

# **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ZACATECAS**



**“Francisco García Salinas”**

**UNIDAD ACADÉMICA  
DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**



**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE ACCESO  
MEDIANTE TECNOLOGIA RFID CON IMPLEMENTACION  
DE UN SERVIDOR WEB EMBEBIDO EN UN PIC”**

## **TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO EN COMUNICACIONES Y ELECTRONICA**

**PRESENTAN:**

**SAÚL DELGADILLO RODRÍGUEZ**

**JOSÉ ANTONIO ORTIZ CORVERA**

**DIRECTORES DE TESIS:**

**M. en C. REMBERTO SANDOVAL ARÉCHIGA**

**M. en C. ALEJANDRO CHACÓN RUÍZ**

**ZACATECAS, ZAC., MEXICO, NOVIEMBRE 2011**



## **AGRADECIMIENTOS**

*Saul Delgadillo Rodríguez*

*Debo agradecer primero que todo a mis padres, que me han enseñado a ser una persona de bien, que me han mostrado el camino hacia el conocimiento, que me han impulsado para lograr todas mis metas y que incondicionalmente están ahí para apoyarme.*

*Además debo agradecer a todos mis maestros por compartirme sus conocimientos y ayudarme en mi crecimiento intelectual, sobretodo debo agradecer a mis asesores de tesis que me han guiado y apoyado en este último paso de mi carrera.*

*Para terminar debo agradecer a todos mis compañeros y amigos que han recorrido esta larga carrera a mi lado, cuyos recuerdos de viajes, fiestas y videojuegos me acompañaran por el resto de mi vida.*

*El camino de una persona puede cambiar el rumbo de la humanidad.*

*José Antonio Ortiz Corvera*

*A mi familia, de quien siempre tuve un apoyo incondicional.*

*A mis maestros, de quienes aprendí temas de la carrera pero también de la vida.*

*A mis amigos que siempre estuvieron a mi lado en tantas tareas, proyectos, trabajos y fiestas.*

## Índice de Contenido

Índice de Tablas .....	1
Índice de Figuras .....	1
Tabla de Acrónimos .....	3
Resumen .....	6
1 Introducción .....	8
Planteamiento del Problema .....	8
Objetivos generales .....	9
Objetivos particulares .....	9
Hipótesis .....	10
Sistema Propuesto .....	10
Metodología y tipo de enfoque .....	10
Justificación .....	11
Esquema General de la Tesis .....	12
2 Identificación por radiofrecuencia .....	14
Historia del RFID .....	14
Conceptos básicos de RFID .....	17
Aplicaciones .....	19
Aplicaciones RFID en México .....	21
Usos recientes y tendencias futuras .....	23
Fabricantes .....	27
3 Arquitectura de un sistema RFID .....	30
Etiquetas RFID .....	32
Etiquetas activas .....	33
Etiquetas pasivas .....	34
Etiquetas semipasivas (o semiactivas) .....	35
Etiquetas de lectura y lectura/escritura .....	36
Frecuencia y velocidades de transmisión .....	37
Lector/escritor de tarjetas RFID .....	38
Estándares .....	39
Codificación .....	43
4 Introducción a redes .....	46
Modelo OSI .....	46
Capa física .....	47
Capa de enlace de datos .....	48
Capa de red .....	48
Capa de transporte .....	49
Capa de sesión .....	49
Capa de presentación .....	50
Capa de aplicación .....	50
TCP/IP .....	50
Aplicación .....	51

Transporte.....	53
Internet.....	54
Interfaz de red.....	55
Dispositivos de red.....	56
Servidor Web.....	57
5   Hardware.....	58
Módulo ID-20MFIA.....	59
Microcontrolador PIC.....	65
ENC28J60.....	67
Filtro Ethernet.....	69
Adaptador TTL-3V.....	69
Las etiquetas RFID.....	70
Ensamblado.....	75
6   Software.....	80
Lenguajes de programación utilizados.....	81
C18.....	81
Javascript.....	82
HTML.....	82
Métodos de petición.....	83
Stack TCP/IP de Microchip.....	83
Aplicación RFID.....	89
Aplicación SMTP.....	91
Servidor HTML.....	93
Inicio.....	94
Acceso.....	94
Configuración.....	94
Acerca de.....	94
Página de inicio.....	95
Página de acceso.....	97
Método GET.....	99
Método POST.....	101
Memoria EEPROM.....	103
7   Resultados.....	104
Inicio.....	105
Acceso.....	106
Configuración.....	109
Acerca de.....	111
Reportes enviados por correo.....	111
Pruebas de alcance.....	113
Costos del proyecto.....	115
Conclusiones.....	119
Apéndice.....	122

## Índice de Tablas

Tabla 2-1: Evolucion del RFID .....	17
Tabla 3-1: Ventajas y desventajas de las etiquetas pasivas .....	35
Tabla 3-2: Ventajas y desventajas de las etiquetas activas .....	36
Tabla 3-3: Frecuencias y características de las etiquetas RFID .....	37
Tabla 3-4: Algunos estándares RFID.....	41
Tabla 3-5: Estándares de la serie ISO 18000 .....	43
Tabla 5-1: Descripción de pines del ID20-MFIA .....	62
Tabla 5-2: Características de conexión del ID20-MFIA.....	63
Tabla 5-3: Trama completa de comunicación del ID-20MFIA .....	63
Tabla 5-4: Tabla de comandos del ID-20MFIA .....	64
Tabla 5-5: Características del PIC18f4620 .....	66
Tabla 5-6: Características del ENC28J60.....	67
Tabla 5-7: Características Mifare One S50.....	70
Tabla 6-1: Módulos del Stack TCP/IP de Microchip.....	84
Tabla 6-2: Memoria usada por los modulos TCP/IP Stack.....	85
Tabla 7-1: Costos del proyecto.....	115
Tabla 7-2: Equipo utilizado para el desarrollo del proyecto.....	117
Tabla 7-3: Software utilizado para el desarrollo del proyecto.....	117
Tabla 7-4: Costo total del proyecto .....	118

## Índice de Figuras

Ilustración 1-1: Diagrama de sistema propuesto.....	10
Ilustración 2-1: Theremin, precursor de la tecnología RFID .....	14
Ilustración 2-2: Identificación amigo o enemigo .....	15
Ilustración 2-3: Etiqueta RFID.....	18
Ilustración 2-4: Lector RFID.....	18
Ilustración 2-5: Tarjeta inteligente del metro del D.F.....	21
Ilustración 2-6: Tarjeta utilizada en el metrobús de la Ciudad de México.....	22
Ilustración 2-7: Pasaporte con logotipo indicando tecnología RFID .....	25
Ilustración 3-1: Sistema RFID .....	31
Ilustración 3-2: Etiqueta RFID activa .....	33
Ilustración 3-3: Etiqueta RFID pasiva .....	34
Ilustración 3-4: Etiqueta RFID semipasiva .....	35
Ilustración 3-5: Frecuencias utilizadas por tecnología RFID .....	37
Ilustración 3-6: Codificación de bajada y subida tipo A.....	44
Ilustración 3-7: Codificación de bajada y subida tipo B.....	44
Ilustración 4-1: Modelo OSI .....	47
Ilustración 4-2: Modelo TCP/IP VS OSI .....	51
Ilustración 4-3: Capas y protocolos.....	56
Ilustración 5-1: Diagrama de bloques de nuestro sistema RFID .....	59
Ilustración 5-2: Transceptor RFID.....	60
Ilustración 5-3: Patrón de radiación del transceptor RFID.....	60
Ilustración 5-4: Dimensiones del módulo RFID .....	61

