



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN TELECOMUNICACIONES Y
REDES

**“ANÁLISIS DE LA TECNOLOGÍA RFID PARA PROPONER UN SISTEMA DE GESTIÓN E
INVENTARIO PARA LA BIBLIOTECA CENTRAL DE LA ESPOCH”**

TESIS DE GRADO

Previa la obtención del título de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA TELECOMUNICACIONES Y REDES

Presentado por

JUAN JOSÉ PAZMIÑO GORDILLO

RIOBAMBA – ECUADOR

2013

Agradezco a Dios por su amor y bondad infinita, por guiar mi camino y poner en mi vida personas tan maravillosas como son mis Padres, que hoy y siempre serán mi mayor ejemplo de superación, honestidad, respeto, pero sobre todo de amor incondicional y a los cuales estaré agradecido toda mi vida.

A mis hermanos por haberme apoyado siempre y en todo sentido, por ser mí ejemplo de buenos valores, por ser mis amigos, por ser parte de los pilares fundamentales que sostienen mi vida.

A mis sobrinos por ser una de mis principales motivaciones de superación.

A mis familiares y amigos por haber estado junto a mí en este largo camino, por su afecto sincero y apoyo, con lo cual han contribuido al desarrollo de mi vida profesional y personal.

A las personas que colaboraron en la realización de este trabajo como son los ingenieros Daniel Haro, Mónica Zabala, Paul Romero y al resto de docentes y administrativos de la FIE.

Dedico este trabajo de todo corazón a mis padres Carlos y María, a mis hermanos Lore, Caty y Carlos y a mis sobrinos Alejo y Gaby. Porque ustedes junto a Dios son mi principal motivación para salir adelante siempre.

Dedico también este trabajo a mi abuelita Pastoriza Pazmiño que desde el cielo ilumina mi camino.

FIRMAS RESPONSABLES Y NOTA

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Ing. Iván Menes DECANO DE LA FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA	_____	_____
Ing. Wilson Baldeón DIRECTOR DE ESCUELA DE ING. ELECTRÓNICA TELECOMUNICACIONES Y REDES	_____	_____
Ing. Mónica Zabala DIRECTORA DE TESIS	_____	_____
Ing. Paul Romero MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE TESIS	_____	_____
Tnlg. Carlos Rodríguez DIRECTOR CENTRO DE DOCUMENTACIÓN	_____	_____
NOTA DE LA TESIS: _____		

RESPONSABILIDAD DEL AUTOR

“Yo Juan José Pazmiño Gordillo, soy el responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis, y el patrimonio intelectual de la misma pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO”

Juan José Pazmiño Gordillo

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

RFID	Identificación por radiofrecuencia
ESPOCH	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo
LF	Baja Frecuencia
Hz	El hercio, hertzio o hertz
HF	Alta Frecuencia
UHF	Frecuencia ultra alta
ISBN	Número Internacional Normalizado del Libro
EAN	Número de Artículo Europeo
UPC	El Código Universal de Producto
ROC	Reconocimiento Óptico de Caracteres
ASCII	Norma Americana para la Codificación e Intercambio de Información
ROM	La memoria de sólo lectura
EEPROM	ROM programable y borrada eléctricamente
RAM	La memoria de acceso aleatorio
FCC	La Comisión Federal de Comunicaciones
TCP/IP	Protocolo de Control de Transmisión (TCP) y Protocolo de Internet IP
WLAN	Una red de área local inalámbrica
ISM	Industria Científica Médica
DOC	Departamento de la Comunicación
SUPERTEL	Superintendencia de Telecomunicaciones
SENATEL	Secretaría Nacional de Telecomunicaciones
MHz	Mega Alta Frecuencia
ISO	Organización Internacional de Normalización
EPC	Código Electrónico de Producto
CCTV	Circuito cerrado de televisión

ILS	Sistema Integrado de Biblioteca
ICC	Circuito de Circulación Inteligente
PPT	Terminal Portable de lector
SIP	Protocolo de Standard Intercambiable
USB	Bus Universal en Serie
PHP	Lenguaje de Programación
MVC	Modelo Vista Controlador

ÍNDICE GENERAL

PORTADA

AGRADECIMIENTO

DEDICATORIA

ÍNDICES

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I

MARCO REFERENCIAL

1.1.	ANTECEDENTES.....	16
1.2.	JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO DE TESIS.....	19
1.3.	OBJETIVOS.....	21
1.3.1.	Objetivo General.....	21
1.3.2.	Objetivos Específicos.....	22
1.4.	HIPÓTESIS.....	22

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.	SISTEMAS DE IDENTIFICACIÓN AUTOMÁTICA.....	23
2.1.1.	Introducción.....	23
2.1.2.	Sistema de códigos de barras.....	25
2.1.3.	Reconocimiento óptico de caracteres.....	26
2.1.4.	Procedimientos biométricos.....	27
2.1.5.	Tarjetas inteligentes (Smart Cards).....	27
2.1.6.	Sistemas RFID.....	28
2.2.	IDENTIFICACIÓN POR RADIOFRECUENCIA (RFID).....	30
2.2.1.	¿Qué es un sistema RFID?.....	30

2.2.2. Evolución de los sistemas RFID.....	32
2.2.3. Arquitectura.....	36
2.2.3.1. Etiqueta RFID.....	36
2.2.3.1.1. Partes de la etiqueta.....	38
2.2.3.1.2. Características.....	39
2.2.3.1.3. Tipos de Etiquetas.....	42
2.2.3.2. Lector RFID.....	44
2.2.3.2.1. Partes del lector.....	45
2.2.3.2.2. Características.....	50
2.2.3.2.3. Tipos de Lectores.....	51
2.2.4. Rango de Frecuencias.....	53
2.2.5. Regulación y Estandarización.....	55
2.2.5.1 Regulación.....	55
2.2.5.2. EPC.....	58
2.2.6. Usos y Aplicaciones.....	58
2.3. SISTEMA RFID PARA BIBLIOTECAS.....	61
2.3.1. Descripción del Sistema.....	61
2.3.1.1. Estación de Auto-Préstamo (Patron Self-Checkout Station).....	63
2.3.1.2. Estación de Trabajo o de Lectura del personal.....	64
2.3.1.3. Sensores Inteligentes.....	66
2.3.1.4. Circuito de Circulación Inteligente (ICC) o Etiquetas de RFID.....	68
2.3.1.5. Lector de inventario portátil.....	69
2.3.1.6. Servidor de aplicación.....	71
2.3.1.7. Estación de programación de etiquetas RFID.....	72
2.3.1.8. Como Trabaja el Sistema	73
2.3.2. ESTÁNDAR Y PROTOCOLOS.....	75
2.3.2.1. Standard RFID en bibliotecas.....	75
2.3.2.2. NCIP & SIP.....	76

2.3.3. PROVEEDORES DE TECNOLOGÍA RFID PARA BIBLIOTECAS.....	78
2.4. Especificaciones técnicas del hardware utilizado en el prototipo.....	80
2.4.1. Lector RFID de mesa USB para microchips de 125 KHz.....	80
2.4.2. Etiqueta RFID Laminada.....	81

CAPÍTULO III

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO

3.1. SITUACIÓN ACTUAL DE LA BIBLIOTECA CENTRAL DE LA ESPOCH.....	82
3.1.1. Descripción General.....	82
3.1.2. Estructura Organizacional.....	84
3.1.3. Sistema de Gestión.....	84
3.1.4. Sistema de Inventario.....	89
3.2. REQUERIMIENTOS DEL PROTOTIPO DEL SISTEMA.....	89
3.3. HARDWARE DEL PROTOTIPO.....	90
4.3.1. Lector.....	90
3.3.2. Etiquetas.....	91
3.4. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO.....	91
3.4.1. Diseño y Estructura General del Prototipo.....	93
3.4.1.1. APP.....	94
3.4.1.2. SRC.....	94
3.4.1.3. WEB.....	94
3.4.1.4. VENDOR.....	95
3.4.2. Módulos del Prototipo.....	96
3.4.2.1. UserBundle.....	96
3.4.2.2. BackEndBundle.....	97
3.4.2.3. FrontEndBundle.....	97
3.4.3. Estructura de los módulos.....	97
3.4.3.1. Controller.....	98
3.4.3.2. Entity.....	99

3.4.3.3. Form.....	100
3.4.3.4. Resources.....	100
3.4.4. Parametrización.....	100
3.4.5. Comandos más utilizados.....	102
3.4.5.1. generate:bundle.....	102
3.4.5.2. doctrine:generate:entity.....	102
3.4.5.3. doctrine:schema:update –forcé.....	102
3.4.5.4. cache:clear.....	103
3.4.6. Implementación del prototipo.....	103

CAPITULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. EJECUCIÓN DE PRUEBAS.....	108
4.2. PARÁMETROS DE EVALUACIÓN.....	108
4.3. OBTENCIÓN DE VALORES DE LOS PARÁMETROS.....	109
4.4. COMPARACIÓN DE RESULTADOS.....	111
4.5. EVALUACIÓN DEL PROTOTIPO MEDIANTE LA TÉCNICA DE PONDERACIÓN.....	114

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

RESUMEN

SUMARY

GLOSARIO

ANEXOS

BIBLIOGRAFÍA

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura I.1. Sistema RFID.....	20
Figura II.1. Código de barras con el ISBN de un producto.....	25
Figura II.2. Diagrama de un sistema RFID.....	29
Figura II.3. Esquema de un sistema RFID.....	30
Figura II.4. Etiqueta RFID.....	36
Figura II.5. Partes de una etiqueta RFID.....	37
Figura II.6. Lector RFID.....	44
Figura II.7. Lector RFID fijo.....	52
Figura II.8. Lectores RFID de mano.....	53
Figura II.9. Diagrama de un Sistema Integrado de Biblioteca.....	63
Figura II.10. Diseños de estaciones de autopréstamo o Selfcheck.....	64
Figura II.11. Estaciones de trabajo del personal.....	65
Figura II.12. Pórtico RFID de seguridad.....	67
Figura II.13. Medidas de los sensores inteligentes.....	68
Figura II.14. Tipos de TAG o Etiquetas RFID.....	68
Figura II.15. Productos Hand Held o lectores para la realización de inventario.....	70
Figura II.16. Ingreso de datos del Lector a la PC.....	80
Figura III.1. Edificio de Documentación.....	84
Figura III.2. Ventana de Autenticación de Usuario.....	86
Figura III.3. Ventana de Préstamo y Devolución.....	86
Figura III.4. Ventana de Prestamos por Usuario.....	87
Figura III.5. Ventana de Prestamos por Libro.....	87
Figura III.6. Ventana de Devoluciones con Sanción.....	88
Figura III.7. Ventana de Reportes de Deudores.....	88
Figura III.8. Lector de mesa USB para microchips de 125 KHz.....	90

Figura III.9. Etiqueta Laminada.....	91
Figura III.10. Jerarquía de carpetas definidas por Symfony2.....	93
Figura III. 11. Carpetas que contienen la estructura del programa.....	93
Figura III.12. Contenido de la carpeta VENDOR.....	95
Figura III.13. Módulos del prototipo.....	96
Figura III.14. Carpetas internas de cada módulo.....	98
Figura III.15. Parámetros Principales.....	101
Figura III.16. Ventana de Login.....	104
Figura III.17. Pantalla de préstamo de libros.....	105
Figura III.18. Pantalla de préstamos efectuados.....	105
Figura III.19. Pantalla de inventario de libros.....	106
Figura IV.1. Gráfica del Tiempo de préstamo del Sistema actual vs. Prototipo.....	112
Figura IV.2. Gráfica del Tiempo de devolución del Sistema actual vs. Prototipo.....	112
Figura IV.3. Gráfica del tiempo de inventario del Sistema actual vs. Prototipo.....	113

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla II.I. Evolución de la Tecnología RFID.....	35
Tabla II.II. Diferencia entre etiquetas activas y etiquetas pasivas.....	41
Tabla II.III. Consumo de potencia de varios sistemas.....	43
Tabla II.IV. Rangos de frecuencia para RFID.....	54
Tabla II.V. Fabricantes de tecnología RFID para bibliotecas.....	79
Tabla II.VI. Resumen de los tipos más comunes de etiquetas RFID.....	79
Tabla II.VII. Características técnicas del lector.....	81
Tabla II.VIII. Características de la etiqueta laminada.....	81
Tabla IV.I. Resultados finales de los parámetros de evaluación.....	111
Tabla IV.II. Ponderación de los parámetros.....	114
Tabla IV.III. Calificación de Tiempo de préstamo.....	114
Tabla IV.IV. Calificación de Tiempo de devolución.....	115
Tabla IV.V. Calificación del Tiempo inventario.....	116
Tabla IV.VI. Ponderación de los resultados.....	116

INTRODUCCIÓN

El proceso de identificar cualquier tipo de bienes o materiales apoyados en la tecnología se conoce como identificación automática, podemos presenciar varios ejemplos de esto en la vida cotidiana, por ejemplo, la identificación de productos en un supermercado realizada por medio de códigos de barra, cintas magnéticas en tarjetas bancarias, o sistemas biométricos para identificación de personal.

La tecnología RFID forma parte de estos sistemas de identificación automática, y posee sus propias características de operación, mismas que sirvieron para tomar en cuenta esta tecnología como una posible alternativa al sistema de identificación que posee actualmente la Biblioteca Central de la ESPOCH.

Se realiza un estudio minucioso de esta, así como la implementación de un prototipo que simule el ambiente de trabajo del sistema actual, pero operando con la tecnología RFID, poniendo énfasis en el tiempo que tarda en realizar sus procesos.

Mediante los resultados obtenidos del análisis y la implementación del prototipo basado en tecnología RFID se podrá tener una idea más clara de esta tecnología así como su posible implementación en la Biblioteca.

CAPÍTULO I

MARCO REFERENCIAL

1.1. ANTECEDENTES

Actualmente, la Biblioteca Central de la ESPOCH, trabaja bajo un sistema de estantería cerrada, las gestiones se realizan por medio del personal encargado, el cual tiene que identificar los libros manualmente y luego verificar estos datos mediante un sistema de identificación basado en la tecnología de Código de Barras, este proceso requiere mucho tiempo, y su buen funcionamiento depende, en gran medida, de que la persona que está a cargo haga su trabajo correctamente.

Con el sistema actual no se tiene suficiente confianza que el número de libros este completo, puesto que al poseer un inmenso volumen de materiales, contabilizar todos los libros de una biblioteca, es una tarea que no se logra sino en varios días de revisión. Así,

un modelo tradicional de control de inventarios depende, del ingreso y control de los materiales mediante lectura de códigos de barras con personal especializado.

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. Las etiquetas RFID son dispositivos pequeños que pueden ser adheridas a un producto. Por medio de antenas pueden recibir y responder a peticiones por radiofrecuencia enviadas desde un emisor-receptor RFID. Una de las características particulares de esta tecnología es que no requiere que la etiqueta sea vista para leer la información contenida en ella.

La comunicación entre lector y etiqueta tiene unas determinadas características de alcance, velocidad y seguridad según el rango de frecuencia, el tipo de antenas utilizadas, el tipo de etiquetas y otros parámetros que se pueden configurar para una aplicación u otra. Actualmente, se ha desarrollado RFID para que puede operar en tres rangos de frecuencias: baja frecuencia (LF: 125 - 134 KHz y 140 - 148.5 KHz), alta frecuencia (HF: 13.56 MHz) y a frecuencia ultra alta (UHF: 868 - 928 MHz). En las aplicaciones para bibliotecas generalmente se usan etiquetas de RFID a 13.56MHz.

