 2523, pp. 454-469, 2003.
- [19] TAGSYS and SirsiDynix, RFID: Radio Frequency Identification, TAGSYS and SirsiDynix, 2006.
- [20] UPM Raflatac, Los tags RFID de UPM Raflatac llegan a la Biblioteca Pública de Munich, Raflatac, N°1, pp. 22-23, Finlandia, Septiembre 2006.
- [21] Vera Luis, Gestión de Información, Sibuch, Chile, 2006.
- [22] Young H., Freedmann R, Physic, Sears and Zemansky's, 10 editions, USA 2000.

Referencia Electrónica

- [23] 3M, www.3m.com/library, EEUU, 2006.
- [24] Checkpoint Systems Inc., www.checkpointsystems.com , EEUU, 2006.
- [25] FQ, Ingeniería Electrónica S.A., www.fgingenieria.es, España, 2006.
- [26] LibBest, www.rfid-library.com, Taiwán, 2006.
- [27] Libramation, www.libramation.com, EEUU, 2006.
- [28] Library Automation Technology Inc., www.latcorp.com, EEUU, 2006
- [29] Library Security, www.librarysecurity.co.uk, Gales, 2006.
- [30] NextPoints Solutions, www.nextpoints.com, España, 2006.
- [31] Sentry Technology Corp., www.sentrytechnology.com, EEUU, 2005.
- [32] Sistema de Bibliotecas de la Universidad Austral de Chile (SIBUACH), www.biblioteca.uach.cl, Chile, 2006.
- [33] Tagsys, www.tagsysrfid.com, EEUU – Francia, 2006.
- [34] Tech-Logic, www.tech-logic.com, EEUU, 2006.
- [35] VTLS, www.vtls.com, EEUU, 2006.

Anexo 1

COTIZACION REMODELACIÓN SALA PILOTO DE LA BIBLIOTECA MIRAFLORES DE LA UACH

DESCRIPCION	UNIDAD	CANT.	P.UNIT.	TOTAL
RETIRO DE ALFOMBRA.	gl	1	\$ 15.000	\$ 15.000
INSTALACIÓN DE ALFOMBRA.	m2	99	\$ 5.878	\$ 581.922
RETIRO TABIQUES ANTERIORES.	gl	1	\$ 60.000	\$ 60.000
PINTURA TABIQUES INTERIORES.	m2	40	645	\$ 25.800
MAMPARA ACCESO.	uni	2	\$ 179.000	\$ 358.000
INSTALACIÓN TUBOS FLUORESC.	uni	8	\$ 12.002	\$ 96.016
ASEO Y ENTREGA	gl	1	\$ 18.000	\$ 18.000
SUBTOTAL				\$ 1.154.738
G.GENERALES				\$ 161.895
UTILIDADES				\$ 105.081
TOTAL NETO				\$ 1.421.714
I.V.A. (19%)				\$ 333.488
TOTAL				\$ 1.755.202
US\$				3.312

**DETALLE DE COTIZACION REMODELACIÓN SALA PILOTO
DE BIBLIOTECA MIRAFLORES DE LA UACH**

DESCRIPCION	CANT.	UNIDAD	P.UNIT.	SUBTOTAL
ALFOMBRA BOUCHE 750GRS.				
BOUCLE 750GRS USA S/I	1,15	m2	\$ 4.810	\$ 5.302
INSTALACION ALFOMBRA STGO.	1,00	m2	\$ 576	\$ 576
TOTAL				\$ 5.878
PINTURA LATEX 2 MANOS				
LATEX OPALETTE (EXT.,INT.)	0,05	gal	\$ 4.500	\$ 225
BROCHA 5X5/8" DE CERDA	0,01	uni	\$ 1.200	\$ 12
LIJA KRAFT GRANATE	0,15	pli	\$ 53	\$ 8
PERDIDAS	5,00	%		\$ 11
PINTOR	0,03	dia	\$ 8.367	\$ 251
LEYES SOCIALES (O.E.)	55,00	%		\$ 138
TOTAL				\$ 645
MAMPARA ACCESO				
MAMPARA VIDRIADA	1	uni	\$ 158.000	\$ 158.000
INSTALACIÓN	1,05	gl	\$ 20.000	\$ 21.000
TOTAL				\$ 179.000
FLUORESCENTE INDUSTRIAL 2X40W				
FLUORES.INDUST 2X40W MOD.RS	1,00	uni	\$ 8.760	\$ 8.570
VARIOS	10,00	%		\$ 857
MAESTRO ELECTRICO + AYUD	0,10	dia	\$ 16.610	\$ 1.661
LEYES SOCIALES (O.E.)	55,00	%		\$ 914
TOTAL				\$ 12.002