Ilustración 5-5: PIC18f4620 .....	65
Ilustración 5-6: ENC28j60.....	68
Ilustración 5-7: Diagrama de interconexión del sistema.....	69
Ilustración 5-8: Adaptador TTL .....	70
Ilustración 5-9: Diagrama de bloques de la tarjeta Mifare One S50 .....	71
Ilustración 5-10: Mapa de memoria de la tarjeta RFID.....	72
Ilustración 5-11: Sistema de autenticación de tres pasos .....	74
Ilustración 5-12: Diagrama esquemático del sistema.....	75
Ilustración 5-13: Diagrama de componentes del sistema .....	76
Ilustración 5-14: Diagrama de circuito impreso del sistema .....	76
Ilustración 5-15: Parte posterior del circuito terminado .....	77
Ilustración 5-16: Parte frontal del circuito con los componentes montados .....	77
Ilustración 5-17: Circuito finalizado.....	78
Ilustración 6-1: Lenguajes de programación .....	81
Ilustración 6-2: Diagrama de inicialización de la tarjeta .....	86
Ilustración 6-3: Diagrama del lazo de aplicación.....	87
Ilustración 6-4: Diagrama de flujo de la aplicación RFID .....	89
Ilustración 6-5: Diagrama de flujo de la aplicación SMTP .....	91
Ilustración 6-6: Diagrama de flujo del servidor HTML .....	93
Ilustración 6-7: Sistema de autenticación .....	94
Ilustración 6-8: Diagrama de flujo de la página de inicio .....	96
Ilustración 6-9: Diagrama de flujo de la página de acceso.....	98
Ilustración 6-10: Diagrama de flujo del método GET .....	99
Ilustración 6-11: Diagrama de flujo del método POST .....	101
Ilustración 6-12: Mapa de memoria EEPROM del PIC18F4620.....	103
Ilustración 7-1: Captura de pantalla de la página de inicio.....	105
Ilustración 7-2: Captura de pantalla de la página de autenticación .....	106
Ilustración 7-3: Captura de pantalla de la página de acceso.....	107
Ilustración 7-4: Mensaje de registro satisfactorio.....	108
Ilustración 7-5: Captura de pantalla de la página de configuración.....	109
Ilustración 7-6: Captura de pantalla de la página de acerca de .....	111
Ilustración 7-7: Reportes enviados por correo .....	112
Ilustración 7-8: Prueba de alcance por la parte frontal.....	113
Ilustración 7-9: Prueba de alcance por la parte posterior.....	114

## Tabla de Acrónimos

A/D	Analógico/Digital
AOP	Amplificador Operacional
ARFID	RFID Activo
ARP	Protocolo de Resolución de Direcciones
ASCII	Código Estadounidense Estándar para el Intercambio de Información
ASP	Páginas Activas de Servidor
CCP	PWM, Capturador y Comparador
CEO	Director Ejecutivo
CMOS	Semiconductor Complementario de Oxido Metálico
CRC	Código de Redundancia Cíclica
DHCP	Protocolo de Configuración Dinámica de Host
DMA	Acceso Directo a Memoria
DNS	Sistema de Nombres de Dominio
E/S	Entrada/Salida
ECCP	PWM, Capturador y Comparador Mejorado
EEPROM	ROM Programable y Borrable Eléctricamente
EPC	Código Electrónico de Producto
EUSART	Transmisor Receptor Síncrono Asíncrono Universal Mejorado
FTP	Protocolo de Transferencia de Archivos
GSM	Sistema Global de Comunicaciones Móviles
HF	Alta Frecuencia
HTML	Lenguaje de Marcado de Hipertexto
HTTP	Protocolo de Transferencia de HiperTexto
ICMP	Protocolo de Mensajes de Control de Internet
IEEE	Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos
IFF	Identificador Amigo o Enemigo
IP	Protocolo de Internet
ISO	Organización Internacional de Normalización
JSP	Páginas Java de Servidor
LED	Diodo Emisor de Luz
LF	Baja Frecuencia
MAC	Capa de Acceso al Medio
MCU	Microcontrolador
MF	Frecuencia Media
MIT	Instituto Tecnológico de Massachusetts
MPFS	Sistema de Archivos de Dirección Múltiple
NC	No Conectado
NFC	Near Field Communication (Comunicaciones de Campo Cercano)
NTP	Protocolo de Tiempo de Red
OSI	Interconexión de Sistema Abierto
PDU	Unidad de Datos de Protocolo



PGA	Asociación de Golfistas Profesionales de América
PHP	Preprocesador de Hipertexto PHP
PIC	Controlador de Interfaz Periférico
POP	Protocolo de Oficina Postal
PWM	Modulación por Ancho de Pulsos
RAM	Memoria de Acceso Aleatorio
RF	Radiofrecuencia
RFID	Identificación por Radiofrecuencia
RISC	Conjunto de Instrucciones Reducidas
ROM	Memoria de Solo Lectura
RTF	Lector Habla Primero
RTP	Protocolo de Transporte de Tiempo Real
SLIP	Protocolo de Internet para Línea Serie
SMPS	Fuente de Poder Conmutada
SMTP	Protocolo Simple de Transferencia de Correo
SNMP	Protocolo Simple de Administración de Red
SNTP	Protocolo Simple de Tiempo de Red
SPI	Interfaz Serial de Periféricos
SRAM	Memoria Estática de Acceso Aleatorio
SSL	Protocolo de Capa de Conexión Segura
TCP	Protocolo de Control de Transmisión
TTF	Transpondedor Habla Primero
TTL	Lógica Transistor a Transistor
UAIE	Unidad Académica de Ingeniería Eléctrica
UART	Transmisor Receptor Asíncrono Universal
UDP	Protocolo de Datagramas de Usuario
UHF	Ultra Alta Frecuencia
URL	Localizador Uniforme de Recursos
UTP	Par Trenzado no Blindado
VHF	Muy Alta Frecuencia



## **Resumen**

En el presente trabajo se espera diseñar un sistema de control de acceso que, mediante las tecnologías RFID y TCP/IP, permita la administración de los registros de acceso de personal y que sea posible su consulta a través de cualquier navegador web. Todo esto embebido dentro de un pequeño circuito que pueda ser implementado en distintos lugares (hogares, escuelas, bodegas, laboratorios, empresas, etc.) de manera sencilla y a un bajo costo.

Es por esto que se abordarán distintos temas relacionados a la tecnología RFID, recorriendo su historia y evolución con la intención de entender el funcionamiento de ésta.

Se analizan los componentes que integran un sistema básico RFID: Etiquetas, lectores y un dispositivo que procese los datos que se envían y se reciben, con el fin de elegir los que mejor se adecúen a nuestra aplicación y a los estándares actuales.

Además se describen las distintas capas y aplicaciones dentro de los modelos OSI y TCP/IP para poder desarrollar un software eficaz que permita realizar la comunicación mediante Internet y la configuración del sistema de acuerdo a las necesidades particulares.

Más adelante tenemos los componentes que utilizamos en nuestro proyecto, describiendo sus características, configuraciones y la forma en que interactúan entre sí.

Para finalizar se muestra el software desarrollado para este sistema y su funcionamiento final el cual se sometió a distintas pruebas para asegurar que cumple con las expectativas iniciales.



# 1

## Introducción

La tecnología RFID tiene para nosotros una amplia gama de aplicaciones, limitadas básicamente por la imaginación que tengamos. Dicha tecnología tiene una gran flexibilidad para los distintos usos en que se aplica. Un gran factor que la pone en ventaja respecto a tecnologías que cumplen las mismas funciones es que prescinde de la línea de vista entre lector y producto.

Si bien ya existen sistemas de control de acceso mediante un sistema RFID, la mayoría de ellos necesita de una computadora para procesar los datos y almacenar el registro de las entradas a algún inmueble [1] [2]. En este caso hemos decidido implementar una base de datos en un PIC optimizando de esta forma costos y espacios. Además de otorgarle la versatilidad al sistema de poder ser consultado mediante una interfaz vía web.

### Planteamiento del Problema

Actualmente el Laboratorio de Comunicaciones de la Unidad Académica de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Zacatecas cuenta con un sistema de acceso tradicional, es decir, mediante una chapa y algunas llaves que son otorgadas a los alumnos que realizan servicio social dentro del laboratorio, o que de alguna u otra manera están autorizados para entrar al inmueble a cualquier hora.

Además se cuenta con un registro escrito del ingreso de personas. Cada persona debe ser responsable de indicar su hora de entrada pero no todos lo hacen. De esta forma el registro se vuelve inútil ya que no cumple su propósito como debe ser.

## **Objetivos generales**

- Implementar un sistema de control de acceso de personal empleando etiquetas de radiofrecuencia con una bitácora en línea basada en un servidor web.
- Evaluar el prototipo del sistema planteado en el Laboratorio de Comunicaciones de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Autónoma de Zacatecas.

## **Objetivos particulares**

- Analizar y conocer la estructura de un sistema RFID.
- Examinar y adecuar la forma de funcionamiento del TCP/IP Stack de Microchip.
- Evaluar las tarjetas RFID pasivas de la marca ID-Innovations con una frecuencia de 13.56Mhz.
- Evaluar la funcionalidad de los servidores embebidos en PIC de Microchip.
- Diseñar una base de datos que permita un rápido acceso y que pueda ser almacenada en un PIC.
- Diseñar una interfaz que permita la configuración del módulo de acceso desde Internet.

## Hipótesis

### Sistema Propuesto

El sistema que se propone para el control de acceso consta de un módulo RFID que controle tanto el sistema de acceso como el de alarma, que a su vez pueda ser configurado y administrado por medio de la internet, permitiendo un control mucho más versátil y accesible de acuerdo a las tecnologías modernas de comunicaciones, como se detalla en la siguiente figura.