Los sistemas que emplean frecuencias bajas tienen similarmente costes bajos, pero también baja distancia de uso. Los que emplean frecuencias más altas proporcionan distancias mayores de lectura y velocidades de lectura más rápidas. Así, las etiquetas RFID de baja frecuencia se utilizan comúnmente para la identificación de animales, como llave de automóviles con sistema antirrobo, identificación de mascotas, etc. Las de alta frecuencia se utilizan en bibliotecas y seguimiento de libros, seguimiento de palés, control de acceso en edificios, seguimiento de equipaje en aerolíneas, seguimiento de artículos de ropa, etc.

En las bibliotecas, 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 son usadas para detectar hurtos, de manera similar a la tecnología contra robos que utilizan actualmente las bibliotecas.

Con todos estos antecedentes, el presente proyecto consiste en analizar la Tecnología RFID para proponer un sistema de gestión e inventario de libros en la biblioteca central de la ESPOCH y así evaluar una posible implementación en el futuro.

1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO DE TESIS

Varias instituciones y empresas requieren almacenar y gestionar grandes cantidades de materiales o bienes, los cuales necesitan estar registrados o contabilizados, al igual el tipo de actividad que se realiza con dichos bienes.

Esto es de gran importancia, dependiendo del tipo de empresa al momento de:

- Conocer si existe pérdida o deterioro de los bienes
- Controlar el uso correcto de los materiales
- Controlar inventarios o stock de productos

Las bibliotecas forman parte de este grupo, y muchas alrededor del mundo han implementado diversos métodos de identificación de productos, apoyados en la tecnología actual, para: acelerar el préstamo y la devolución de material bibliográfico, mejorar la seguridad y optimizar el control de inventarios.

Un sistema RFID tiene un grado de confiabilidad muy alto con respecto a otros sistemas de identificación automática como Código de Barras o sistemas biométricos, teniendo una tasa de error menor, además de la capacidad de poder contener mayor información en cada etiqueta.

La tecnología RFID es capaz de reducir en gran parte la intervención humana, ya que no es necesario el contacto visual con las etiquetas para su identificación, esto disminuye los posibles errores por parte del personal encargado. También nos permite realizar una auditoría rápida de los bienes y así llevar un control de estos, pudiendo identificar rápidamente si existe alguna pérdida de bienes y saber cuál fue la causa que originó dicha pérdida.

El esquema general del sistema RFID que se analizará consta de un lector, el cual, por medio de radiofrecuencia, envía y recibe información de cada etiqueta, la cual es colocada en su correspondiente libro. El lector transfiere esta información a una aplicación la cual identifica al objeto según una base de datos. Dicha aplicación es la encargada de realizar las acciones pertinentes según los requerimientos. Tal como se muestra en la Figura I.1.

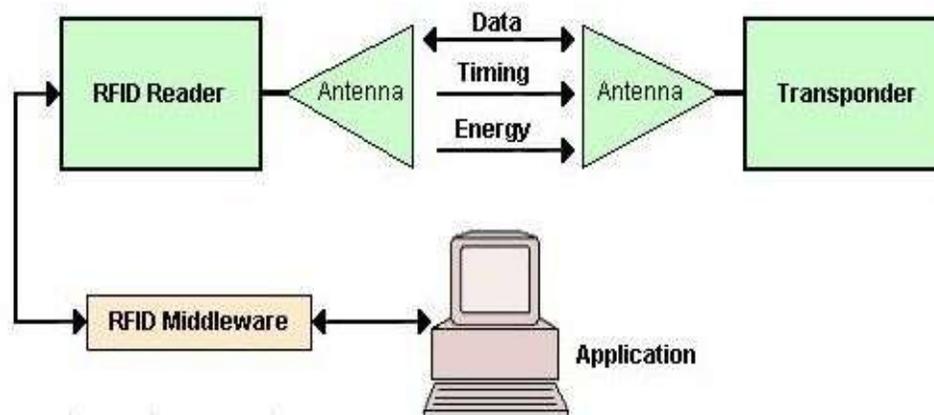


Figura I.1. Sistema RFID

Con una implementación de este sistema se pretende mejorar los procesos de gestión e inventario en la Bibliotecas Central de la ESPOCH, ya que reduce el tiempo requerido para la identificación de cada libro, evitando las grandes filas al momento de gestionar un libro, mejorando así la calidad de la atención y dando mayor satisfacción a los usuarios, y ya que esta tecnología puede identificar más de una etiqueta a la vez, se puede realizar un inventario general de la biblioteca en tiempo real, ganando con todo esto eficiencia y rendimiento.

Conjuntamente se generará el material de estudio necesario para la Escuela de Ingeniería Electrónica Telecomunicaciones y Redes, en lo que respecta a la Tecnología RFID y sus aplicaciones más importantes.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General

Evaluar la tecnología RFID para proponer un sistema de gestión e inventario para la biblioteca central de la ESPOCH.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Analizar el funcionamiento y requerimientos del sistema actual de la biblioteca central de la ESPOCH
- Analizar la arquitectura y los componentes de la tecnología RFID e implementación en bibliotecas.
- Diseñar e implementar un prototipo del sistema de gestión e inventario para la biblioteca central de la ESPOCH basado en tecnología RFID.

1.4. HIPÓTESIS

Con el análisis de la tecnología RFID se propondrá un prototipo de un sistema de gestión e inventario de libros que mejore el tiempo empleado en estos procesos manejados por la biblioteca central de la ESPOCH.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. SISTEMAS DE IDENTIFICACIÓN AUTOMÁTICA

2.1.1. Introducción.

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.

2.1.2. 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 II.1 podemos ver un clásico código de barras que se le incorpora el número ISBN (International Standard Book Number).



Figura II.1. Código de barras con el ISBN de un producto

El más popular de todos estos sistemas de código de barras es el código llamado 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 “checkdigit”. 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.

2.1.3. Reconocimiento óptico de caracteres

El sistema óptico 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 a través de procedimientos matemáticos en información digital (señal discreta), analógica (señal continua) o ASCII (American Standard Code for Information Interchange o 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)

2.1.4. 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.

2.1.5. 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 cards 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.

2.1.6. 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.

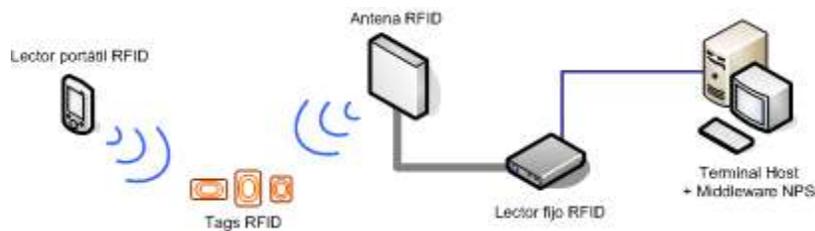


Figura II.2. Diagrama de un sistema RFID

La tecnología RFID usa señales de radio de baja potencia para intercambiar datos de manera inalámbrica entre chips y lectores/codificadores (Figura II.2). No se requiere ninguna línea de visión entre la etiqueta 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 etiquetas dentro de sus campos de lectura.

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

2.2. Identificación por radiofrecuencia (RFID)

2.2.1. ¿Qué es un sistema RFID?

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

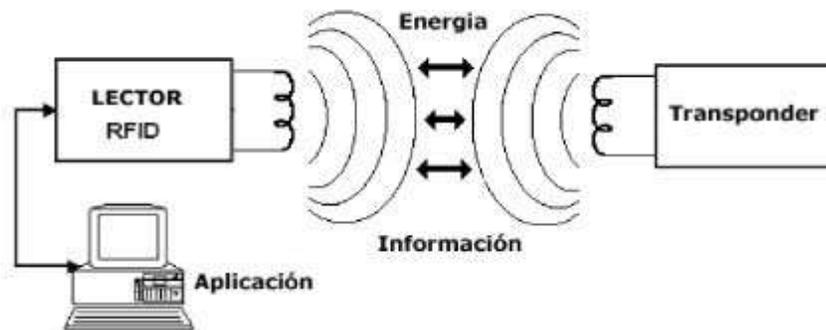


Figura II.3. Esquema de un sistema RFID.

Una etiqueta electrónica contiene un microchip y una antena, que puede adherirse a cualquier producto. Incluso se están desarrollando etiquetas 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).

La comunicación entre lector y etiqueta 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 dispositivos RFID se puede 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.

2.2.2. Evolución de los sistemas RFID

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

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 o 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. La década de los 60 se pueden considerar como el prelude 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.

En los 70 se produjeron notables avances como los aportados por instituciones como Los Alamos Scientific Laboratory, North western 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.

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.

Fue en Dallas por primera vez cuando con una sola etiqueta 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.

Se puede describir la evolución de la tecnología RFID mediante la Tabla II.I.

Década	Avances Tecnológicos
1940-1950	Se rediseña el radar para uso militar tomando gran relevancia en la Segunda 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 II.I. Evolución de la Tecnología RFID

2.2.3. Arquitectura

La tecnología RFID consta de un lector y de etiquetas, donde el lector envía ondas de radiofrecuencia hacia la etiqueta que lleva asociado unos datos identificativos que hacen único al objeto, estas ondas serán detectadas por la antena que poseen las etiquetas. Dichas etiquetas enviarán la información hacia el lector, el cual a su vez adquiere y transfiere a través de un medio de conexión a una aplicación software, que utiliza los datos para identificar el objeto y realizar las acciones pertinentes según sean los requerimientos. El ejemplo más común es la localización de un objeto en una base de datos.

Las señales de radiofrecuencia del lector y de las etiquetas deben trabajar en el mismo rango de frecuencia, para que se produzca la comunicación entre éstos.

2.2.3.1. Etiqueta RFID

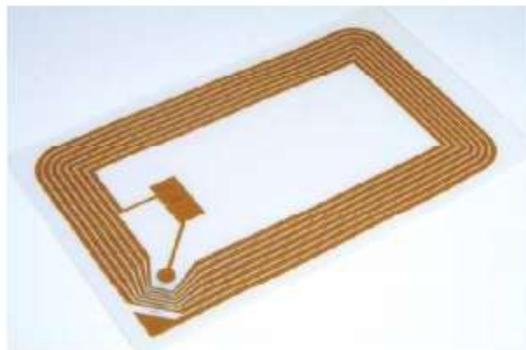


Figura II.4. Etiqueta RFID

La etiqueta denominada también como etiqueta electrónica, es un elemento de silicio formado por un microchip incorporado o circuito integrado; en éste se almacena un código único (CU), una antena de hilo de cobre y componentes electrónicos como buffer, etc. que procesarán la señal de la antena y los datos. En la figura II.5 se muestra la etiqueta RFID señalando las partes de la que está compuesta.

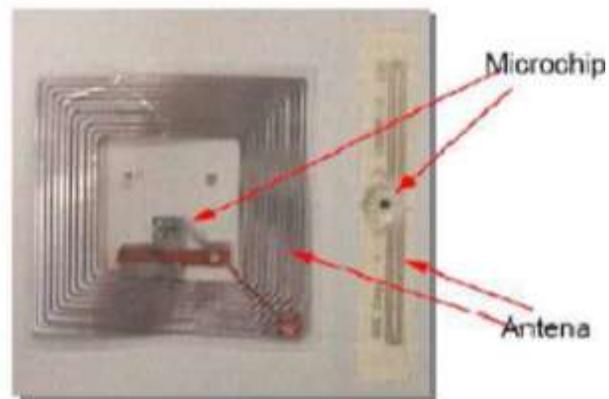


Figura II.5. Partes de una etiqueta RFID

Cada una de las etiquetas poseerá un número único que lo diferenciará de las demás etiquetas; existen varios tipos de esquemas para asignar los números y uno de ellos es el EPC2 que es diseñado por Auto-ID Center.

La dimensión de la etiqueta depende del tamaño de la antena que esté integrada en ésta y además de parámetros como la sustancia que sea utilizada para la elaboración, la frecuencia y el rango de lectura que se desea para la aplicación.

2.2.3.1.1. Partes de la etiqueta

La etiqueta pasiva está compuesta por una antena y un microchip, y la etiqueta activa está compuesta por una antena, un microchip y una fuente de alimentación.

Antena

Como en todos los dispositivos de telecomunicaciones, la distancia de la antena dependerá de la frecuencia a la que se trabajará. Esta permite recoger la energía procedente del lector y utilizarla para transmitir los datos almacenados en el microchip. Puede tratarse de un elemento inductivo (por ejemplo, una bobina) o bien un dipolo. Según como esté formada la antena habrá diferentes diagramas de radiación, presentando una mayor potencia de lectura dependiendo cómo se encuentren combinados con la antena del lector.

Microchip

El chip o circuito integrado tiene un elevado impacto en el comportamiento de la etiqueta. El chip o circuito integrado es el responsable de transformar la energía RF en alimentación eléctrica, de almacenar y recuperar la información, y de modular la señal “de vuelta”.

Fuente de alimentación

Sirve para proveer de energía a sus sistemas eléctricos de las etiquetas activas, la fuente de alimentación puede ser una batería.

2.2.3.1.2. Características

El comportamiento de la etiqueta dependerá de varias características, como por ejemplo los requerimientos mínimos que necesita y otros que sólo se encuentran según el modelo o la etiqueta.

Lectura de la etiqueta

Toda etiqueta debe poder comunicar la información al lector, mediante radiofrecuencia. Y algunas tienen sus propios datos o métodos de configuración y funcionamiento como los siguientes:

Kill /Disable

Algunas etiquetas permiten al lector enviar un comando (orden) para que deje de funcionar permanentemente. Esto provoca que no responda nunca más.

Write Once

A muchas etiquetas se les introducen el código de identificación en la propia fabricación. Pero los que contienen la característica write-once (una sola escritura) permiten al usuario configurar o escribir su valor una sola vez; después de escribirlo, es imposible cambiarlo.

Writemany

Algunas etiquetas tienen la capacidad de ser escritas y reescritas por el lector tantas veces como se desee (hay un límite de ciclos muy elevado, como por ejemplo 100.000 escrituras) el campo de datos del identificador.

Anticolisión

Cuando hay muchas etiquetas próximas a un lector, éste puede tener la dificultad de comunicarse con ellos a la vez. Esta característica se realiza mediante protocolos que permiten controlar las comunicaciones entre etiqueta y lector.

Seguridad y encriptación

Algunas etiquetas permiten encriptar la información en la comunicación; además hay la posibilidad, en varios tipos de estas etiquetas, de responder solo a lectores que les proporcionan un password secreto.

Alimentación

Se la clasifica dependiendo de la energía que utilizan para la comunicación (etiqueta pasiva y activa). La alimentación está en el orden de los mW. En la tabla II.II se observan diferencias entre etiquetas pasivas y etiquetas activas.

CARACTERISTICA	ETIQUETA PASIVA	ETIQUETA ACTIVA
Alcance	0.1 – 10 m	10 – 100 m
Alimentación	Campo RF	Batería o mixta
Sensores	Típicamente no	Típicamente si
Tiempo de vida	Limitado	Limitado por la batería
Coste	0.04€ ~ 0.8€	0.8€ ~ 17€
Dimensiones	Pequeño	Grande
Tipo de comunicación	Señalización pasiva	Señalización activa o pasiva
Ejemplos típicos	Etiqueta EPC, rastreo de animales, tarjetas inteligentes.	Etiquetas para contenedores de transportes.

Tabla II.II. Diferencia entre etiquetas activas y etiquetas pasivas

Estándares soportados

Las etiquetas pueden cumplir con uno o más estándares, permitiendo comunicarse con los lectores que los cumplen.

2.2.3.1.3. Tipos de Etiquetas

Las etiquetas 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 etiquetas 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 etiquetas 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 II.III. Consumo de potencia de varios sistemas RFID.

2.2.3.2. Lector RFID



Figura II.6. Lector RFID

Un lector es el dispositivo que proporciona energía a las etiquetas, lee los datos que le llegan de vuelta y los envía al sistema de información. También se encarga de gestionar la secuencia de comunicaciones con el lector. A continuación se listan las funciones específicas que tiene el lector RFID:

- Suministra energía a las etiquetas pasivas, para comunicarse con ellas.
- Realiza anticolisión, filtrado y funciones de manejo del lector.
- Sirve de interfaz entre la etiqueta, el sistema de almacenamiento y el procesamiento de la información.
- Actúa con comandos del software de aplicación.
- Interroga a las etiquetas y colecta información de las memorias de las mismas.
- Convierten las ondas analógicas de radio en datos digitales.

- Almacenan y/o transmiten datos a otros dispositivos con conexiones alámbricas o inalámbricas.
- Usualmente soportan múltiples protocolos (EPC, ISO).

Con el fin de cumplir tales funciones, está equipado con un módulo de radiofrecuencia (transmisor y receptor), una unidad de control y una antena. Además, el lector incorpora un interfaz a un PC, host o controlador, a través de un enlace local o remoto: RS232, RS485, Ethernet, WLAN (RF, WiFi, Bluetooth, etc.), que permite enviar los datos del lector al sistema de información. El lector puede actuar de tres modos:

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

2.2.3.2.1. Partes del lector

El lector está compuesto por:

- Módulo de radiofrecuencia (transmisor y receptor).
- Unidad de control.
- Antena.

El módulo de radiofrecuencia

Consta básicamente de un transmisor que genera la señal de radiofrecuencia y un receptor que recibe, también vía radiofrecuencia, los datos enviados por las etiquetas.

Sus funciones por tanto son:

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

Unidad de control

La unidad de control, constituida básicamente por un microprocesador. En ocasiones, para aliviar al microprocesador de determinados cálculos, la unidad de control incorpora un circuito integrado ASIC (Application Specific Integrated Circuit), adaptado a los requerimientos deseados para la aplicación.

La unidad de control se encarga de realizar las siguientes funciones:

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

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

Antenas

La antena del lector es el elemento que habilita la comunicación entre el lector y el transpondedor. Las antenas están disponibles en una gran variedad de formas y tamaños. Su diseño puede llegar a ser crítico, dependiendo del tipo de aplicación para la que se

desarrolle. Este diseño puede variar desde pequeños dispositivos de mano hasta grandes antenas independientes. Por ejemplo, las antenas pueden montarse en el marco de puertas de acceso para controlar el personal que pasa, o sobre una cabina de peaje para monitorizar el tráfico que circula.

La mayor parte de las antenas se engloban en alguna de las siguientes categorías:

- Antenas de puerta (uso ortogonal).
- Antenas polarizadas circularmente.
- Antenas polarizadas linealmente.
- Antenas omnidireccionales.
- Antenas de varilla.
- Dipolos o multipolos.
- Antenas adaptativas o de arrays.

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

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

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

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

- Variaciones RF
- Pérdidas por proximidad de metales.
- Variaciones del entorno.

- Efectos armónicos.
- Interferencias con otras fuentes de RF.
- Reflexiones de la señal.

2.2.3.2.2. Características

Los principales parámetros que caracterizan un lector RFID son:

- Frecuencia de operación. El lector puede funcionar a baja frecuencia, alta frecuencia, ultra alta frecuencia y frecuencia de microondas. Ya existen en el mercado lectores multifrecuencia.
- Protocolo de funcionamiento. Muchas compañías ofrecen soporte multiprotocolo (ISO, propietarios, etc.), pero no admiten todos los protocolos existentes.
- Tipo de regulación que siguen. Por ejemplo, existen distintas regulaciones de frecuencia y de potencia en Estados Unidos y en Europa.
- Interfaz con el sistema host:
 - TCP/IP.
 - WLAN.
 - Ethernet (10BaseT).
 - Serie: RS 232, RS 485.
- Capacidad para multiplexar muchos lectores:
 - A través de concentradores.

A través de middleware.

- Capacidad para actualizar el software del lector on-line:

Vía Internet.

Vía interfaz con el host.

- Capacidad para gestionar múltiples antenas, típicamente 4 antenas/lector.
- Capacidad para interactuar con otros productos de middleware.
- Entrada/salida digital para conectar otros dispositivos tales como sensores externos.
- Circuitos de control adicionales.
- Modo de operación: Un lector RFID utiliza ondas de radio para leer la información almacenada en la etiqueta. Existen dos modos de interacción entre el lector y la etiqueta: En el primer modo el lector envía a la etiqueta la orden de transmitir la información que tiene almacenada, en el segundo modo la etiqueta transmite la información que contiene periódicamente, en espera de que algún lector la detecte. Un lector puede utilizarse también para reescribir sobre una etiqueta, siempre y cuando el lector esté habilitado para ello y la etiqueta tenga esa capacidad.

2.2.3.2.3. Tipos de Lectores

Una posible clasificación los divide en fijos o móviles dependiendo de la aplicación que se considere.

- Los dispositivos fijos se posicionan en lugares estratégicos como puertas de acceso, lugares de paso o puntos críticos dentro de una cadena de ensamblaje, de modo que puedan monitorizar las etiquetas de la aplicación en cuestión.



Figura II.7. Lector RFID fijo.

- Los lectores móviles suelen ser dispositivos de mano. Incorporan una pantalla LCD, un teclado para introducir datos y una antena integrada dentro de una unidad portátil. Por esta razón, su radio de cobertura suele ser menor.



Figura II.8. Lectores RFID de mano

2.2.4. Rango de Frecuencias

Principalmente se puede decir que 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 de suma importancia 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.

Estas son las frecuencias clasificadas mundialmente como rangos ISM "Industrial-Scientific-Medical"(Industria Científica Médica) y pueden también ser usadas para aplicaciones de identificación por radiofrecuencia.

En la Tabla II.IV se ve algunos rangos de frecuencia usados en sistemas de RFID y sus principales características.

RANGO DE FRECUENCIA	OBSERVACIONES	INTENSIDAD DE CAMPO/POTENCIA TX
135	Baja potencia. Acoplamiento inductivo	72 dB μ A/m
6.765 – 6.795 MHz	Media frecuencia(ISM). Acoplamiento inductivo	42 dB μ A/m
7.400 – 8.800 MHz	Media frecuencia, usado solo para EAS (Electronic Article Surveillance)	9 dB μ A/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 dB μ A/m
26.975 – 27.283 MHz	Media frecuencia(ISM), Acoplamiento inductivo, sólo aplicaciones especiales.	42 dB μ A/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, solo Europa
902 – 928 MHz	UHF(SRD), acoplamiento por backscatter, varios sistemas.	4 W – espectro ensanchado, solo 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, solo USA/Canadá
5.725 – 5.879 GHz	SHF(ISM), acoplamiento por backscatter, raramente usado para RFID	4 W USA/Canadá, 500 mW Europa.

Tabla II.IV. Rangos de frecuencia para RFID

2.2.5. Regulación y Estandarización

2.2.5.1 Regulación

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

- EE.UU.: FCC (Federal Communications Commission)
- Canadá: DOC (Departamento de la Comunicación)
- Europa: CEPT (siglas de su nombre en francés Conférence européenne des administrations des postes et des télécommunications), ETSI (European Telecommunications Standards Institute, creado por el CEPT) y administraciones nacionales. Obsérvese que las administraciones nacionales tienen que ratificar el uso de una frecuencia específica antes de que pueda ser utilizada en ese país.
- Japón: MPHPT (Ministry of Public Management, Home Affairs, Post and Telecommunication)
- China: Ministerio de la Industria de Información.

- Australia: Autoridad Australiana de la Comunicación (Australian Communication Authority)
- Nueva Zelanda: Ministerio de desarrollo económico de Nueva Zelanda (New Zealand Ministry of Economic Development).

En el Ecuador, la SUPERTEL Superintendencia de Telecomunicaciones, que es un organismo técnico de las Telecomunicaciones y del espectro radioeléctrico indica que no existen estándares ni regulaciones frente a la Tecnología RFID, y su operación estaría permitida siempre y cuando esté dentro de lo que permite el Art. 23 que dice:

"Art. 23.- Sistemas que no Requieren Autorización.- Los usuarios del espectro radioeléctrico que operen equipos de radiocomunicaciones con potencias menores a 100 mW sin antenas directivas y que no correspondan a sistemas de última milla y los que operen al interior de locales, edificios y en general áreas privadas con potencias menores a 300 mW sin antenas exteriores, en cualquier tecnología, no requieren autorización del CONATEL".

Respecto de normas y regulaciones, es la SENATEL Secretaría Nacional de Telecomunicaciones la responsable de normar y otorgar los permisos de operación en el sector.

En lo que al uso de frecuencias respecta, dependiendo de la banda en la que se quiera trabajar, se debe tener en cuenta que según donde se encuentre se tiene que guiar por las recomendaciones que se tienen a continuación.

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

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

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

2.2.5.2. EPC

El EPC, siglas de Código Electrónico de Producto (Electronic Product Code), nace de las manos de EPCglobal, un consorcio formado por EAN Internacional (European Article Numbering) el cual tiene 101 organizaciones miembro, representadas en 103 países y UCC (Uniform Code Council) propietario del UPC (Universal Product Code), presente en 140 países y ahora llamado GS1US. La intención de EPCglobal al crear el EPC no fue otra que la de promover la EPCglobal Network, un concepto de tecnología que pretende cambiar la actual cadena de suministro por otra con un estándar abierto y global, que permita la identificación en tiempo real de cualquier producto, en cualquier empresa de cualquier parte del mundo.

2.2.6. Usos y Aplicaciones

La tecnología RFID tiene una extensa área de aplicaciones y ámbitos de uso, entre los principales están las siguientes:

- Control de calidad, producción y distribución.
- Localización y seguimiento de objetos.
- Control de accesos.
- Identificación de materiales.

- Control de fechas de caducidad.
- Detección de falsificaciones.
- Almacenaje de datos.
- Control de stocks.
- Automatización de los procesos de fabricación.
- Información al consumidor.
- Reducción de tiempo y costo de fabricación.
- Identificación y localización de animales perdidos.
- Identificación y control de equipajes en aeropuertos.
- Inventario automático.

Entre las principales ventajas económicas que ofrece la tecnología RFID se pueden anotar:

- Mayores Ingresos.
- Reducción de costos operacionales.
- Mejora de controles de calidad y seguridad.
- Optimización en la administración de activos.
- El uso de esta tecnología incrementa sin lugar a duda tanto la eficiencia como efectividad a lo largo de toda la cadena de producción de una empresa.

Otros ejemplos de aplicaciones de esta tecnología son:

- RFID es utilizada por gobiernos en aplicaciones civiles y militares, identificación militar, pasaportes, licencias de manejo, brazaletes médicos y dispositivos implantables.
- En otros países, en el ámbito empresarial se utiliza para el control y seguimiento de productos en grandes cadenas comerciales, control de acceso a dependencias específicas dentro de un edificio, control de entrada y salida, ubicación de una persona al interior de un edificio, etc.
- La comunidad europea piensa introducir esta técnica en la próxima generación de billetes, para facilitar el recuento de billetes y evitar falsificaciones.
- En el mercado agropecuario está entrando con bastante fuerza para el control, monitoreo y trazabilidad de sus productos. La identificación de animales para su traslado es uno de sus grandes ámbitos de utilización.
- En la automatización industrial es otro de los campos en que el RFID ha entrado con mucha fuerza, ya que permite una supervisión directa sobre todas las etapas del proceso productivo.
- Los casos de aplicación más conocidos son las autopistas concesionadas en la 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.

- En la medicina, los implantes de etiquetas RFID en seres humanos son usados para alertar a los doctores de las condiciones médicas de los pacientes y su información médica personal, como por ejemplo diabetes, si la persona es ingresada en un hospital en estado inconsciente y situaciones de emergencia.

2.3. SISTEMA RFID PARA BIBLIOTECAS

Existe un sistema utilizado en la mayoría de bibliotecas inteligentes, las cuales utilizan tecnología RFID, el cual se conoce como: "Sistema Integrado de biblioteca ILS". Este es un sistema de biblioteca inteligente el cual organiza y optimiza el trabajo dentro de una biblioteca y que prácticamente se ha convertido en un estándar a nivel mundial.

2.3.1. Descripción del Sistema

ILS (por su nombre en inglés "*Integrated Library System*") es un sistema integrado e inteligente de bibliotecas el cual las provee con una tecnología que permite eficiencia y seguras operaciones. Este elimina o reduce en gran medida el trabajo del personal requerido 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 opera autónomamente para evitar cualquier interferencia en otros sistemas que se encuentren trabajando en la biblioteca. Dotando de un sistema inteligente a 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 circulación.

Esta arquitectura disminuye costos al sistema de la biblioteca por puntos de la red de trabajo. La Figura II.9 muestra algunos de los componentes del Sistema Integrado de Biblioteca y la disposición general de la "network".