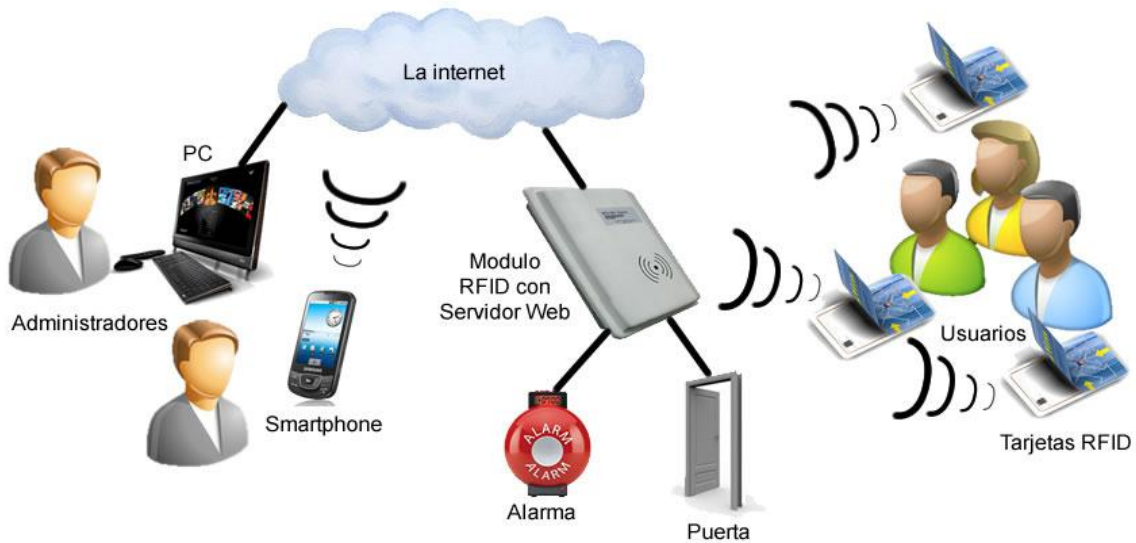


ILUSTRACIÓN 1-1: DIAGRAMA DE SISTEMA PROPUESTO

### Metodología y tipo de enfoque

Se espera que la implementación de un sistema de control de acceso mediante etiquetas RFID sea seguro, eficiente, funcional y, además, cómodo para el usuario final.

El enfoque es de tipo cuantitativo ya que se llevará a cabo la integración de los circuitos y se pretende una futura implementación de los mismos en el laboratorio de comunicaciones y electrónica por lo que se espera completar un prototipo funcional del proyecto.

Además se evaluará la eficiencia tanto de los circuitos como su comportamiento en un ambiente práctico con lo que podremos observar las ventajas y desventajas que tiene esta tecnología sobre otras del mismo ámbito.

## **Procedimiento**

1. Evaluar el funcionamiento de la tarjeta RFID y del PIC16F4620.
2. Realizar la programación de las etiquetas RFID para permitir el control de acceso.
3. Realizar pruebas de funcionamiento de las etiquetas
4. Preparar la conexión que se tendrá con una cerradura eléctrica.
5. Diseñar el sistema de la base de datos de las etiquetas implementado en el PIC.
6. Programar el puerto de comunicación Ethernet en el ENC28J60.
7. Realizar la comunicación entre la base de datos y el puerto de comunicaciones Ethernet.
8. Hacer el diseño de servidor web embebido en el PIC.
9. Realizar pruebas del servidor web a través de la red local.
10. Hacer el diseño y programación de la página web mediante la cual se mostrarán los registros del RFID.
11. Realizar pruebas en internet del sistema completo.
12. Probar y calibrar el sistema de acceso.

## **Justificación**

A pesar de que la tecnología RFID tiene más de 50 años, es hasta hoy en día que, gracias a los avances tecnológicos y a la disminución en su costo, se ha empezado a utilizar más ampliamente en diversos sectores tales como: automatización, control, paquetería, seguridad, etc.

Si bien en el Laboratorio de Comunicaciones del programa de Comunicaciones y Electrónica se tiene un control de acceso, éste es muy básico ya que consiste en registrarse en un libro. Además solo unas cuantas personas cuentan con llave del



inmueble, mismas que, en teoría, son las únicas que deben conocer la contraseña de la alarma.

Es por esto que nos decidimos a mejorar la forma en que se controla el acceso a dicho laboratorio mediante la tecnología RFID, con el plan de otorgar a las personas adecuadas una tarjeta RFID con la que se podrá registrar el acceso llevando un registro que pueda ser consultado desde cualquier lugar con el que se cuente con una conexión a internet.

## **Esquema General de la Tesis**

En el capítulo 2 se expondrá de lo que es RFID, daremos un viaje por la historia de su desarrollo, se mencionarán algunas de sus aplicaciones actuales y las tendencias futuras que tiene esta tecnología.

En el capítulo 3 se describirá la arquitectura básica de un sistema RFID definiendo los componentes que lo conforman y su funcionamiento básico.

En el capítulo 4 se dará una explicación de los conceptos básicos de una red importantes para el desarrollo de nuestro proyecto.

El capítulo 5 contiene la información del hardware desarrollado, así como también los detalles de sus componentes y la forma en que fueron ensamblados.

El capítulo 6 se menciona el software creado para que el sistema se ajuste a las necesidades de nuestra aplicación.

Por último, el capítulo 7 contiene los resultados del sistema, demostrando el funcionamiento del mismo y explicando la forma en que cumple con los objetivos planteados.

## **Referencias.**

[1] Alejandro Cervantes Nájera et. Al. "Sistema de información y control de acceso basado en tecnología RFID", México D.F. Noviembre 2008.

[2] Jorge Alberto Alvarado Sánchez, "Sistema de control de acceso con RFID", México D.F. 2008.

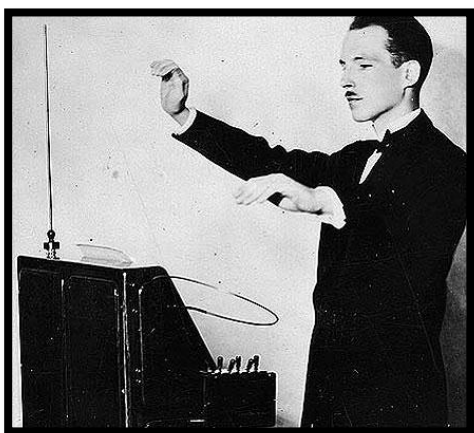


# 2

## Identificación por radiofrecuencia

### Historia del RFID

Hablar de los inicios del RFID, es remontarnos al año 1919 cuando Leon Theremin inventó un instrumento musical, ahora conocido como theremin. El theremin fue el primer instrumento del mundo que no necesita contacto físico. Consiste en una caja con dos antenas saliendo de ella. Para tocar el instrumento, el músico acerca y aleja las manos de las antenas. Una antena cambia el volumen y la otra el tono[1].



**ILUSTRACIÓN 2-1: THEREMIN, PRECURSOR DE LA TECNOLOGIA RFID**

Después, Theremin inventó “La cosa” que fue el primer micrófono oculto pasivo que usaba la transmisión RF. Theremin inventó “La cosa” para el gobierno ruso como herramienta de espionaje. Funcionaba cuando las ondas de sonido hacían vibrar un diafragma. Estas vibraciones alteraban ligeramente las ondas del resonador que, a su vez, modulaba la radiofrecuencia reflejada.

Aun cuando este dispositivo se conoce como un micrófono oculto y no como una etiqueta de identificación, se le considera como el antecesor del RFID al funcionar como ahora lo hacen las etiquetas pasivas.

El siguiente paso para llegar al RFID fue el sistema de identificación-amigo-o-enemigo (IFF por sus siglas en inglés). Alrededor de 1939, los ingleses inventaron

el IFF que fue usado en la Batalla de Bretaña durante la Segunda Guerra Mundial para distinguir entre los aviones amigos y enemigos [2].



ILUSTRACIÓN 2-2: IDENTIFICACIÓN AMIGO O ENEMIGO

Quizás el primer trabajo en explorar la RFID sea el destacado documento de Harry Stockman, “Communication by Means of Reflected Power” (Comunicación por medio de la Energía Reflejada), de las Actas del IRE, páginas 1196-1204, Octubre 1948. Stockman afirmó entonces que *“Evidentemente, una investigación considerable y desarrollo de trabajo debe ser hecha antes de que los problemas básicos restantes en las comunicaciones de la energía reflejada sean resueltos, y antes de que el campo de aplicaciones útiles sea explorado.”* [3]

Los 60's fueron el preludio de la explosión del RFID en los 70's. R. F. Harrington estudiaba la teoría electromagnética relacionada al RFID en sus documentos “Field measurements using scatters” y “Theory of load scatters” en 1963-1964. Había inventores ocupados con las invenciones relacionadas al RFID tales como “Remotely activated radio frequency powered devices” de Robert Richardson en 1963, “Communication by radar beams” de Otto Rittenback en 1969, “Passive data transmission techniques utilizing radar beams” de J. H. Vogelmann en 1968 e “Interrogator-responder identification system” de J. P. Vindings en 1967 [4].