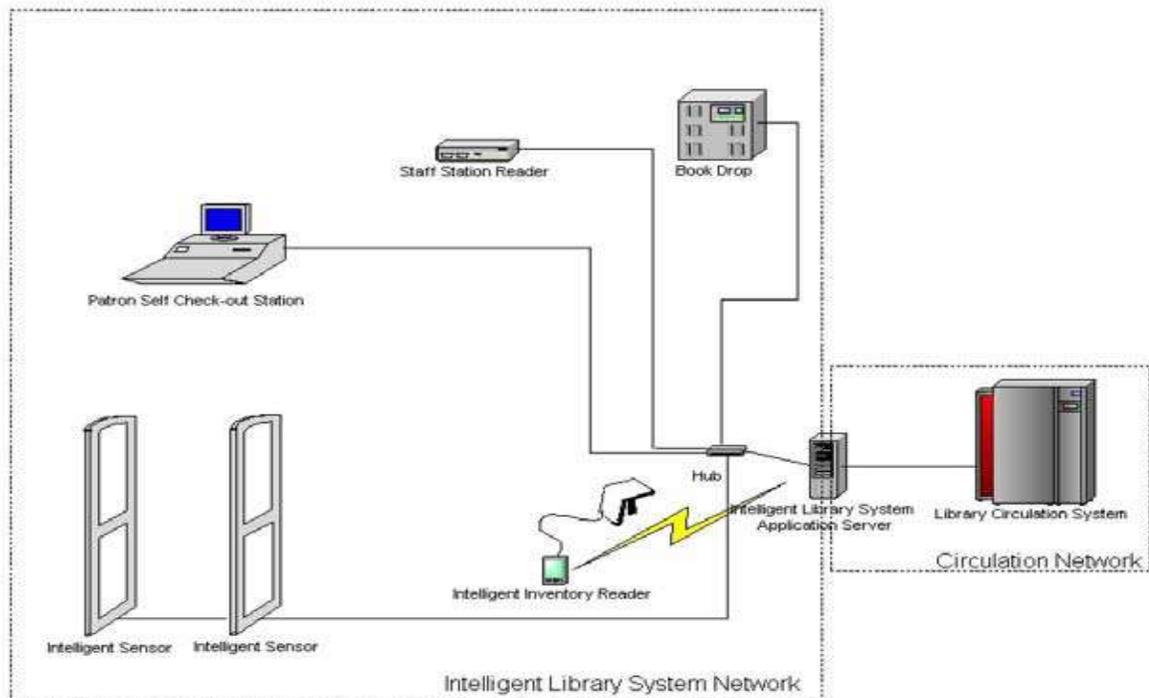


Figura II.9. Diagrama de un Sistema Integrado de Biblioteca

2.3.1.1. Estación de Auto-Préstamo (*Patron Self – Checkout Station*)

El Sistema Integrado de biblioteca brinda a los usuarios una estación de autopréstamo (“self-checkout”) al momento de solicitar algún libro, sin necesitar la ayuda o intervención 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, tesis, revistas, etc.) y la fecha en que deben ser devueltos. La estación de auto-préstamo exhibirá mensajes de error al usuario si hay algún problema con su cuenta o si existe alguna situación pendiente con los materiales

que se está solicitando. La estación de “self-checkout” está disponible en varios modelos, que va a depender exclusivamente del proveedor. En la Figura II.10 se pueden observar dos modelos de estaciones de autopréstamo que pueden ser completamente personalizados al ambiente existente en la biblioteca.



Figura II.10. Diseños de estaciones de autopréstamo o Selfcheck

2.3.1.2. Estación de Trabajo o de Lectura del personal

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



Figura II.11. Estaciones de trabajo del personal.

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 más 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.

2.3.1.3. Sensores Inteligentes

El *Sistema Integrado de Biblioteca* posee sensores inteligentes de seguridad a la salida de las bibliotecas. Cada sensor inteligente puede recibir la información de la etiqueta a una distancia de hasta 24 pulgadas (60 centímetros). Estos sensores inteligentes vienen en plástico o madera, y pueden ser rediseñados para combinar con el ambiente actual de cada biblioteca. 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).



Figura II.12. *Pórtico RFID de seguridad*

Los sensores inteligentes se comunican con el servidor de aplicación (*Application Server*) en tiempo real para determinar si el artículo que lo atraviesa ha sido correctamente solicitado y chequeado en el sistema. Caso contrario, existen alarmas visuales y de sonido las cuales 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 con facilidad.

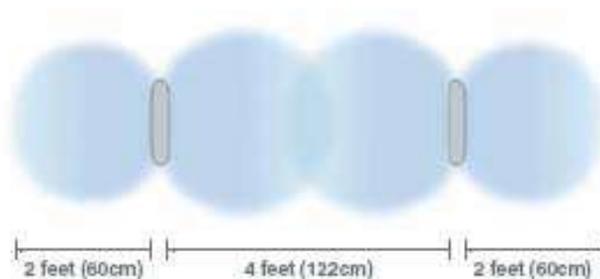


Figura II.13. Medidas de los sensores inteligentes.

2.3.1.4. Circuito de Circulación Inteligente (ICC) o Etiquetas de RFID

La parte principal del Sistema Integrado de Biblioteca (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 código que pertenece 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.



Figura II.14. Tipos de TAG o Etiquetas RFID

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 a la 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.

2.3.1.5. 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.



Figura II.15. *Productos Hand Held o lectores para la realización de inventario*

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.

2.3.1.6. Servidor de aplicación

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 “selfcheck-out”.

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
- Seguir la trayectoria y dirigir todas transacciones del sistema de biblioteca inteligente.

2.3.1.7. 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.

2.3.1.8. 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 “smartcards”.

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

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.

2.3.2. ESTÁNDAR Y PROTOCOLOS

2.3.2.1. 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.

2.3.2.2. 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.

El NCIP detalla especialmente las condiciones en las cuales una aplicación 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

2.3.3. 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 II.V 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 II.V. Fabricantes de tecnología RFID para bibliotecas.

Como una manera de poder determinar cuáles son los proveedores más solicitados y saber qué tipo de tecnología utiliza cada uno de ellos, en la Tabla II.VI 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 II.VI. Resumen de los tipos más comunes de etiquetas RFID.

2.4. Especificaciones técnicas del hardware utilizado en el prototipo

2.4.1. Lector RFID de mesa USB para microchips de 125 Khz.

Su comunicación con la PC se la realiza por medio del puerto USB donde los datos son ingresados de igual manera a ingresar un código por el teclado seguido de la tecla "Enter" como se muestra en la Figura II.16.

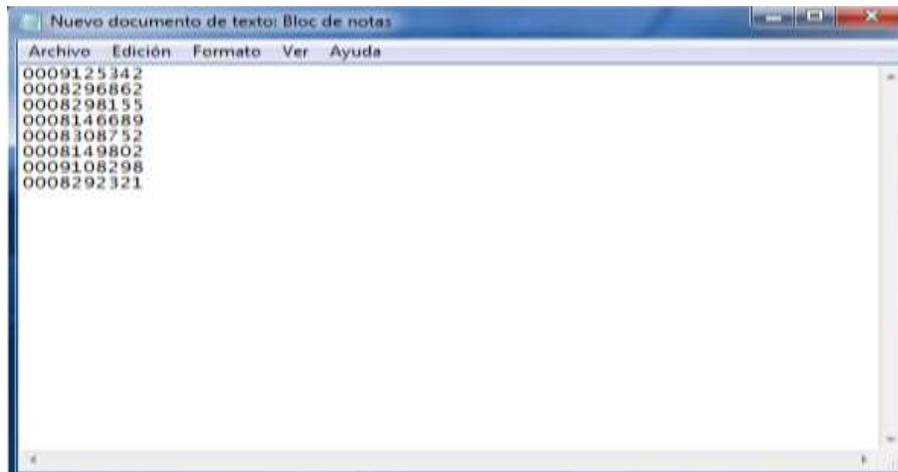


Figura II.16. Ingreso de datos del Lector a la PC

El lector cuenta con las especificaciones técnicas que se detallan en la tabla II.VII.

CARACTERISTICAS TECNICAS	
Requerimientos de Energia	5V/100mA DC
Interfaz de comunicaci3n	USB
Frecuencia	125 (LF-Low Frequency)
Distancia de Lectura	5 cm
Certificados T3cnicos	ISO
Dimensiones	W65 x L100 x H24.7 mm
Tipo de Tags soportadas	Cualquier que soporte el protocolo ISO EM4102 (La forma y el tama1o no importa)
Peso	115g
Temperatura de operacion	-10 a 60 DEG C
Almacenamiento de temperatura	Diameter: 2.12 mm, Lengtd - 12.0mm
Humedad	BIO Glass 8625

Tabla II.VII. Características técnicas del lector

2.4.2. Etiqueta RFID Laminada

En la tabla II.VIII se pueden observar sus especificaciones técnicas.

ESPECIFICACIONES	
Tipo	Sin contacto - Solo lectura
Frecuencia de operacion	125 khz (LF-Low Frequency)
Tipo de codificaci3n de datos	Manchester, Biphase, PSK
Uso com3n	Marcaci3n de activos, libros, etc. Pueden ser insertados en tarjetas o encapsuladas para otros usos.
Rango de lectura probado	5 -10 cm
Tama1o	Diámetro: 25 mm
Material	Laminado
Color	Transparente
Norma	EM4102

Tabla II.VIII. Características de la etiqueta laminada

CAPITULO III

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO

3.1. SITUACIÓN ACTUAL DE LA BIBLIOTECA CENTRAL DE LA ESPOCH

3.1.1. Descripción General

La Biblioteca Central de la ESPOCH (General) está ubicada en el edificio de documentación frente al edificio central, en el campus principal de la ESPOCH ubicado en la Av. Panamericana Sur KM 1 ½. Es la biblioteca más grande de la ESPOCH y hoy en día consta con alrededor de 14200 ejemplares.

MISION

La misión de la Biblioteca es proporcionar a la comunidad politécnica el material Bibliográfico necesario para desenvolverse en un medio caracterizado por la globalización de la información, la excelencia académica y los requerimientos de quienes se forman profesionalmente.

Es compromiso es el de ser parte y contribuir al logro de la misión de la ESPOCH apoyando el aprendizaje, la enseñanza y la investigación en la comunidad académica, mediante servicios y recursos de información presenciales y virtuales, en una cultura organizativa centrada en los usuarios y en el desarrollo de sus competencias informacionales en un entorno colaborativo y global.

VISION

La Biblioteca Politécnica vinculada al desarrollo integral de la Universidad en sus actividades de docencia, investigación y extensión que desea proyectarse como:

- Una Biblioteca comprometida con la calidad del proceso enseñanza aprendizaje.
- Una Biblioteca facilitadora de la docencia.
- Una Biblioteca con personal especializado.
- Una Biblioteca con usuarios competentes en el acceso y uso de la información.

- Una Biblioteca que otorga servicios al usuario como producto de la gestión de la información.



Figura III.1. Edificio de Documentación

3.1.2. Estructura Organizacional

La Biblioteca Central de la ESPOCH forma parte de la Unidad de documentación, cuya estructura organizacional se encuentra detallada en el *Anexo A*.

3.1.3. Sistema de Gestión

El actual Sistema de Gestión es manejado por un software diseñado específicamente para esta tarea, llamado **Modulo de Prestamos SISBIB**, el cual es el encargado de realizar cada transacción y almacenarla en una base de datos la cual se encuentra alojada en un servidor en el edificio de documentación.

Según datos recopilados al personal bibliotecario, el tiempo estimado del préstamo y devolución de un libro es de 5 minutos aproximadamente cada uno, lo que nos indica que el sistema de gestión es algo lento y esto implica que cuando se necesite más de un ejemplar, los usuarios deberán esperar un tiempo considerable para ser atendidos, lo cual genera malestar.

A continuación se muestran las ventanas principales del Módulo de Prestamos SISBIB:

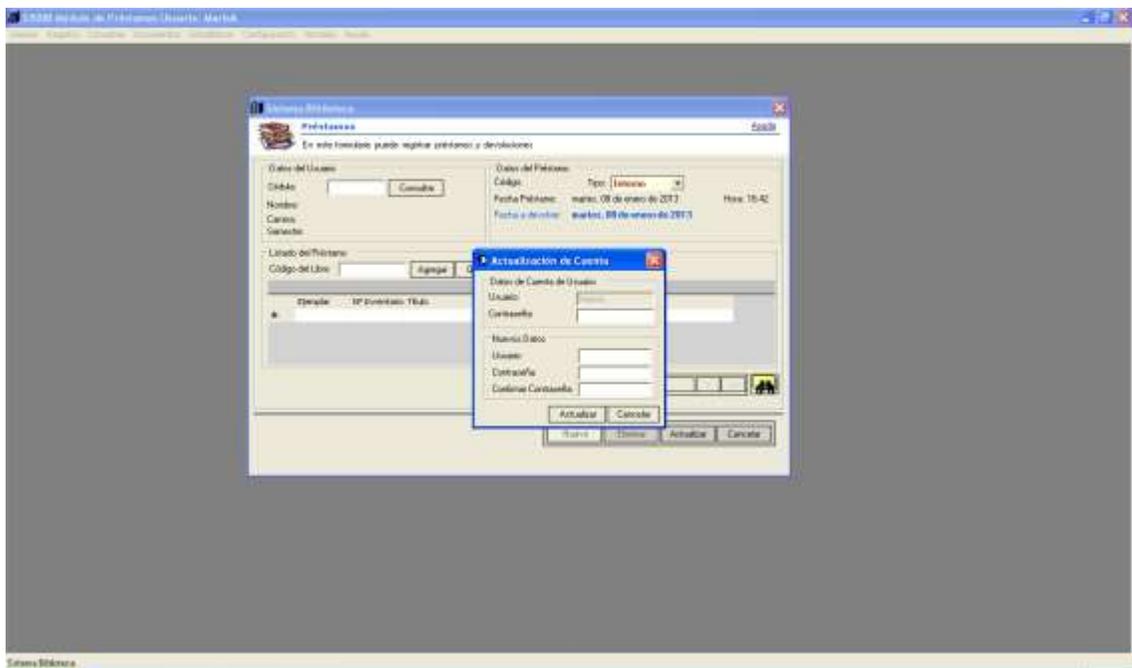


Figura III.2. Ventana de Autenticación de Usuario

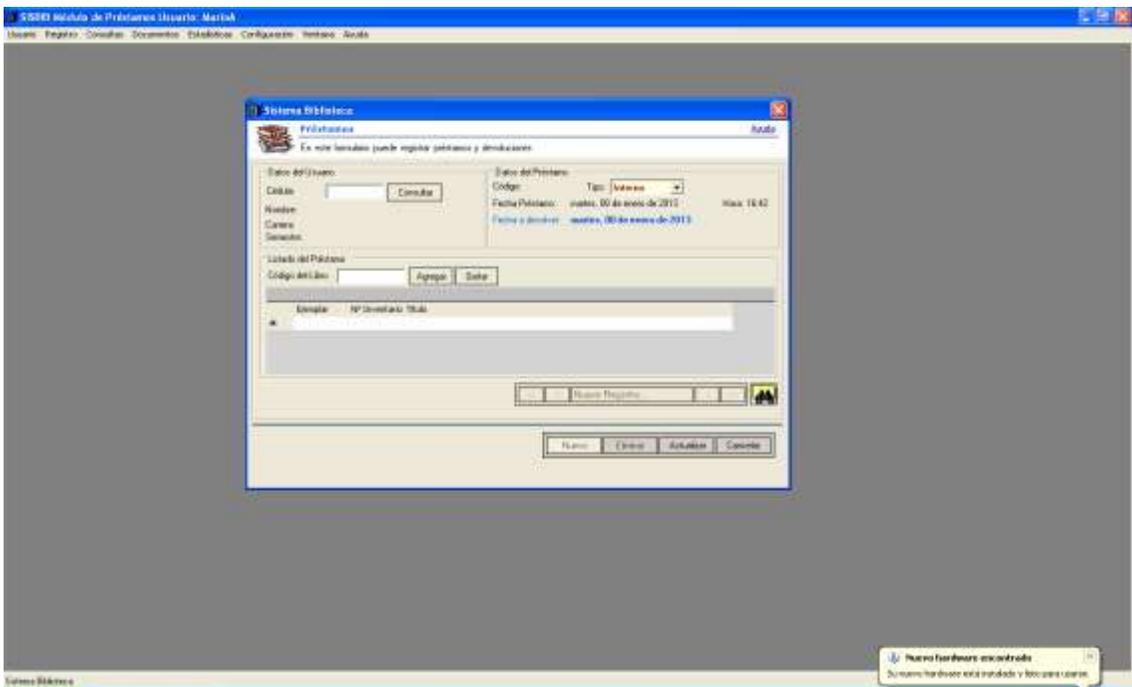


Figura III.3. Ventana de Préstamo y Devolución

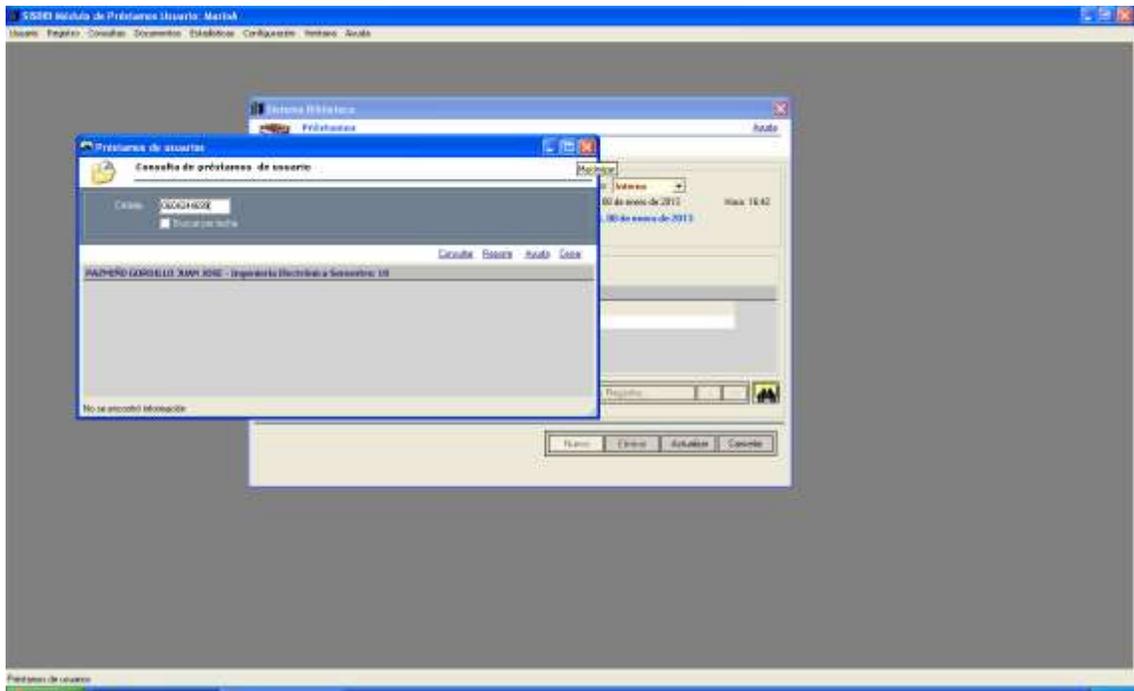


Figura III.4. Ventana de Prestamos por Usuario

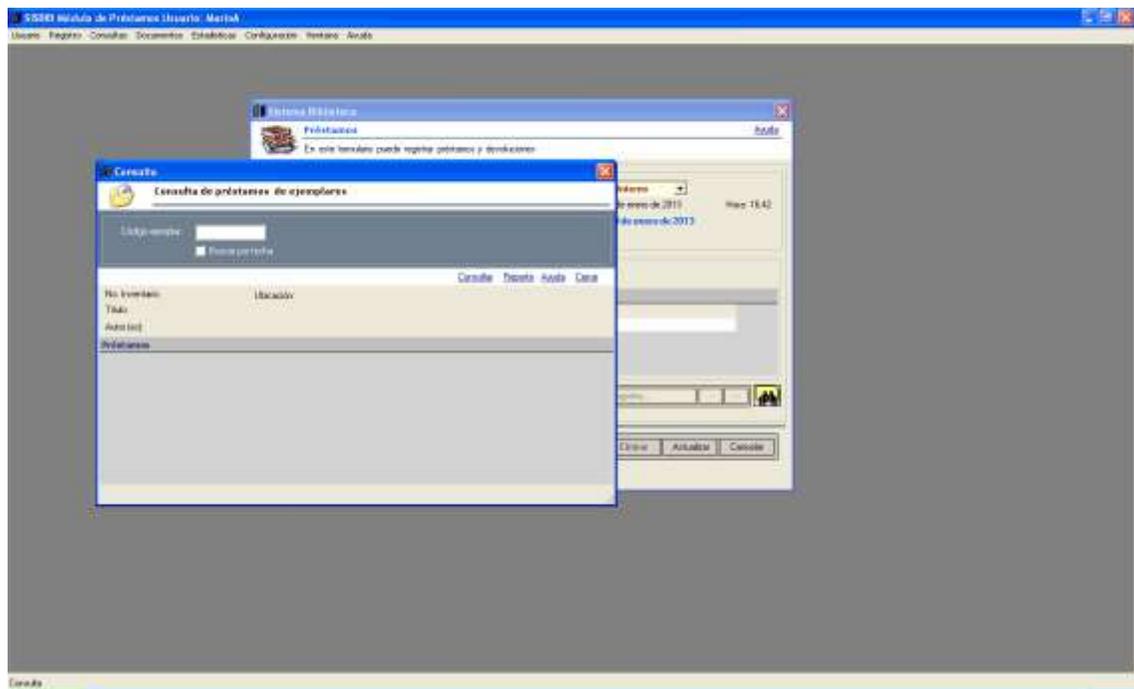


Figura III.5. Ventana de Prestamos por Libro

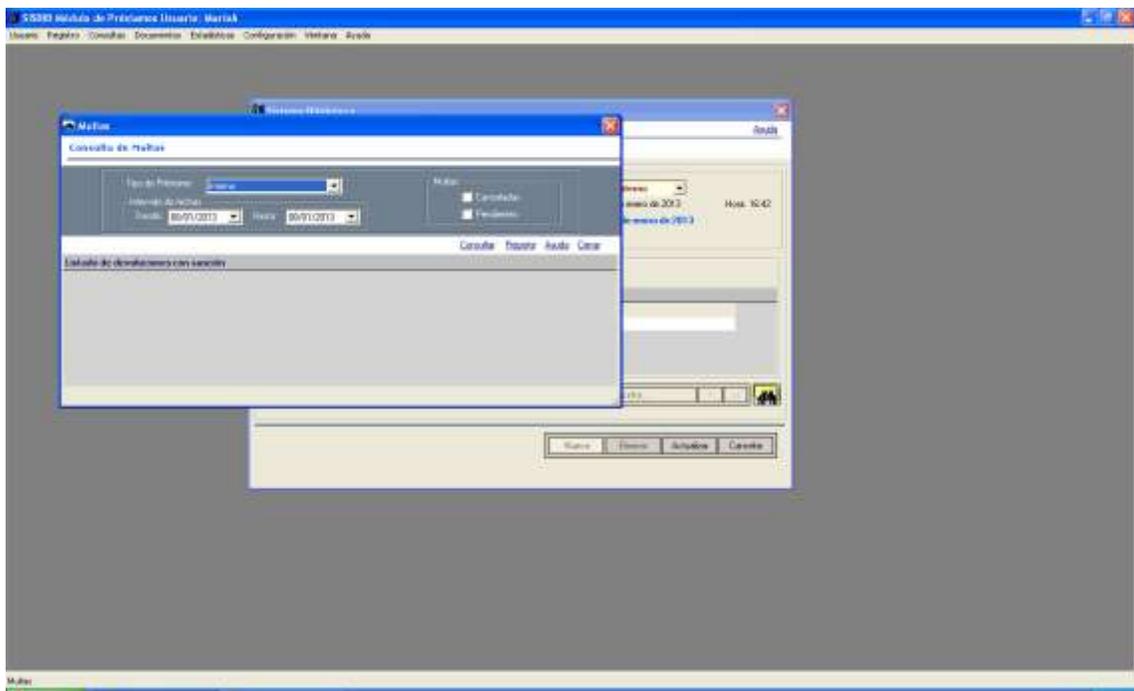


Figura III.6. Ventana de Devoluciones con Sanción

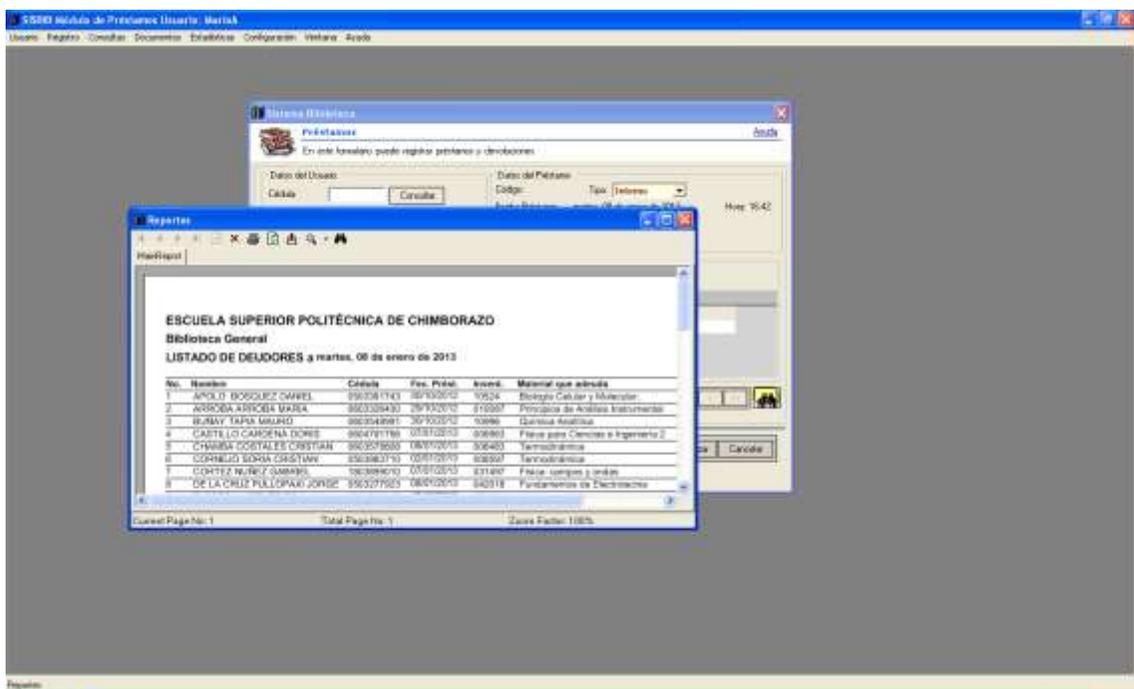


Figura III.7. Ventana de Reportes de Deudores

3.1.4. Sistema de Inventario

El inventario de libros se realiza manualmente por parte del personal bibliotecario. Este proceso genera gran pérdida de tiempo y recursos ya que demora alrededor de 6 horas diarias por todo un mes, inventariar los 14200 libros existentes dentro de la biblioteca, debido a esto se lo realiza una vez por año.

Según el personal bibliotecario la única razón de pérdida de libros es por la falta de devolución de estos por parte de los estudiantes, con un promedio de 12 libros perdidos por semestre. Razón por la cual se deslinda al sistema actual de cualquier responsabilidad en cuanto a pérdidas.

3.2. REQUERIMIENTOS DEL PROTOTIPO DEL SISTEMA

Como requerimientos se entiende a las necesidades y pasos que se deben satisfacer para cumplir con los procesos de préstamo y devolución de libros dentro de la biblioteca. Esto es de gran importancia para el diseño de cualquier tipo de software que se quiera diseñar e implementar.

Los requerimientos del prototipo del sistema, son iguales a los del sistema actual de la biblioteca. Debido a que la única finalidad del prototipo es demostrar el funcionamiento

de la tecnología RFID, dentro de la biblioteca central de la ESPOCH. Por estas razones el prototipo y sus interfaces deberán ser similares a las de la aplicación actual, con la única diferencia que consiste en la opción adicional del prototipo de realizar un inventario de libros en tiempo real.

3.3. HARDWARE DEL PROTOTIPO

4.3.1. Lector



Figura III.8. Lector de mesa USB para microchips de 125 KHz

Se ha escogido para este prototipo, un lector de mesa que opera en la frecuencia de los 125KHz (Figura III.8), puesto que su precio es económico y su operación es muy sencilla. Tiene la ventaja de no requerir ningún driver o aplicación adicional para su funcionamiento.

3.3.2. Etiquetas

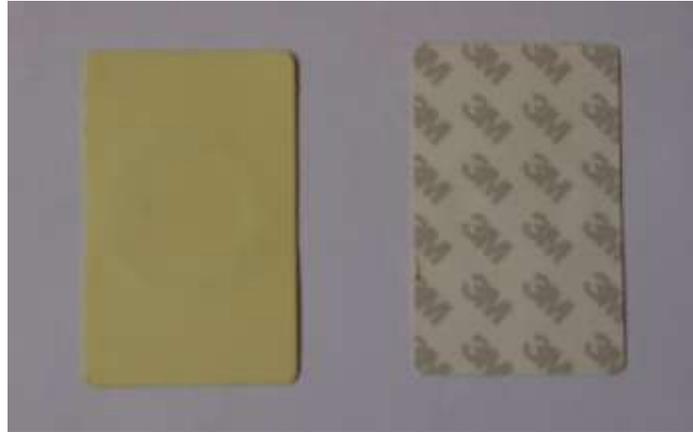


Figura III.9. *Etiqueta Laminada*

Las etiquetas escogidas son de tipo laminado (Figura III.9). Estas etiquetas pasivas operan a la misma frecuencia y con el mismo protocolo de comunicación que el lector seleccionado

3.4. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO

Al contemplar el desarrollo de una aplicación basada en herramientas y lenguajes de programación basados en plataformas libres se ha pensado en "php" como lenguaje de programación sin embargo el uso de este lenguaje de programación como tal no basta ya que el desarrollo de aplicaciones suele ser una tarea algo complicada al carecer por lo regular de un orden y planificación por lo que usualmente los proyectos basados en el

mencionado lenguaje terminan siendo difíciles de escalar y por lo tanto difíciles de mantener.

Por la razón mencionada la presente tesis contempla el desarrollo de la aplicación en un Framework maduro que nos permita una rápida implementación de la aplicación de una manera bastante profesional, sin dejar de lado una estructura claramente definida. Todas las necesidades mencionadas basadas en el lenguaje de programación php terminan convergiendo hacia Symfony el mismo que es necesario aclarar, no es un lenguaje de programación, más bien lo podemos definir en palabras simples como un conjunto de librerías que nos permiten acelerar el desarrollo de una manera ordenada sin perder de vista el absoluto control del código generado.



Figura III.10. Jerarquía de carpetas definidas por Symfony2

Como se puede apreciar en la Figura III.10 se aprecia una jerarquía de carpetas definida por Symfony2, en ella se desglosa una carpeta de especial interés en el proyecto, la carpeta llamada "config". La función de la mencionada carpeta, como su nombre lo dice, es precisamente la encargada de almacenar todos los archivos de configuración del prototipo, es decir, la recopilación de parámetros necesarios para el funcionamiento de nuestro proyecto.