En los 70's, desarrolladores, inventores, compañías, instituciones académicas y laboratorios del gobierno estuvieron trabajando activamente en la tecnología RFID, avances notables se realizaron en los laboratorios de investigación e instituciones académicas como Los Alamos Scientific Laboratory, Northwestern University y Microwave Institute Foundation en Suecia entre otros.

Un importante desarrollo fue el trabajo de Los Álamos presentado por Alfred Koelle, Steven Depp y Robert Freyman: "*Short-range radio telemetry for electronic identification using modulated backscatter*" (*Radioteleimetría de corto alcance para identificación electrónica utilizando retrodispersión modulada*) en 1975.

La oficina de patentes de Estados Unidos, otorgó la patente de la primera etiqueta RFID a la compañía ComServ el 23 de enero de 1973, la cual expiró el 23 de enero de 1990 [5].

Los 80's se convirtieron en una década de completa implementación de la tecnología RFID, en la cual los desarrollos ocurrieron bajo distintos intereses en varias partes del mundo. Por ejemplo, en Estados Unidos fueron para transporte, acceso de personal, y en menor medida, para animales. En Europa, los intereses principales fueron sistemas de corto alcance para animales, aplicaciones industriales y empresariales, aunque las casetas de cobro en Italia, Francia, España, Portugal y Noruega fueron equipadas con RFID.

La década de los 90's fue muy significativa para el RFID, ya que se usó a gran escala el cobro electrónico en las casetas de autopistas en los Estados Unidos. Hubo desarrollos importantes incluyendo varias innovaciones al sistema electrónico de cobro.

Los sistemas de peaje y las aplicaciones ferroviarias también aparecieron en muchos países como Australia, China, Hong Kong, Filipinas, Argentina, Brasil, México, Canadá, Japón, Malasia, Singapur, Tailandia, Corea del Sur, Sudáfrica y Europa.

Un resumen de la evolución de la tecnología RFID puede ser vista en la siguiente tabla.

**TABLA 2-1: EVOLUCION DEL RFID**

<b>Década</b>	<b>Evento</b>
<b>1940 – 1950</b>	Perfeccionamiento y uso del radar. El mayor esfuerzo de desarrollo de la segunda guerra mundial. RFID Inventado en 1948
<b>1950 – 1960</b>	Primeras exploraciones de la tecnología RFID, experimentos de laboratorio.
<b>1960 – 1970</b>	Desarrollo de la teoría del RFID. Inicio de las solicitudes para las pruebas de campo.
<b>1970 – 1980</b>	Explosión del desarrollo del RFID. Se aceleran las pruebas del RFID. Adaptación temprana de las implementaciones del RFID.
<b>1980 – 1990</b>	Aplicaciones comerciales del RDIF entran al mercado
<b>1990 – 2000</b>	Necesidad de estándares. Amplio desarrollo del RFID. El RFID se convierte en una parte de la vida diaria.
<b>2000-2010</b>	EL RFID continua su crecimiento Expande sus aplicaciones
<b>2010 -</b>	Se postula para ser una de las tecnologías más utilizadas en el futuro

### **Conceptos básicos de RFID**

Podemos definir la tecnología RFID como: un sistema de almacenamiento y recuperación de datos remoto que utiliza dispositivos denominados etiquetas, tarjetas, transpondedores o tags RFID.

## Componentes RFID

Para que la tecnología RFID funcione, se requiere de tres elementos básicos: Una etiqueta electrónica con capacidad de almacenamiento de datos; un lector/escritor de tarjetas para recuperar la información que contienen o bien, para escribir datos en las mismas; y una base de datos para almacenar y correlacionar información.

Una etiqueta RFID está compuesta por una antena, un transductor de radio y un material encapsulado o microchip. Éste último es el que almacena un número de identificación único para cada etiqueta.

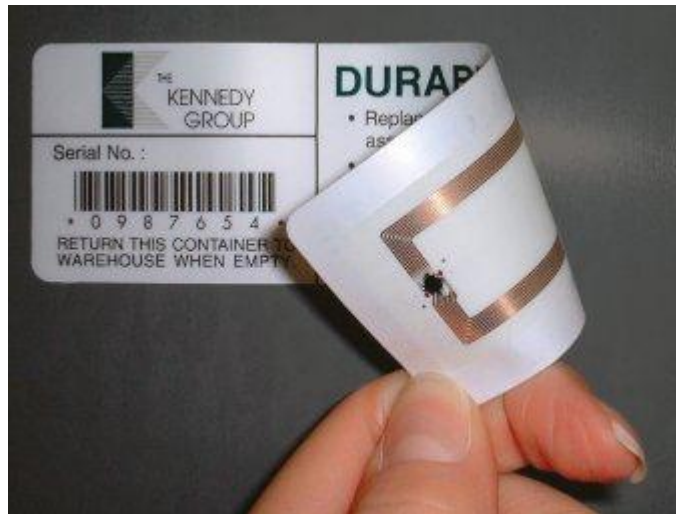


ILUSTRACIÓN 2-3: ETIQUETA RFID



ILUSTRACIÓN 2-4: LECTOR RFID

Los lectores son los que se encargan de la lectura de los datos que contienen las etiquetas RFID que se encuentran dentro del rango de lectura. Funcionan mediante códigos o comandos, ya sea para leer determinada sección de la memoria de la etiqueta RFID o incluso para escribir en ella, asignar contraseñas de lectura, borrar memoria, etc.

La base de datos es la que proporciona los medios de proceso y almacenamiento de datos referentes a una etiqueta RFID.

La forma en que funciona un sistema RFID es la siguiente:

1. El lector envía una serie de ondas de radiofrecuencia conocidas como señal de interrogación. Si una etiqueta se encuentra al alcance de estas ondas de radio, son captadas por su antena y al mismo tiempo energizan el chip de la misma.
2. La etiqueta regresa al lector mediante ondas de radio el número de identificación único de la tarjeta y en dado caso de que se haya solicitado más información que estuviese almacenado en la etiqueta, se transmite de la misma forma.
3. Esta información es almacenada en memoria y procesada de acuerdo a los requerimientos del sistema y a la forma en que éste fue configurado.

## **Aplicaciones**

Debido a que el desarrollo principal de RFID se enfoca a reducir costo y tener un mayor control en los diferentes bienes de consumo, actualmente se utiliza en muchas industrias y servicios. A continuación haremos referencia a algunos de ellos.

### **Cadenas de suministros.**

Para aumentar los márgenes de utilidad y mejorar el servicio a clientes, las grandes empresas y cadenas comerciales están migrando a tecnologías que les permita lo anterior. El gran ejemplo en esta área es Wal\*mart ya que desde enero de 2005, ha puesto como requisito a sus 100 principales proveedores que apliquen etiquetas RFID en todos sus envíos.



## **Procesos de manufactura.**

En esta sección se cubre como objetivo principal el de desarrollar metodologías que faciliten los procesos de producción.

Por ejemplo en la industria automotriz se implementa RFID en los procesos de ensamblaje, producción de componentes, partes y refacciones. De esta forma se permite una identificación más fácil y rápida de los materiales del proceso.

## **Seguridad y control de acceso**

Actualmente la tecnología RFID es aplicada para controlar la entrada en zonas de acceso restringido, laboratorios, escuelas, bodegas, etc.

## **Deportes y entretenimiento.**

RFID se ha utilizado por los organizadores de maratones. Por ejemplo en el maratón de Bostón de 2004 se utilizaron etiquetas colocadas en los zapatos para registrar su tiempo a lo largo de la carrera.

En septiembre de 2010 pasado, en el Tour Championship (el evento final del PGA Tour, desarrollado en el Club del Golf de Atlanta), la organización que dirige la mayoría de los eventos que abarcan una serie de torneos que lleva su nombre, puso en marcha un piloto para probar el uso de la identificación por radio frecuencia.

Stark creó pulseras RFID con tags EPC Gen2 de Avery Dennison modelo AD-843, y un stand de hospitalidad fue seleccionado como zona de pruebas. Cada invitado entraba a esa tienda y se le daba una pulsera RFID codificada con un número único de identificación al momento del check-in. Cada vez que ese individuo entraba o salía de la tienda, él o ella pisaban una zona de lectura RFID que Stark configuró utilizando un lector RFID AlienTechnology ALR-9900, con antenas provistas por Motorola [6].