3.4.1. Diseño y Estructura General del Prototipo

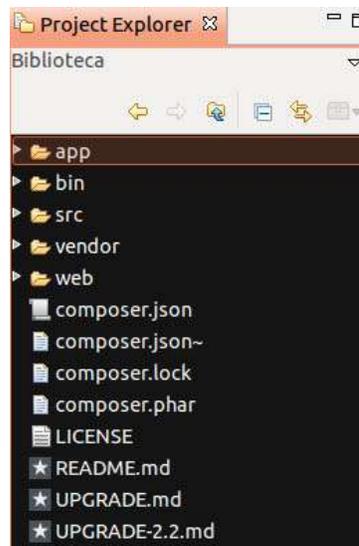


Figura III. 11. Carpetas que contienen la estructura del programa

La estructura general del proyecto converge cuatro carpetas (Figura III.11) las cuales se describen en las siguientes líneas:

3.4.1.1. APP

La carpeta app contiene toda la configuración esencial para el funcionamiento de la aplicación en la misma se describen aquellas variables de conexión a la base de datos por ejemplo, todas las líneas que establecen la seguridad de la aplicación, manejo de rutas, inclusive la inicialización de módulos al levantarse las peticiones por parte de los usuarios finales.

3.4.1.2. SRC

Es la carpeta contenedora de todo el código fuente; en ella se detalla la estructura misma del proyecto organizando los módulos de la aplicación en carpetas distintas llamadas Bundles.

3.4.1.3. WEB

En las aplicaciones comúnmente desarrolladas sobre el lenguaje de programación php, lamentablemente carecen de seguridad haciéndolas propensas a ataques de diferentes

tipos, como la introducción de valores mediante inyección de código en rutas. Por la razón mencionada el código de nuestra aplicación maneja una ruta única para el acceso de los usuarios nada más y la carpeta web permite apuntar a el servidor web una única dirección de entrada; conteniendo en la misma nada más que los archivos complementarios para visualizar páginas como hojas de estilo, imágenes y código javascript; separando de esta manera la lógica de nuestra aplicación sin permitir el acceso hacia usuarios del sistema.

3.4.1.4. VENDOR



Figura III.12. Contenido de la carpeta VENDOR

La Figura III.12 se muestra el contenido de la carpeta "vendor", la misma que es poco mencionada pero no menos importante, ya que en ella se alojan todos aquellos módulos desarrollados por terceras personas; permitiendo de esta manera manejar un número indefinido de módulos que se ajusten a las necesidades del proyecto. Sin duda alguna la carpeta "vendor" juega un papel importante en la aplicación pues el mismo framework "Symfony" es un componente más del prototipo.

3.4.2. Módulos del Prototipo

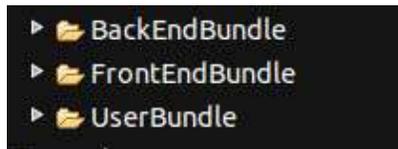


Figura III.13. Módulos del prototipo

El ambiente pensado al desarrollar la aplicación presenta un panorama que diferencia claramente tres módulos (Figura II.13).

3.4.2.1. UserBundle

El motivo de creación responde a la necesidad de Administrar Usuarios tanto del lado de los administradores como de los bibliotecarios. En este módulo se maneja todas las tareas de seguridad y Logueo en el sistema.

3.4.2.2. BackEndBundle

Al pensar en una administración directa de la aplicación se piensa en el desarrollo de un módulo puramente dedicado a esta tarea. Por esta razón BackEndBundle es un módulo que permite administrar bibliotecarios, manejar catálogos como Libros, Autores, Títulos, Editoriales y otros. Un aspecto importante en este módulo es la Administración de Inventarios de la Biblioteca el mismo que permite tener un control de existencias.

3.4.2.3. FrontEndBundle

El módulo FrontEndBundle basa su funcionalidad en la administración de Libros, permitiendo de esta manera un acceso a los Bibliotecarios únicamente siendo de esta manera un punto de encuentro entre Bibliotecarios, Administradores y Usuarios prestamistas de Libros.

3.4.3. Estructura de los módulos

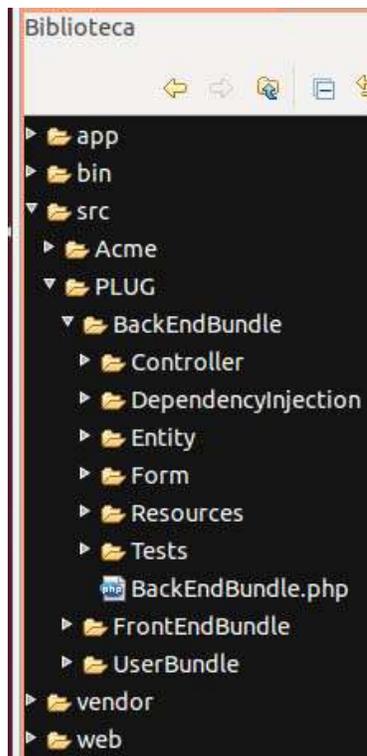


Figura III.14. Carpetas internas de cada módulo

Una vez detallado los módulos de la aplicación es importante conocer la estructura interna de cada módulo. Como usted puede apreciar en la Figura IV.14 se despliegan varias carpetas que a continuación citamos su funcionalidad.

3.4.3.1. Controller

Actualmente, los programadores después de varios estudios y la experiencia adquirida tanto por otros lenguajes de programación como java, python, rails y otros; convergen hacia una nueva metodología de programación en donde se separe completamente las

plantillas de diseño, con la lógica de programación y las bases de datos que manejan las mismas. Por las razones mencionadas se estableció un patrón de desarrollo al cual se lo denominó MVC.

Al mencionar a MVC no se habla de un nuevo lenguaje de programación ni nada parecido, más bien se separa de una manera bastante clara el modelo que hace referencia a la representación de la base de datos por medio de clases a los cuales se los llama Entidades, la vista que agrupa completamente todos los componentes visuales con los que interactúa el usuario final, y el controlador que no es más que un conector si se lo puede llamar así entre la vista y el modelo concentrándose en este lugar toda la lógica de la programación.

3.4.3.2. Entity

Una vez aclarado el concepto de MVC en el párrafo anterior; se puede entender de una manera más clara la razón de esta carpeta. En ella se agrupan todas las representaciones de las tablas de las base de datos en forma de código a las cuales se las llama entidades. Ahora la pregunta más obvia por parte del lector tal vez sea ¿cómo puedo interactuar entre entidades y base de datos?. Pues la respuesta apunta hacia un motor que maneja esta amalgama de ideas al cual los creadores lo llamaron ORM. Un ORM no es más que

una porción de librerías que permiten representar en forma de objetos todos aquellos registros existentes en la Base de Datos.

3.4.3.3. Form

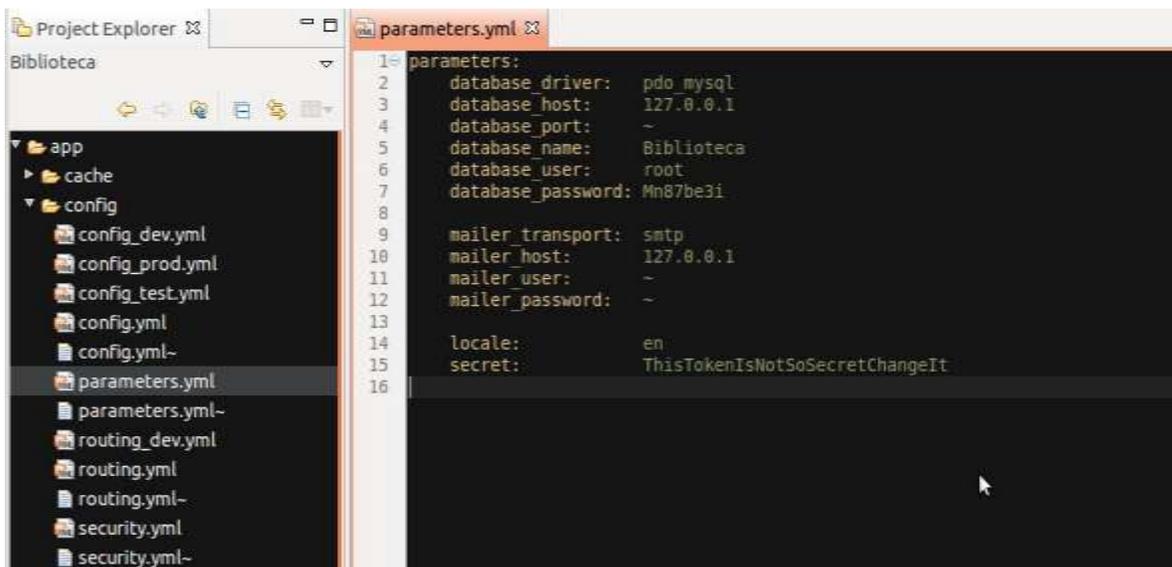
En el prototipo también se concluyó la creación de una carpeta en donde se alojen todos aquellos elementos que hacen de la aplicación la más importante si lo vemos de forma relativa hacia la interacción con el usuario "Los Formularios". Precisamente al tener una carpeta creada para este propósito se alojan todo el código pertinente a la creación de formularios.

3.4.3.4. Resources

Basados en el concepto descrito, es lógico pensar que si centramos nuestro desarrollo en un patrón de diseño, tenemos que almacenar todos los elementos que dibujen las interfaces de usuario en un solo lugar y la carpeta Resources hace únicamente eso, almacenar todos los elementos visuales que terminarán siendo el día a día con el usuario final. Terminando de esta manera la descripción del modelo MVC.

3.4.4. Parametrización

En el desarrollo de la presente tesis se ha contemplado como uno de los aspectos más importantes la definición de parámetros; el objetivo de los mismos es tener un sólo archivo en donde se detallen aquellos valores de conexión a la base de datos por ejemplo o el conjunto de reglas a seguir para enviar correos. Si usted observa la Figura III.15 puede apreciar de una manera bastante clara la definición de parámetros a la base de datos entre otros no menos importantes.



```
1- parameters:
2   database_driver:  pdo_mysql
3   database_host:   127.0.0.1
4   database_port:   ~
5   database_name:   Biblioteca
6   database_user:   root
7   database_password: Mn87be3i
8
9   mailer_transport: smtp
10  mailer_host:      127.0.0.1
11  mailer_user:      ~
12  mailer_password: ~
13
14  locale:           en
15  secret:           ThisTokenIsNotSoSecretChangeIt
16
```

Figura III.15. Parámetros Principales

Un parámetro que es de suma importancia es el "database_driver" pues en esta cadena se define el tipo de conector de base de datos; permitiéndonos de esta manera tener un acceso a diferentes tipos de motores. Al tener esta idea de configuración de la mano con un ORM podemos fácilmente acceder a distintos tipos de bases de datos tan solo con un

cambio de parámetro abriendo nuestro horizonte hacia bases de datos como: Mysql, Postgres, SQL, DB2 o el robusto Oracle si fuera el caso.

3.4.5. Comandos más utilizados

Las siguientes líneas reflejan los comandos más utilizados en la creación de la presente tesis; en ellos se detalla su utilización junto con su objetivo claro en el desarrollo de la aplicación.

3.4.5.1. generate:bundle

Es sin lugar a dudas uno de los comandos más utilizados pues el mismo se encarga de generar módulos de una manera bastante cómoda; lo único que se especifica en el mismo es nada más que el nombre del Módulo conjuntamente con un identificativo.

3.4.5.2. doctrine:generate:entity

Al utilizar este comando indicamos al framework que se va a proceder a crear una nueva Tabla en la base de datos representada en nuestro código como Entidad.

3.4.5.3. doctrine:schema:update--force

Apoyado en la utilización de este comando se indica al Framework que verifique los cambios hechos en el código contra la base de datos especificada en el archivo parameters.yml; si encuentra cambios los sincroniza y actualiza automáticamente.

3.4.5.4. cache:clear

Indica al Framework que limpie el contenido de la caché y guarde en la misma la compilación de la primera apertura de la aplicación.

3.4.6. Implementación del prototipo

Dentro de la implementación se pudo observar las siguientes pantallas de las interfaces principales de la aplicación, en la cuales se van desarrollando los procesos requeridos. El acceso a la aplicación se lo realiza mediante un navegador web, ya que el software antes diseñado funciona sobre esta plataforma mediante un servidor web, con esto se puede ingresar a la aplicación desde cualquier máquina que se encuentre dentro de la red del servidor.



Figura III.16. Ventana de Login

Una de la principales características de esta pantalla de Login es la reutilización del código que se ha mantenido con la misma, pues como se ha mencionado en líneas anteriores existen dos paneles claramente diferenciados (Administradores y Bibliotecarios); y no sería conveniente desarrollar dos ventanas tanto de logueo como manejo de seguridades de una manera separada al converger los dos módulos a lo que llamamos "Manejo de Seguridad".

Las pantallas que usted aprecia a continuación describen el funcionamiento principal de la aplicación detallando en las mismas el proceso de ingreso de préstamos, manejo nuevos prestamistas y la parte de Administración general contemplando inventarios de libros.

Figura III.17. Pantalla de préstamo de libros

En la Figura III.17 se realiza el préstamo de los libros, en los cuales se encuentra adherida la etiqueta. Estos deben ser acercados al lector para que este transmita en código de la etiqueta a la Pc. También se debe añadir el número de cédula del cliente para que el sistema pueda hacer la relación y almacenamiento de los datos.

Fecha Préstamo	Mostrar
2008-01-01	Mostrar
2008-01-01	Mostrar
2008-01-01	Mostrar
2009-06-05	Mostrar

Figura III.18. Pantalla de préstamos efectuados

En la Figura III.18 se observa la pantalla donde detallan todos los préstamos efectuados ordenados de acuerdo a la fecha en que se realizaron, en cada uno de ellos están almacenados los datos del usuario que realizó el préstamo como su nombre, escuela, semestre, así como los datos del libro.



Figura III.19. Pantalla de inventario de libros

La pantalla de inventario de libros (Figura III.19), brinda la posibilidad de ingresar los códigos de los libros de manera ininterrumpida ya que el sistema busca y compara el código de cada libro ingresado en tiempo real. Al final del proceso el sistema realiza un reporte de los libros encontrados así como de los faltantes.

En la parte superior se incorporó la opción de añadir al inventario una descripción, la cual puede ser de gran ayuda para saber el motivo por el cual se hizo dicho inventario o por quien fue solicitado.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. EJECUCIÓN DE PRUEBAS

Una vez finalizada la implementación del prototipo se procede a verificar su funcionamiento, para lo cual se harán las pruebas correspondientes al prototipo y al sistema actual para así compararlos y poder establecer si existió alguna mejora.

4.2. PARÁMETROS DE EVALUACIÓN

Del sistema actual y del prototipo implementado, los parámetros más importantes son los tiempos de ejecución en los procesos de gestión e inventario de libros los cuales servirán para comprobar la hipótesis planteada al inicio de la tesis.

El proceso de gestión de libros puede ser desglosado en proceso de préstamo de libros, así como, proceso de devolución de libros.

Los parámetros de evaluación quedan de la siguiente manera:

- Tiempo promedio de Préstamo
- Tiempo promedio de Devolución
- Tiempo promedio de Inventario

4.3. OBTENCIÓN DE VALORES DE LOS PARÁMETROS

Los valores de los parámetros del sistema actual de la biblioteca fueron obtenidos mediante la consulta al personal de la biblioteca encargado de estas tareas, mientras los valores de los parámetros del prototipo fueron obtenidos mediante observar y cronometrar cada uno de los procesos mientras estos son ejecutados por el prototipo.

Los valores del tiempo de préstamo y devolución se refieren al tiempo que se demora en realizar el préstamo y devolución de un libro respectivamente. Con respecto al tiempo de inventario, se estableció una relación de proporcionalidad, debido a que el volumen de libros de la biblioteca es demasiado grande, la relación se hace para determinar el tiempo

empleado por el sistema actual para un total de 10 libros ya que es el número máximo de etiquetas adquiridas para la realización del prototipo, dicha relación queda de la siguiente manera:

$$\frac{\text{total de libros}}{\text{tiempo de inventario total}} = \frac{10 \text{ libros}}{\text{tiempo de inventario de 10 libros}}$$

$$\text{tiempo de inventario de 10 libros} = \frac{10 \text{ libros}}{\text{total de libros}} \times \text{tiempo de inventario total}$$

Como antes se mencionó el proceso del sistema actual de inventario, este tarda 6 horas diarias por 1 mes para realizar el inventario de un total de 14200 libros, hay que recalcar que el mes tiene 20 días laborables aproximadamente en los cuales se realiza el inventario

A continuación se transforma el tiempo de inventario actual a minutos

$$\text{tiempo de inventario} = 6 \text{ horas} \times 20 \text{ dias} \times 60 \text{ minutos}$$

$$\text{tiempo de inventario} = 7200 \text{ minutos}$$

Y reemplazamos los valores en la primera ecuación

$$\text{tiempo de inventario de 10 libros} = \frac{10}{14200} \times 7200 \text{ minutos}$$

$$\text{tiempo de inventario de 10 libros} = 5,07 \text{ minutos}$$

El resultado obtenido es 5,07 minutos pero debido a que la cifra decimales es muy baja, no se la tomó en cuenta

	Tiempo promedio de préstamo de un libro (en minutos)	Tiempo promedio de devolución de un libro (en minutos)	Tiempo promedio de inventario de 10 libros (en minutos)
Sistema Actual de la biblioteca	5	5	5
Prototipo implementado	2	2	1

Tabla IV.1. Resultados finales de los parámetros de evaluación

4.4. COMPARACIÓN DE RESULTADOS

Se comparan los datos obtenidos en la implementación del prototipo con los valores del actual sistema de la biblioteca, con el fin de verificar que estos cumplan con los requerimientos planteados.

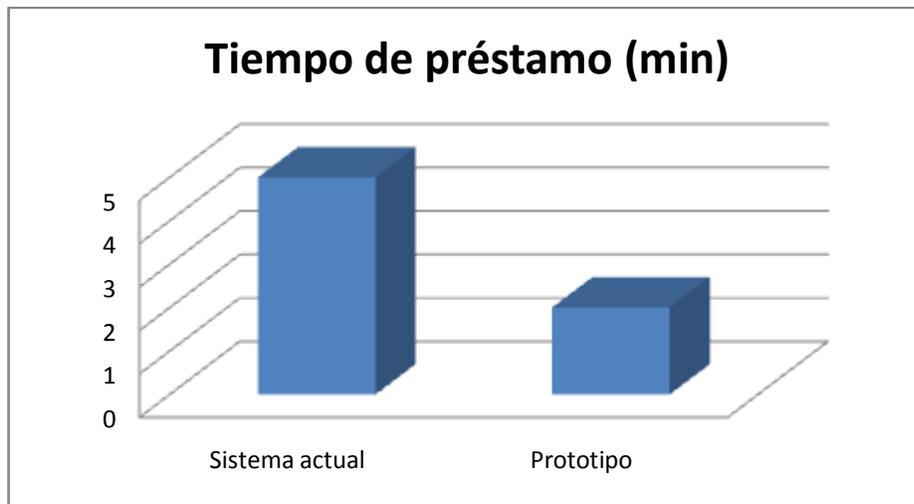


Figura IV.1. Gráfica del Tiempo de préstamo del Sistema actual vs. Prototipo

Como se puede observar en la Figura IV.1 el tiempo que se tarda el prototipo en realizar el préstamo de un libro es menor que el tiempo que emplea el sistema actual, dando una mejoría en este parámetro.

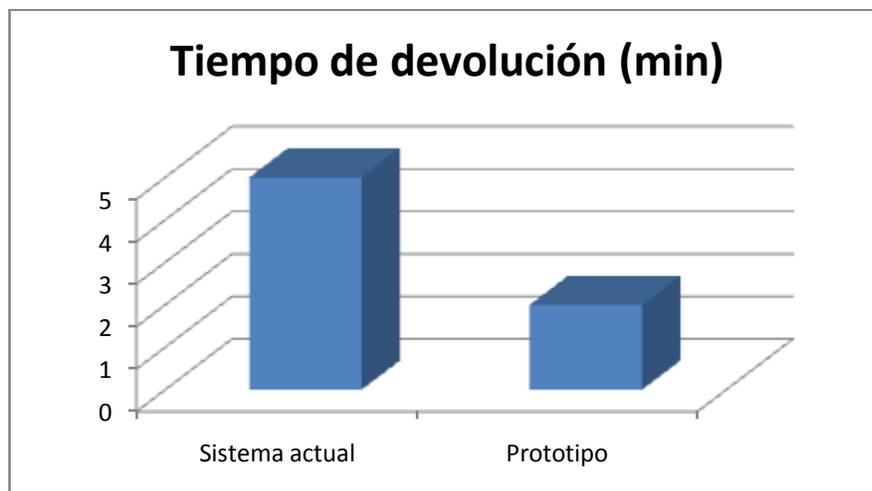


Figura IV.2. Gráfica del Tiempo de devolución del Sistema actual vs. Prototipo

En la Figura IV.2 se observa que el tiempo que se tarda el prototipo en realizar una devolución de un libro es menor que el tiempo que emplea el sistema actual, dando una mejoría en este parámetro.

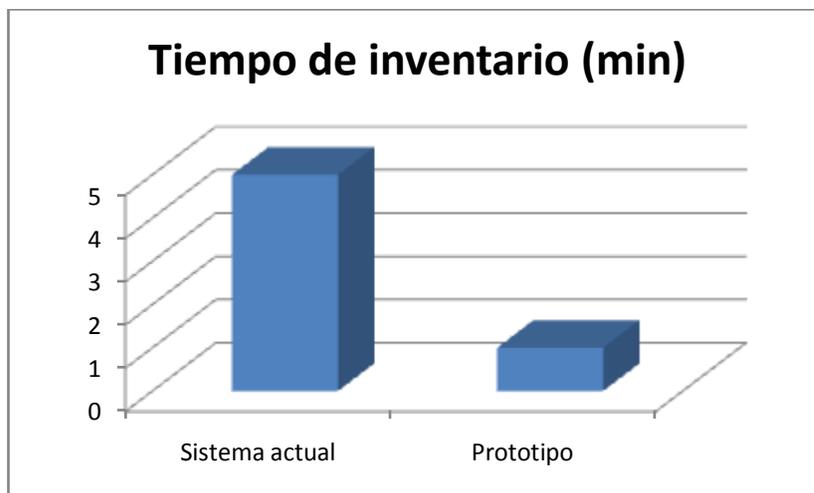


Figura IV.3. Gráfica del tiempo de inventario del Sistema actual vs. Prototipo

Como se puede observar en la Figura IV.3 el tiempo que se tarda el prototipo en realizar el inventario de diez libros es menor que el tiempo que emplea el sistema actual, dando una mejoría en este parámetro.

4.5. EVALUACIÓN DEL PROTOTIPO MEDIANTE LA TÉCNICA DE PONDERACIÓN

Se debe tomar en cuenta la asignación de los valores en una escala del 0 al 10 siendo el 0 un puntaje inaceptable y 10 un valor óptimo, además de la asignación de los pesos a los parámetros de acuerdo a la importancia de cada uno en el rendimiento del prototipo.

Variables	Optimo	Aceptable	Inaceptable	Valor asignado
Tiempo de préstamo	< 1 min	1 – 5 min	>5 min	30%
Tiempo de devolución	< 1 min	1 – 5 min	>5 min	30%
Tiempo de Inventario	< 1 min	1 – 5 min	>5 min	40%

Tabla IV.II. Ponderación de los parámetros

Para establecer los valores de calificación del tiempo de préstamo, se propone un rango recomendado entre 0 – 1min, en una escala del 10 al 8, tomando en cuenta que 8 es el valor óptimo mínimo, si el tiempo está entre 1 – 5min, se lo considera aceptable, de lo contrario los tiempo mayores a 5min se los considera inaceptables asignándole una valoración nula.

Tiempo de Prestamos (min)	Valor Ponderado
0 – 1	10 – 8
1 – 2	8 – 6
2 – 3	6 – 4
3 – 4	4 – 2
4 – 5	2 – 1
> 5	0

Tabla IV.III. Calificación de Tiempo de préstamo

Para establecer los valores de calificación del tiempo de devolución, se propone un rango recomendado entre 0 – 1min, en una escala del 10 al 8, tomando en cuenta que 8 es el valor óptimo mínimo, si el tiempo está entre 1 – 5min, se lo considera aceptable, de lo contrario los tiempo mayores a 5min se los considera inaceptables asignándole una valoración nula.

Tiempo de Devolución (min)	Valor Ponderado
0 – 1	10 – 8
1 – 2	8 – 6
2 – 3	6 – 4
3 – 4	4 – 2
4 – 5	2 – 1
> 5	0

Tabla IV.IV. *Calificación de Tiempo de devolución*

Para establecer los valores de calificación del tiempo del inventario, se propone un rango recomendado entre 0 – 1min, en una escala del 10 al 8, tomando en cuenta que 8 es el valor óptimo mínimo, si el tiempo está entre 1 – 5min, se lo considera aceptable, de lo contrario los tiempo mayores a 5min se los considera inaceptables asignándole una valoración nula.

Tiempo de Inventario (min)	Valor Ponderado
< 1	10 – 8
1 – 2	8 – 6
2 – 3	6 – 4
3 – 4	4 – 2
4 – 5	2 – 1
> 5	0

Tabla IV.V. Calificación del Tiempo inventario

Para la ponderación de los parámetros se tomó los valores de la Tabla IV.I asignándoles una calificación de acuerdo a las variaciones anteriormente explicada obteniendo los siguientes datos.

PARÁMETROS	Peso	Puntajes obtenidos			
		Sistema Actual		Prototipo	
		Calificación		Calificación	
Tiempo de préstamo	30%	1	0,3	6	1,8
Tiempo de devolución	30%	1	0,3	6	1,8
Tiempo de inventario	40%	1	0,4	8	3,2
TOTAL	100%		1		6,8

Tabla IV.VI. Ponderación de los resultados

Mediante esta técnica se ha podido verificar que el tiempo de gestión e inventario de libros que tarda el prototipo implementado, ha obtenido una calificación de 6, 8 sobre 10, equivalente a un 68% del tiempo óptimo. Mientras que el sistema actual, ha obtenido una calificación de 1 sobre 10, equivalente a un 10% del tiempo optimo planteado.

Con estos datos se obtiene que el prototipo implementado mejora el tiempo del proceso de gestión e inventario de libros con respecto al sistema actual manejado en la biblioteca en un 58%, que corresponde a la diferencia obtenida de cada una de sus calificaciones. Comprobando con esto la hipótesis planteada al inicio de la tesis.

CONCLUSIONES

- 1.** Mediante el análisis y estudio de tecnología RFID se obtuvo gran cantidad de información y conocimiento con respecto al tema, la cual puede ser de gran ayuda al momento de buscar una alternativa, no solo sistemas de librerías o bibliotecas, sino en un sin fin de aplicaciones que requieran algún tipo de sistema de identificación automática.
- 2.** Antes de implementar cualquier sistema RFID, debemos tomar en cuenta factores importantes como frecuencia de operación, alcance, el tipo de comunicación Lector – Etiqueta, etc. Los cuales son determinantes para brindar robustez al sistema.
- 3.** Se analizó un sistema inteligente y tecnificado de bibliotecas, como es el “Sistema Integrado de Bibliotecas ILS” para proponer una alternativa al sistema actual, la cual se pudo comprobar, no satisface al completamente todos los requerimientos de la Biblioteca Central de la ESPOCH.
- 4.** El funcionamiento de los dispositivos usados en el prototipo, es sumamente simple y se puede acoplar a cualquier tipo de software, pero poseen poco alcance y pocos recursos, factores que incidieron en los resultados del prototipo.

5. La implementación del prototipo tiene la ventaja de ser utilizada vía Web, con esto se puede acceder a la aplicación desde cualquier equipo que posea un navegador Web y que se encuentre dentro de la red del servidor.

6. Se obtuvo resultados beneficiosos del prototipo implementado con respecto al sistema actual que opera en la biblioteca, lo que constituye un factor importante si se desea migrar a una nueva tecnología de identificación automática, que dé solución a los problemas que tiene el sistema actual.

RECOMENDACIONES

- 1.** Analizar físicamente el lugar donde se necesite implementar tecnología RFID, para poder escoger correctamente el tipo que equipos, y así poder asegurar buenos rangos de alcance y lectura de etiquetas, así como la coexistencia con otros dispositivos inalámbricos.
- 2.** Los equipos utilizados en el prototipo tienen una gran capacidad de adaptarse a cualquier aplicación pero no deberían ser utilizados en caso de realizarse una implementación de esta tecnología en la biblioteca central de la ESPOCH debido a que su frecuencia, alcance y capacidad de lectura son muy limitados para este tipo de aplicaciones.
- 3.** Buscar la mejor orientación de lectura de la etiqueta con respecto al lector, para poder ubicarla en el libro de la mejor manera, y así, asegurar su mejor funcionamiento y evitar la manipulación excesiva del libro.
- 4.** Es recomendable adquirir equipos de las marcas más comercializadas, debido a que son las más confiables y nos permitirán adquirir más equipos, materiales o repuestos que se puedan necesitar en un futuro.

5. Por último, se recomienda la implementación de un Sistema Inteligente de bibliotecas basado en tecnología RFID en la Biblioteca central de la ESPOCH, para brindar a todos los usuarios una mejor calidad de servicio basada en la tecnificación y automatización de los procesos y de la información manejada por esta, con lo cual la ESPOCH estaría a la vanguardia en tecnología en lo que respecta a manejo bibliográfico.

RESUMEN

Se realizó el análisis de la tecnología de Identificación por Radiofrecuencia RFID con el objetivo de detallar su sistema de operación, sus aspectos técnicos y su aplicación en bibliotecas. También comparar el sistema actual de gestión e inventario de libros de la Biblioteca Central de la ESPOCH con un prototipo de este sistema pero basado en esta tecnología de identificación.

El método deductivo permitió discernir los aspectos generales que intervienen en un sistema de Identificación por Radiofrecuencia RFID. El método inductivo permitió analizar varios estudios e implementaciones de Identificación por Radiofrecuencia en bibliotecas, y establecer un sistema general de bibliotecas basados en esta tecnología.

La información mostrada viene de publicaciones y materiales técnicos especializados en Identificación por Radiofrecuencia y su aplicación en bibliotecas, así como la obtenida del personal bibliotecario de la ESPOCH. Para la implementación del prototipo se utilizó software como Symfony, Apache, Mozilla Firefox y hardware como lector y etiquetas RFID.

Como resultado, el prototipo tardó un tiempo de aproximadamente 2 minutos en el tiempo de préstamo y devolución de libros y 1 minuto en comprobar la existencia de 10

libros. Con estos datos y mediante la técnica de ponderación se comprobó una mejora del 58% en el tiempo de estos procesos con respecto al sistema actual.