## Aplicaciones RFID en México

### Tarjetas inteligentes en el metro de la Ciudad de México

El Metro de la Ciudad de México es un sistema de transporte público tipo tren pesado que sirve a extensas áreas del Distrito Federal y parte del Estado de México.

Con el objetivo de agilizar el acceso a las estaciones y desaparecer paulatinamente el uso del boleto de papel, se introdujo como método de cobro el uso de tarjetas inteligentes.



ILUSTRACIÓN 2-5: TARJETA INTELIGENTE DEL METRO DEL D.F.

Durante junio de 2006 se vendieron al público en general 12 mil tarjetas con un costo de MXN \$300 (equivalente a 150 viajes). Tres meses después, en septiembre de 2006 se vendieron 5,500 tarjetas con un costo de MXN \$200 (equivalente a 100 viajes). Durante 2006 y 2007 únicamente se habilitaron 2 torniquetes por estación para acceder con este sistema de cobro. La recarga de la tarjeta únicamente se realizaba en las estaciones: Zaragoza, Chapultepec, Zócalo, Hidalgo y Universidad. En 2007 comenzó la modernización de los torniquetes y taquillas de todas las estaciones del sistema. Esta modernización consistió en colocar dispositivos de lectura/escritura para el uso de tecnología RFID-Mifare, empleada en las tarjetas inteligentes. El 27 de febrero de 2008 comenzaron a

venderse de manera regular en taquillas con un valor de MXN \$10, sin incluir viaje alguno, por lo que el usuario tendrá que cargarla en taquillas.

Mediante el uso de la tarjeta inteligente se planea desaparecer, paulatinamente, el uso del boleto de papel. Se estima un ahorro aproximado de MXN \$67,000,000 por la reducción del tiraje de boletos de papel con emulsión magnética y mantenimiento de torniquetes [7].

### **Tecnología RFID en el Metrobús de la Ciudad de México**



**ILUSTRACIÓN 2-6: TARJETA UTILIZADA EN EL METROBÚS DE LA CIUDAD DE MÉXICO**

También el Metrobús de la Ciudad de México adoptó como sistema de acceso las tarjetas con tecnología RFID [8]. Para cubrir el costo de un viaje es necesario comprar una tarjeta recargable llamada tarjeta electrónica Metrobús. La tarjeta recargable tiene un valor de MXN\$ 15 (MXN\$ 10 por la tarjeta y MXN\$ 5 que se abonan a la misma).

### **Sistema de inventario para la biblioteca del Colegio Inglés**

Como parte de un proyecto para la materia de Ciencias, 11 alumnos del Colegio Inglés participaron, junto con alumnos del Tec de Monterrey y la empresa Avance Inteligente, en la implementación de la tecnología RFID en los libros de la biblioteca.

Este proyecto, que comprendió tres etapas ejecutadas en 10 meses, consiste en identificar libros utilizando la tecnología de RFID, involucrando a los jóvenes en el uso de la tecnología [9].

## **Registro Público Vehicular**

El objetivo principal del Registro Público Vehicular es la identificación y control de automóviles en el que consten las inscripciones o altas, bajas, emplacamientos, infracciones, pérdidas, robos, recuperaciones y destrucción de los vehículos que se fabrican, ensamblan, importan o circulen en el territorio nacional, así como brindar servicios de información al público [10].

Dicho programa otorgó 12.7 millones de calcomanías con chips de radiofrecuencia en 2009 [11].

## **Usos recientes y tendencias futuras**

Como se ha mencionado en las páginas de este trabajo, la tecnología RFID cuenta con grandes y variados campos de acción, desde cadenas de ensamblaje y medios de transporte hasta bibliotecas y centros escolares. Sin embargo, conforme avanza la tecnología se van reduciendo los costos por lo que se planea que, en un futuro no muy lejano, la tecnología RFID se aplique en muchas más áreas de acción.

Hoy en día, una de las aplicaciones más importantes que existe es la logística cuyo objetivo básico es permitir que todos los agentes que participan en la cadena de suministro puedan tener un producto localizado y controlado, concepto bautizado en Estados Unidos como *Visibilidad de la cadena de suministro*. Con esto se permitirá:

- Aumentar la eficiencia en la cadena de distribución.
- Reducir errores en la información acerca de los productos.
- Tener un mayor control sobre la calidad de los productos.
- Tener mayor control sobre el inventario almacenado.

- Liberar al personal de tareas mecánicas para que puedan realizar labores más complicadas.
- Mejorar el tiempo de respuesta de todos los agentes.
- Tener información real e inmediata sobre las tendencias de venta de un producto.
- Evitar largas filas en los comercios.
- Evitar los pequeños hurtos en los comercios (Robo hormiga).

Describiendo un poco más los posibles usos de la identificación por radio frecuencia, podemos mencionar lo siguiente:

### **Control de ganado**

La empresa pecuaria Sofía apostó a una fuerte inversión para la utilización de caravanas electrónicas o RFID (Radio Frecuencia) para el mejoramiento de la gestión de su amplio rebaño.

Dicho sistema fue implementado debido a que se necesitaba contar en todo momento con la información exacta, confiable e inmediata de cuanta hacienda maneja cada una de las estancias, así como las categorías; de datos productivos sumamente valiosos para la toma de decisiones en el rebaño[12].

### **Paquetería**

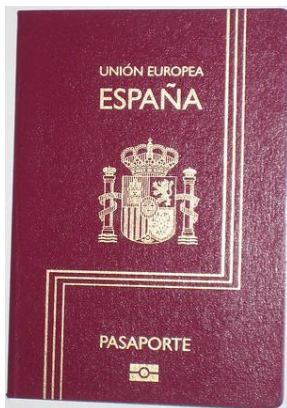
De implementarse tecnología RFID en los servicios de paquetería, se ahorraría mucho tiempo que actualmente es utilizado en escanear cada código de barras al recolectar, clasificar y entregar algún paquete. Con RFID, al no requerir línea de vista para realizar la lectura de los datos, se agilizarían todos estos procesos.

## Supermercados

Se está buscando que poco a poco los productos de los supermercados cuenten con una etiqueta RFID y que ésta sustituya al código de barras.

Se pretende que se aplique tecnología RFID conjuntamente con sensores que permitan la rápida identificación de lotes de comida caducos o de mala calidad.

## Sector gubernamental



**ILUSTRACIÓN 2-7:  
PASAPORTE CON  
LOGOTIPO INDICANDO  
TECNOLOGÍA RFID**

Algunas naciones ya implementan etiquetas RFID en los pasaportes de los ciudadanos y se espera que más naciones adopten esta técnica.

En el sector aduanal, sería más fácil escanear los embarques entrantes en puertos y aeropuertos e identificar la ruta de origen y el recorrido realizado por el contenedor.

En las fronteras sería posible llevar un control de camiones y vehículos si tuvieran una etiqueta RFID del gobierno registradas en una base de datos que proporcione información relevante del vehículo.

## Ámbito escolar

Una credencial con tecnología RFID que tenga almacenada la información del estudiante reduciría el tiempo necesario para realizar trámites, ya que con una sola lectura se tendrían los datos del estudiante como nombre, matrícula, etc., sin necesidad de capturar manualmente dichos datos.

## **Medicina**

De utilizar pulseras con etiquetas RFID en los pacientes de un hospital, se tendría un fácil y rápido acceso al historial, datos generales, estado actual, y más información que el médico requiera de un paciente en específico con solo pasar un lector por la etiqueta RFID.

Además, en palabras de Bruno Baron [13], CEO de Picdic (Empresa francesa especialista en tecnologías RFID).

“Las compañías recién empiezan con las aplicaciones potenciales de RFID. En Picdic, nuestro equipo de Investigación y Desarrollo se focaliza en encontrar más formas innovadoras de utilizar esta tecnología.

Por ejemplo, hemos creado una solución que utiliza RFID, que le permite a compañías de químicos, de agroalimentos y farmacéuticas mejorar la administración de las fechas de vencimiento – detecta automáticamente cuándo un paquete ha sido abierto, y luego cuenta los días hasta que el producto no sirve más.

También estamos trabajando sobre una solución que permitiría que las etiquetas RFID lean y almacenen información sobre la temperatura de los artículos a los cuales están adjuntas, lo que resultaría una información vital para aquellas compañías que tienen que garantizar que la cadena de frío haya sido respetada durante todo el período de entrega.”

## **NFC**

Actualmente se encuentra en fuerte desarrollo lo que se conoce como NFC (Near Field Communication) que no es más que una extensión de la tecnología RFID con la diferencia que funciona en un rango de distancia menor y principalmente en aplicaciones en las que se necesita una mayor seguridad [14], por ejemplo: recepción e intercambio de datos o pagos.

Esta tecnología está siendo apoyada en gran parte por Nokia y tiene planeado que para cuando finalice el 2011, todos sus teléfonos inteligentes contarán con soporte NFC. Sin embargo, la operadora China Mobile que cuenta con más de 500 millones de usuarios, está trabajando en su propia tecnología “equivalente” conocida como RF SIM, por lo que se las puertas para NFC están siendo cerradas en China [15].

## **Fabricantes**

Como en la mayoría de los productos fabricados por el hombre, contamos con empresas reconocidas y otras no tanto. A continuación se enlistan algunos de los fabricantes de tecnología RFID.

### **Tagsys**

Diseña, fabrica e integra sistemas RFID e infraestructura para la conexión y seguimiento electrónico de mercancías. Proporciona sistemas de autenticación y protección de bienes materiales; y permite realizar inventarios en tiempo real.

### **Texas Instrument.**

Posee un surtido completo de productos para todas las frecuencias.

Por un lado, tienen los productos que trabajan a bajas frecuencias (125 KHz) y por otro, la familia de Etiqueta HF-I que trabajan a 13.56 MHz. Además son compatibles con ISO 15693 y 18000-3.

### **Intermec**

Desarrolla, fabrica e integra herramientas para una cadena de suministros totalmente coordinada.



## **KimaldiElectronics**

Fabrica y distribuye sistemas de control de acceso y control de presencia. Cuenta con una amplia gama de productos para la implementación de sistemas RFID.

## **ID Innovations**

Fundada en 1993, ofrece bajos costos, hardware de alto rendimiento y soluciones de software para el área de identificación.

Como se aprecia en este capítulo, la tecnología RFID tiene una larga trayectoria le espera un recorrido prometedor debido a la gran cantidad de posibles implementaciones de esta tecnología, así como el creciente número de fabricantes que está poniendo al alcance de diversos desarrolladores los dispositivos necesarios en distintos rangos de costos y funciones.

En el siguiente capítulo entraremos más en las especificaciones técnicas del RFID para seleccionar los dispositivos más adecuados para realizar nuestra aplicación.

## **Referencias.**

- [1] ISECOM, *Hacking exposed Linux: Linux security secrets & solutions*, McGraw Hill (Tercera edición ed.), P. 297, EUA, 2008.
- [2] ISECOM, *Hacking exposed Linux: Linux security secrets & solutions*, McGraw Hill (Tercera edición ed.), P. 299, EUA, 2008.
- [3] AIM Inc., *Shrouds of Time The history of RFI*, P.4, EUA, 2001.
- [4] AIM Inc., *Shrouds of Time The history of RFI*, P.4, EUA, 2001.
- [5] RFID Journal (2010), *Genesis of the Versatile RFID Tag* [En línea], <http://www.rfidjournal.com/article/view/392/1/2>.
- [6] RFID Point (2010), [En línea] <http://www.rfidpoint.com/noticias-destacadas/el-pga-tour-utiliza-tecnologia-rfid>.
- [7] Sistema de transporte Metro del Distrito Federal (2010), [En línea] <http://www.metro.df.gob.mx/servicios/modernidad.html>.
- [8] Metrobus de la Ciudad de México en Skyscrapercity (2010), [En línea] <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=439089>.
- [9] RFID Point (2010), [En línea] <http://www.rfidpoint.com/noticias/rastrean-libros-en-una-biblioteca-de-mexico/>.
- [10] REPUVE (2010), [En línea] <http://www.repuve.gob.mx/docs/faq.pdf>.

- 
- [11] México inicia rastreo de vehículos (2010), [En línea] <http://www.rfidpoint.com/noticias-destacadas/mexico-inicia-rastreo-de-automoviles/>.
- [12] RFID Point (2010), [En línea] <http://www.rfidpoint.com/casos-de-exito/ganadera-sofia-controla-sus-vacunos-con-tecnologia-electronica-de-punta/>.
- [13] Entrevista a Bruno Baron (2010), [En línea] <http://www.rfidpoint.com/regiones-y-paises/europa/entrevista-a-bruno-baron-picdi>.
- [14] Difference between (2010), [En línea] <http://www.differencebetween.net/technology/difference-between-rfid-and-nfc/>.
- [15] Xacate móvil (2010), [En línea] <http://www.xataka.com/moviles/todos-los-smartphones-nokia-soportaran-la-tecnologia-nfc-en-2011>.

# 3

## Arquitectura de un sistema RFID

Antes de comenzar con el proyecto en sí, es necesario analizar unas de las piezas más importantes del sistema, el lector y las etiquetas RFID, al estudiar los aspectos generales de esta tecnología se pretende comprender mejor su funcionamiento y diferentes modalidades para seleccionar los estándares más adecuados para la aplicación deseada.

Los elementos más básicos de un sistema RFID son dos: Las etiquetas, que son el elemento que porta la identidad de algún objeto o persona; y los lectores, que son los encargados de leer la información almacenada en la tarjeta.

Con algunos sistemas RFID se pueden realizar lecturas de varias etiquetas de manera simultanea, con lo que se eficienta el proceso de identificación. Además, es importante resaltar, el hecho de no requerir línea de vista entre el lector y la etiqueta.

En la siguiente figura se puede apreciar un diagrama sencillo del funcionamiento de un sistema RFID en tres pasos básicos:

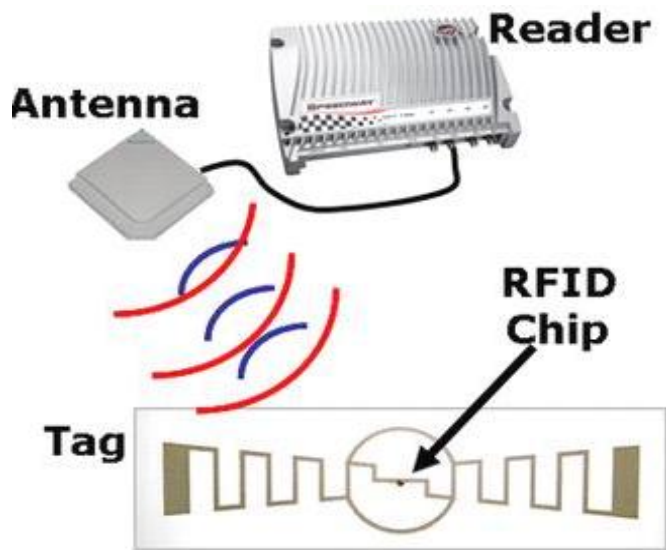


ILUSTRACIÓN 3-1: SISTEMA RFID

1. El interrogador o lector, que es controlado mediante un software, constantemente envía un código mediante radiofrecuencia para verificar si hay alguna etiqueta cerca.
2. Si la tarjeta recibe las ondas de radio, éstas energizan el chip que regresa al lector la información previamente solicitada y que están almacenadas en la memoria.
3. Por último el lector, mediante un software, procesa los datos de la manera que sea conveniente y como haya sido configurado, ya sea para desplegar la información en una pantalla, almacenarlos en una base de datos, etc.

Como se mencionó anteriormente, podemos encontrar lectores que son capaces de leer varias etiquetas RFID al mismo tiempo, ya que cuentan con un sistema de anticollisiones. En caso de que se presente una colisión, el lector la detecta y detiene la transmisión de las etiquetas durante un tiempo muy corto. En seguida solicita el ID de cada tarjeta en tiempos distintos para evitar una nueva colisión.

Para la creación de un sistema RFID debemos considerar los siguientes factores:

- El rango de alcance de comunicación entre lector y etiqueta
- La cantidad de información que puede almacenar la etiqueta.
- La velocidad de transmisión de datos entre lector y etiqueta.
- El tamaño físico de la etiqueta.
- La habilidad del lector para leer varias etiquetas a la vez.
- La robustez que ofrece frente a posibles interferencias.

## **Etiquetas RFID**

Una etiqueta RFID o transponder es un microchip combinado con una antena en un paquete compacto, de tal manera que éste pueda ser unido al objeto a rastrear. La antena de la etiqueta recoge señales de un lector RFID o scanner y regresa la señal, usualmente con algo de información adicional (como un serial único u otra información personalizada) Las etiquetas RFID pueden ser del tamaño de un grano de arroz o de un pequeño libro de bolsillo.

Las características que comparten las etiquetas son:

- Una memoria no volátil donde se almacenan los datos.
- Una memoria ROM donde se almacenan instrucciones básicas para su funcionamiento (temporizadores, controladores de flujo de datos, etc).
- Memoria RAM para almacenar datos durante la comunicación con el lector.
- Una antena con la que se detecta el campo creado por el lector, y con el cual se energiza para poder comunicarse.