Se concluye en un sistema de identificación por radiofrecuencia para bibliotecas el cual es respaldado por un prototipo de este, y como tuvo una mejora con respecto al sistema actual se recomienda su implementación en la biblioteca central de la ESPOCH.

SUMMARY

An analysis to RFID (Radio Frequency Identify) was developed, in order to detail the operation system, its technical aspects and application in libraries, the current system in inventory management books of Central Library of ESPOCH were compared with a prototype of this system based on identification technology.

The deductive method could discern the general issues involved in RFID system. The inductive method allowed the analysis of several studies and implementation of RFID in libraries, and established a general library system based on this technology.

The information displayed comes from publications and specialized technical material in radio frequency identification and its application in libraries, as well as information obtained from librarians of ESPOCH. To implement the prototype, it was used a software such as Symfony, Apache, Mozilla Firefox and hardware RFID reader and labels.

As a result, the prototype lasted approximately 2 minutes on its book lending and return time and 1 minute in proving the existence of 10 books. With these data and by weighting technique was demonstrated an improvement of 58% in time of these processes respect to the current system.

It results in a RFID system for libraries which is supported by a prototype, which is supported by a prototype of it, and as it showed an improvement respect to the current system, its implementation at the Central Library of ESPOCH is recommended.

GLOSARIO

Radiofrecuencia.- El término radiofrecuencia, también denominado espectro de radiofrecuencia o RF, se aplica a la porción menos energética del espectro electromagnético, situada entre unos 3 KHz y unos 300 GHz.

Encriptación.-La encriptación es el proceso para volver ilegible información considera importante. La información una vez encriptada sólo puede leerse aplicándole una clave.

Modulación.- Conjunto de técnicas que se usan para transportar información sobre una onda portadora, típicamente una onda sinusoidal. Estas técnicas permiten un mejor aprovechamiento del canal de comunicación lo que posibilita transmitir más información en forma simultánea además de mejorar la resistencia contra posibles ruidos e interferencias.

Protocolo.-conjunto de reglas usadas por computadoras para comunicarse unas con otras a través de una red por medio de intercambio de mensajes. Puede ser definido como las reglas o el estándar que define la sintaxis, semántica y sincronización de la comunicación. Los protocolos pueden ser implementados por hardware, software, o una combinación de ambos.

Programación.- Proceso de diseñar, codificar, depurar y mantener el código fuente de programas computacionales. El código fuente es escrito en un lenguaje de programación. El propósito de la programación es crear programas que exhiban un comportamiento deseado.

Requerimiento.- Una condición o capacidad que debe estar presente en un sistema o componentes de sistema para satisfacer un contrato, estándar, especificación u otro documento formal.

Framework.- Es una estructura conceptual y tecnológica de soporte definido, normalmente con artefactos o módulos de software concretos, con base a la cual otro proyecto de software puede ser más fácilmente organizado y desarrollado. Típicamente, puede incluir soporte de programas, bibliotecas, y un lenguaje interpretado, entre otras herramientas, para así ayudar a desarrollar y unir los diferentes componentes de un proyecto.

Symfony2.- Es un framework para construir aplicaciones web con PHP. En otras palabras, Symfony es un enorme conjunto de herramientas y utilidades que simplifican el desarrollo de las aplicaciones web.

Interfaz.-la conexión física y funcional entre dos sistemas o dispositivos de cualquier tipo dando una comunicación entre distintos niveles.

Comando.- Es una instrucción u orden que el usuario proporciona a un sistema informático, desde la línea de comandos (como una shell) o desde una llamada de programación.

Ethernet.-es un estándar de redes de área local para computadores con acceso al medio por contienda.

Anexos

ANEXO A.

ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL DEL CENTRO DE DOCUMENTACIÓN

CENTRO DE DOCUMENTACIÓN

Es la entidad reguladora de las Bibliotecas, Unidades de Documentales y Salas de Lectura de la Institución.

Personal

Director del Centro de Documentación

Secretaria

Informático

HEMEROTECA

En esta área se realiza el préstamo de materiales bibliográficos tales como: Tesis, Memorias, Periódicos y Revistas.

En ella se encuentra el área de Documentación, en donde el personal técnico conformado por profesionales en el área de documentación de información realizan la catalogación bibliográfica que consiste en una revisión minuciosa del material que permite obtener datos como: título, autor, año de edición, categoría temática primaria, categorías secundarias, descriptores, etc, en base a estándares internacionales.

Personal

Director de Procesos Técnicos

Documentalista

BIBLIOTECA GENERAL (CENTRAL)

En la Biblioteca General se realiza prestamos de materiales bibliográficos (Libros, colecciones....).

Personal

Jefe de Bibliotecarios

Bibliotecarios

FUNCIONES DEL PERSONAL

- **Director del Centro de Documentación**

Es el encargado de llevar el control de las áreas que están bajo su cargo como biblioteca, hemeroteca y unidades documentales.

- **Informático del Centro de Documentación**

Es el encargado de la capacitación del personal para el uso de sistemas que se implementen y llevar un control de los mismos.

- **Bibliotecarios**

Se encargan de los préstamos, control de devoluciones y multas.

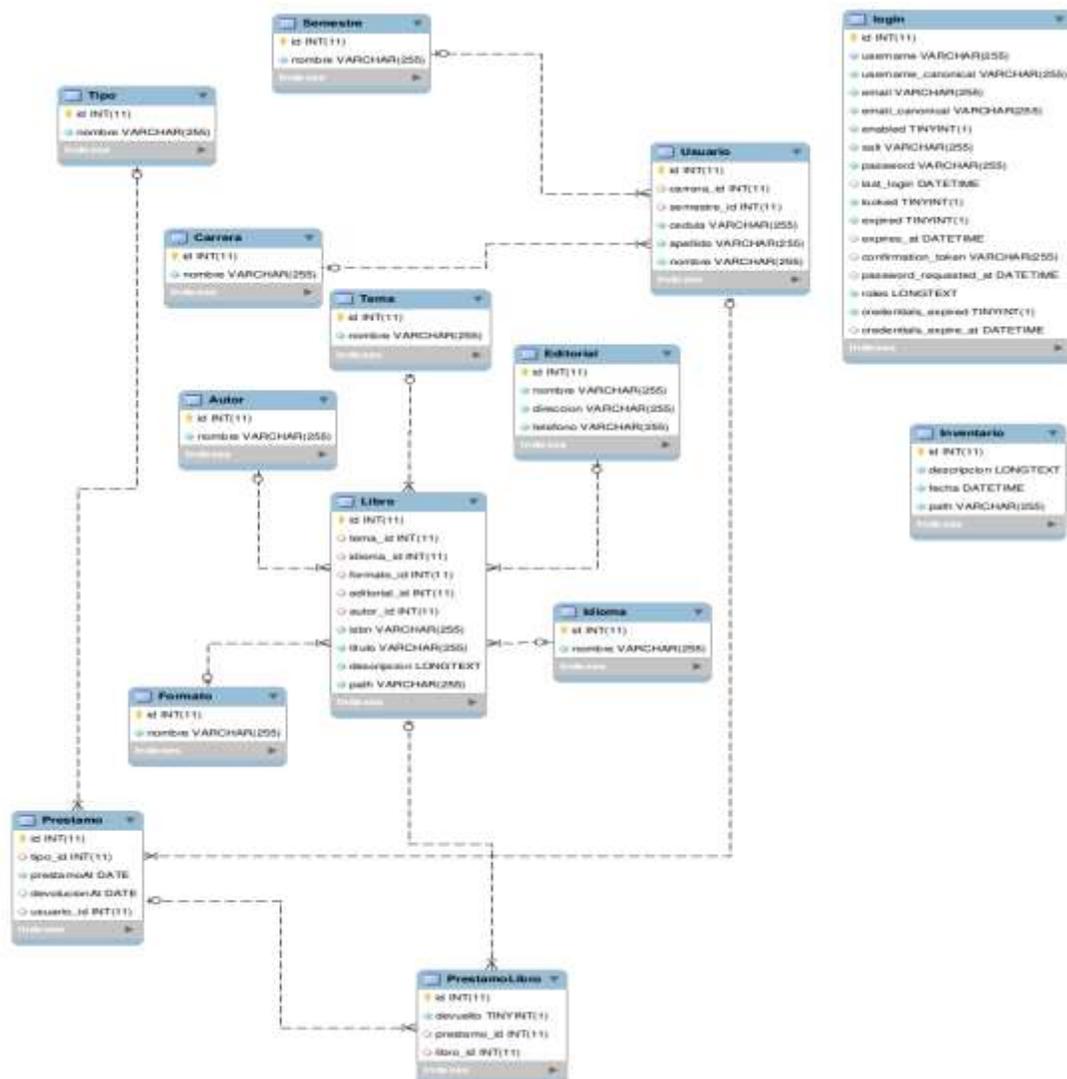
- **Documentalistas**

Se encargan de la catalogación del material bibliográfico.

ANEXO B.

DISEÑO DE LA BASE DE DATOS DEL PROTOTIPO

Se muestra a detalle el diseño entidad relación a la cual obedece el Sistema. El diseño establecido plantea una fácil navegación entre los registros obtenidos al registrar libros así como consistencia de datos internamente.



Descripción de Tablas:

Login.- Permite tener un control de usuarios en el sistema, diferenciando los privilegios de los mismos por medio de los roles que se manejan internamente. Cabe destacar que los posibles roles existentes son:

ADMIN_ROLE: Permite el acceso a la administración del sistema.

USER_ROLE: Rol que permite el acceso al sistema puramente a los bibliotecarios.

Usuario.- La creación de esta tabla obedece a la necesidad de registrar los préstamos hacia los usuarios institucionales, entendiéndose por usuario final al prestamista el mismo que puede ser interno o externo a la institución. La tabla encargada de controlar el tipo de préstamos hechos (interno, externo u otro que pueda establecerse), es la tabla **Tipo**, lógicamente siendo esta padre de la tabla **Prestamo**.

Semestre.- Permite establecer el semestre en el cual un estudiante está registrado al realizar el préstamo de un libro.

Editorial.- Puramente encargada de almacenar las Editoriales que proveen de libros a la biblioteca.

Idioma.- Tabla encargada de controlar los diferentes idiomas en los que están los libros.

Autor.- Almacena datos sobre los autores de los libros registrados.

Tema.- Encargada de hacer una clasificación de libros por su temática.

Formato.- Clasifica a los libros por su formato por ejemplo Digital, Impreso.

Inventario.- Almacena los resultados obtenidos al crear inventario de libros. Los archivos obtenidos son de tipo xls.

Administrador de Base de Datos:

Cuando nos encontramos en ambiente de desarrollo es necesario tener un rápido acceso de forma visual hacia las tablas por esta razón para la presente tesis se utilizó el administrador de base de datos phpmyadmin.

La instalación de phpmyadmin es relativamente sencilla pues si utilizamos un sistema basado en debian podemos digitar el siguiente comando.

```
Sudo apt-get install
```

ANEXO C.

CONFIGURACIÓN DEL SERVIDOR WEB

El proyecto actualmente con el servidor web “Apache”, el mismo que fue escogido por su gran desempeño y rapidez con aplicaciones php. Cuando procedemos a instalar la aplicación por defecto el servidor web apunta hacia la carpeta /var/www/ sin embargo por seguridad debemos cambiar a esta ruta para que apunte hacia /var/www/Biblioteca/web; nótese que la única carpeta visible hacia el mundo es la carpeta web la misma que lo único que expone es un archivo app.php y varias carpetas de imágenes internas. Al tomar en cuenta esta configuración restringimos al usuario final que de alguna manera acceda a carpetas, código fuente de la aplicación por algún medio de inyección de código malicioso.

Para cambiar la ruta de la carpeta por defecto debemos realizar un par de acciones sobre la configuración del servidor web “Apache”.

En la mayoría de servidores web que funcionan con sistemas operativos basados con Unix por lo regular el archivo de configuración se encuentran bajo la carpeta /etc/apache2/ en Centos esta ruta cambia por /etc/httpd/; sin embargo en el interior de las carpetas encontramos siempre los archivos de configuración apache2.conf, httpd.conf respectivamente.

Al abrir el archivo de configuración correspondiente a la configuración del servidor apache independientemente del sistema operativo que estemos utilizando procederemos a modificar la carpeta raíz del servidor web. Por defecto la carpeta apunta hacia la ruta /var/www; y nuestro archivo queda finalmente así:

DocumentRoot /var/www/Biblioteca/web

<Directory />

Options FollowSymLinks

AllowOverride None

</Directory>

<Directory /var/www/Biblioteca/web/>

Options Indexes FollowSymLinks MultiViews

AllowOverride None

Order allow,deny

allow from all

</Directory>

BIBLIOGRAFÍA

1. **MOLNAR, D. y WAGNER, D.**, Privacy and security in library RFID: Issues, Practices, and Architectures, 11th ACM Conference on Computer and Communications Security., 3ra Ed., Washington D.C. – Estados Unidos de América., 2004., Pp. 75-80
2. **SHEPARD, S.**, **RFID** Radio Frequency Identification., 4ta Ed., New York – Estados Unidos de América., McGraw Hill., 2005., Pp. 40-44
3. **ALMONACID, L.**, Estudio de factibilidad para implementar tecnología RFID en biblioteca Miraflores., Facultad de Ciencias de la Ingeniería., Escuela de Electricidad y Electrónica., Universidad Austral de Chile., Valdivia - Chile., **TESIS.**, 2007., Pp. 96 -114
4. **PALACIOS, E.**, Estudio de Integración de Componentes en el Desarrollo de Aplicaciones basadas en Arquitectura en Capas; Caso Práctico: Automatización de Procesos en la Biblioteca Central de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo., Facultad de Informática y Electrónica., Escuela de Ingeniería en Sistemas., Escuela Superior Politécnica de Chimborazo., Riobamba – Ecuador., **TESIS.**, 2010., Pp. 81 – 104, 108 – 113, 125 – 142

5. SEGURA, H., y NOTENO, F., Estudio de para la implementación de la tecnología RFID para la bodega de la EERSA: Implementación de un prototipo., Facultad de Informática y Electrónica., Escuela de Ingeniería Electrónica., Escuela Superior Politécnica de Chimborazo., Riobamba – Ecuador., **TESIS.**, 2010., Pp. 49 – 69, 82 – 107, 104

6. CÓDIGO DE BARRAS VS. RFID

<http://www.3M.com/us/library>

15/03/2011

7. ESTÁNDAREPC GLOBAL

<http://getsymphony.com/>

08/03/2011

8. HERRAMIENTA DE DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE SOFTWARE

SYMFONY

<http://getsymphony.com/>

<http://www.maestrosdelweb.com/editorial/el-framework-symfony-una-introduccion-practica-i-parte/>

23/10/2012

9. REGLAMENTO DE RADIOCOMUNICACIONES DEL CONATEL

http://www.conatel.gob.ec/site_conatel/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=1054&Itemid=481

20/04/2012

10. SERVIDOR WEB APACHE

<http://www.linuxparatodos.net/portal/staticpages/index.php?page=como-apache>

<http://www.taringa.net/posts/linux/7362686/Configuracion-Apache-2-en-linux.html>

02/11/2012

11. SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE IDENTIFICACIÓN

<http://www.azc.uam.mx/publicaciones/enlinea2/num1/1-1.htm>,

15/03/2011