Existen 3 tipos de etiquetas: activas, pasivas y semipasivas. El tamaño de éstas depende del tamaño de la antena, el cual se incrementa con el rango y disminuye con la frecuencia. [1]

## Etiquetas activas

Estas etiquetas poseen su propia fuente autónoma de energía, que utilizan para dar corriente a sus circuitos integrados y propagar su señal al lector. Estas etiquetas son mucho más fiables (tienen menos errores) que las pasivas debido a su capacidad de establecer sesiones con el lector. Gracias a su fuente de energía son capaces de transmitir señales más potentes que las de las etiquetas pasivas, lo que les lleva a ser más eficientes en entornos difíciles para la radiofrecuencia como el agua (incluyendo humanos y ganado, formados en su mayoría por agua), metal (contenedores, vehículos). También son efectivos a distancias mayores pudiendo generar respuestas claras a partir de recepciones débiles. Por el contrario, suelen ser de mayor tamaño y más caras, y su vida útil es en general mucho más corta.

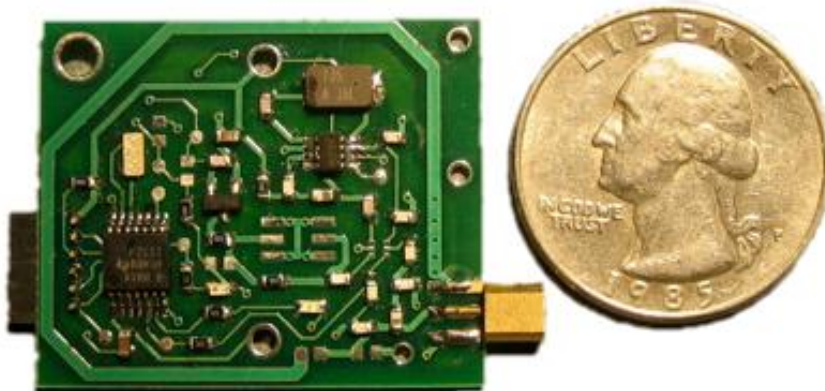


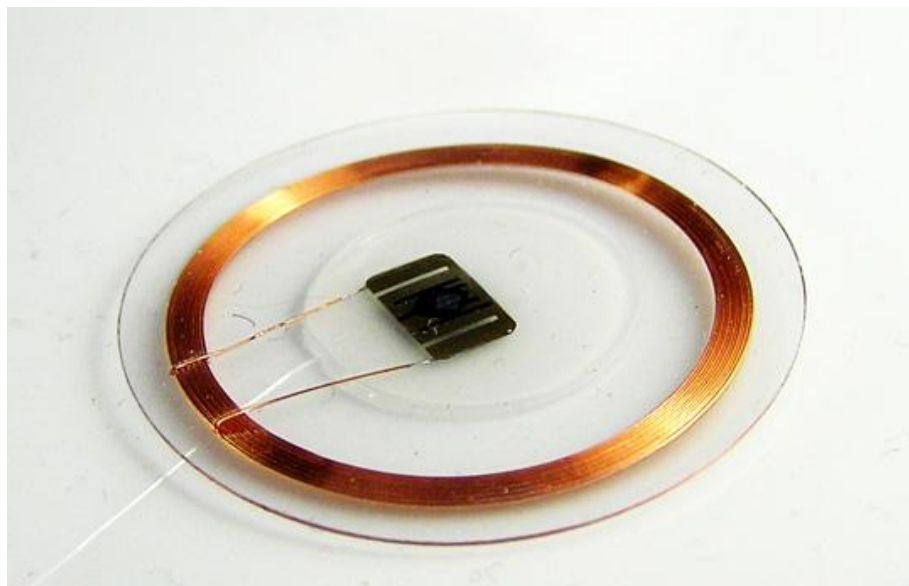
ILUSTRACIÓN 3-2: ETIQUETA RFID ACTIVA

Muchas etiquetas activas tienen rangos efectivos de cientos de metros y una vida útil de sus baterías de hasta 10 años. Algunas de ellas integran sensores de registro de temperatura y otras variables que pueden usarse para monitorizar entornos de alimentación o productos farmacéuticos. Otros sensores asociados con ARFID incluyen humedad, vibración, luz, radiación, temperatura y componentes atmosféricos como el etileno. Las etiquetas activas, además de tener un rango mucho mayor (500 m), tienen capacidades de almacenamiento

mayores y la habilidad de guardar información adicional enviada por el transceptor.

### **Etiquetas pasivas**

Las etiquetas pasivas no poseen alimentación eléctrica. La señal que les llega de los lectores induce una corriente eléctrica pequeña y que es suficiente para operar el circuito integrado CMOS de la etiqueta, de forma que puede generar y transmitir una respuesta. La mayoría de las etiquetas pasivas utiliza retrodispersión sobre la portadora recibida; esto es, la antena ha de estar diseñada para obtener la energía necesaria para funcionar a la vez que para transmitir la respuesta por retrodispersión. Esta respuesta puede ser cualquier tipo de información, no sólo un código identificador. Una etiqueta puede incluir memoria no volátil, posiblemente re-escribible (por ejemplo EEPROM).



**ILUSTRACIÓN 3-3: ETIQUETA RFID PASIVA**

Las etiquetas pasivas suelen tener distancias de uso práctico comprendidas entre los 10 cm (ISO 14443) y llegando hasta unos pocos metros (EPC e ISO 18000-6), según la frecuencia de funcionamiento y el diseño y tamaño de la antena. Por su sencillez conceptual, son obtenibles por medio de un proceso de impresión de las antenas. Como no precisan de alimentación energética, el dispositivo puede

resultar muy pequeño: pueden incluirse en una estampa o insertarse bajo la piel (etiquetas de baja frecuencia).

### Etiquetas semipasivas (o semiactivas)

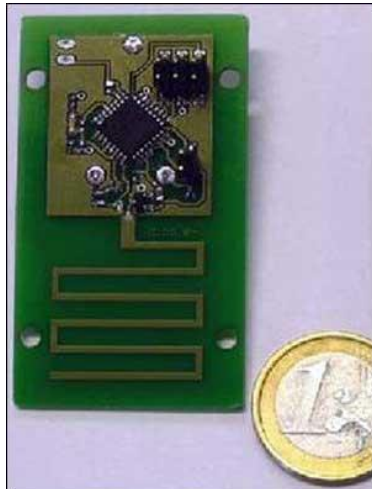


ILUSTRACIÓN 3-4: ETIQUETA RFID SEMIPASIVA

Las etiquetas RFID semi-pasivas son muy similares a las pasivas, salvo que incorporan además una pequeña batería. Esta batería permite al circuito integrado de la etiqueta estar constantemente alimentado. Además, elimina la necesidad de diseñar una antena para recoger potencia de una señal entrante. Por ello, las antenas pueden ser optimizadas para la señal de *retrodispersión*. Las etiquetas RFID semi-pasivas responden más rápidamente, por lo que son más eficientes en el radio de lectura comparadas con las etiquetas pasivas.

En las siguientes tablas se pueden apreciar las ventajas y desventajas de las etiquetas pasivas y las activas.

TABLA 3-1: VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS ETIQUETAS PASIVAS

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• La etiqueta funciona sin batería, por lo que su vida útil es de 20 años o más.</li> <li>• La fabricación de estas etiquetas es mucho más barata.</li> <li>• La etiqueta puede ser muy pequeña, por lo que tiene muchas aplicaciones en bienes de consumo y otras áreas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La etiqueta puede ser leída sólo a cortas distancias. Esto limita en gran forma sus aplicaciones.</li> <li>• No pueden implementar sensores que usen electricidad para alimentarse.</li> <li>• La etiqueta puede ser leída, incluso después de que de que el producto ha sido vendido y ya no es rastreado.</li> </ul>



**TABLA 3-2: VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS ETIQUETAS ACTIVAS**

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pueden ser leídas a distancias de alrededor de 30 metros, mejorando en gran manera la utilidad del dispositivo.</li> <li>• Pueden tener otros sensores que pueden usar la electricidad para alimentarse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La etiqueta no puede funcionar sin la batería, por lo que se limita su tiempo de vida.</li> <li>• Generalmente son más costosas.</li> <li>• Físicamente son más grandes, lo que las limita en aplicaciones.</li> <li>• El mantenimiento puede ser más costoso que el de una etiqueta pasiva si se reemplaza la batería.</li> <li>• Si tiene la batería baja se pueden obtener lecturas erróneas.</li> </ul>

### **Etiquetas de lectura y lectura/escritura**

Las etiquetas pueden ser de sólo lectura o de lectura-escritura.

Las tarjetas de sólo lectura son aquellas que durante su fabricación o bien, antes de su primer uso, han sido programadas con un código de identificación único y que la información que contienen no puede ser cambiada.

Con las tarjetas de lectura-escritura se tiene la posibilidad de cambiar los datos que contiene la tarjeta, incluso pueden ser modificados cada vez que ocurre determinado evento, por lo que son adecuadas para aplicaciones que requieren información variable.

## Frecuencia y velocidades de transmisión

Las etiquetas RFID se pueden clasificar de acuerdo al rango de frecuencia en que operan:

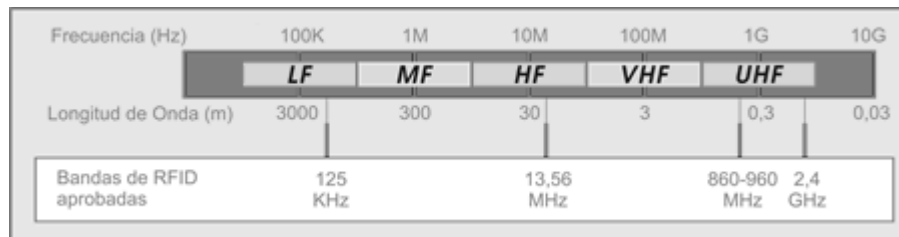


ILUSTRACIÓN 3-5: FRECUENCIAS UTILIZADAS POR TECNOLOGÍA RFID

En la siguiente tabla se indican las frecuencias y algunas características de las etiquetas RFID.

TABLA 3-3: FRECUENCIAS Y CARACTERÍSTICAS DE LAS ETIQUETAS RFID

Banda	LF – Baja Frecuencia	HF – Alta Frecuencia	UHF – Ultra Alta Frecuencia	Microondas
<b>Frecuencia</b>	30 – 300kHz	3 – 30 MHz	300MHz – 3GHz	2 – 30 GHz
<b>Frecuencias típicas de RFID</b>	125 – 134 kHz	13.56 MHz	433 MHz o 865 – 956 MHz 2.45 GHz	2.45 GHz
<b>Rango aproximado de lectura</b>	Menor a 0.5 metros	Hasta 1.5 metros	433 MHz -> Hasta 100 metros 865 – 956 MHz -> hasta 5 metros	Hasta 10 metros
<b>Tasa de transferencia de datos típica</b>	Menos de 1 kilobit por segundo (kbit/s)	Aproximadamente 25 kbit/s	433 – 956 -> 30 kbit/s 2.45 -> 100 kbit/s	Hasta 100 kbit/s

<b>Banda</b>	<b>LF – Baja Frecuencia</b>	<b>HF – Alta Frecuencia</b>	<b>UHF – Ultra Alta Frecuencia</b>	<b>Microondas</b>
<b>Características</b>	Rango corto, baja tasa de transferencia de datos, penetra agua pero no el metal.	Rangos más altos, Tasa de transferencia de datos razonable (similar a la de un teléfono GSM), penetra el agua pero no el metal.	Rangos grandes, alta tasa de transferencia de datos, lectura simultánea de hasta 100 artículos, no penetra ni el agua ni metales.	Alto rango, alta tasa de transferencia de datos, no penetra ni el agua ni metales.
<b>Uso típico</b>	Identificación de animales, inmovilizador de automóviles	Etiquetas inteligentes, tarjetas que no requieren contacto, tarjetas de viaje, acceso y seguridad	Rastreo especial de animales, logística	Casetas de cobro

### **Lector/escritor de tarjetas RFID.**

Los lectores son los dispositivos capaces de leer/escribir datos desde/a las etiquetas por medio de una antena. Se pueden encontrar en varias formas, ya sean móviles, portátiles o fijos, sin embargo todos tienen puertos de entrada y salida. La mayoría de las veces soportan varios protocolos de comunicación como son el EPCGen1 e ISO. Se encargan de realizar las funciones de anticolisiones, filtrado y gestión de lectura. [2]

Los lectores pueden ser de dos tipos:

Sistemas con bobina simple, que sirve para transmitir tanto la energía como los datos. Son más sencillos y económicos pero tienen menor alcance.

Sistemas interrogadores con dos bobinas, una para transmitir energía y otra para los datos. Son más caros que los anteriores.

La comunicación entre lector y etiqueta se puede resumir en tres fases:

- El lector energiza la etiqueta en caso de ser pasiva.
- El lector envía comandos para la interrogación de la etiqueta en el campo.
- El lector escucha la respuesta de la etiqueta.
- El lector comunica el resultado de la etiqueta al software aplicativo.

## **Estándares**

Como en muchas otras tecnologías, en RFID también hay estándares. Éstos, como cualquier otro estándar, permiten a los fabricantes crear el mismo producto para una variedad de mercados [3].

Los estándares RFID también permiten que los productos de diferentes fabricantes puedan interactuar entre sí.

Existen dos principales cuerpos internacionales de estandarización:

- ISO – Organización Internacional de Estandarización
- EPCglobal – Código Global Electrónico de Producto

Aun cuando estas dos organizaciones proveen los principales estándares de RFID, hay muchos otros estándares que aplican a áreas específicas de RFID.

La ISO es la organización de estandarización con más tiempo de haber sido establecida. En 1996 reunió un comité con la Comisión Electrotécnica Internacional para buscar el estándar de la tecnología RFID.

Los estándares ISO de RFID se dividieron en varias categorías dependiendo de la aplicación que se les fuera a dar. Entre ellas están: interfaz de aire y protocolos asociados; contenido de datos y el formato; pruebas de conformidad; aplicaciones; y varias áreas pequeñas más.

Por otro lado tenemos los estándares de EPC Global. En 1999 varias compañías industriales junto con el MIT establecieron un consorcio conocido como el

consorcio de Auto-identificación con la meta de la investigación y estandarización de la tecnología RFID.

En 2003 esta organización se dividió y con la mayoría de las actividades de estandarización se creó una nueva entidad llamada EPCglobal, mientras que el centro de Auto-ID retuvo sus actividades asociadas con la investigación de las tecnologías RFID.

### **Estándares de Auto-ID**

Para ser capaces de estandarizar las etiquetas RFID, el Centro de Auto-Identificación ideó una serie de clases para las etiquetas RFID. Dichas clases se describen a continuación:

**Clase 0:** Etiqueta pasiva básica de solo lectura que usa retrodispersión. La etiqueta fue programada en el mismo momento en que el chip fue hecho.

**Clase 1:** Etiqueta pasiva básica de solo lectura que usa retrodispersión con una memoria no volátil programable una sola vez.

**Clase 2:** Etiqueta pasiva que utiliza retrodispersión con hasta 65k de memoria de escritura.

**Clase 3:** Etiqueta semipasiva con hasta 65k de memoria de escritura y una batería incorporada para incrementar el rango.

**Clase 4:** Etiqueta activa que usa una batería para permitir funcionalidades extras dentro de la etiqueta y además proporcionar la energía para la transmisión.

**Clase 5:** Etiqueta activa que cuenta con una circuitería adicional para comunicarse con otras etiquetas clase 5.

## Estándar RFID Gen2

En 2004 EPCglobal comenzó la creación de una segunda generación de protocolo, conocida como EPCglobal Gen2. Aunque este estándar no es retrocompatible con las etiquetas clase 0 y 1, tiene la finalidad de proveer un estándar RFID mundial para las etiquetas que sea compatible con los estándares ISO.

## Tabla de estándares ISO

Algunos de los principales estándares se enlistan en la siguiente tabla:

**TABLA 3-4: ALGUNOS ESTÁNDARES RFID**

<b>Estándar RFID</b>	<b>Detalles</b>
<b>ISO 10536</b>	Estándar ISO RFID para tarjetas de acoplamiento
<b>ISO 11784</b>	Estándar ISO RFID que define la forma en que están estructurados los datos en una etiqueta RFID
<b>ISO 11785</b>	Estándar ISO RFID que define el protocolo de interfaz de aire
<b>ISO 14443</b>	Estándar ISO RFID que provee las definiciones para el protocolo de interfaz de aire para las etiquetas RFID que son usadas en sistemas de proximidad – dirigidas para uso de sistemas de pagos
<b>ISO 15459</b>	Identificador único para unidades de transporte (Usados en la gestión de cadenas de suministros).
<b>ISO 15693</b>	Estándar ISO RFID para uso con lo que se denominan tarjetas de proximidad.
<b>ISO 15961</b>	Estándar ISO RFID para la gestión de artículos (incluye interfaz de aplicación (parte 1), registro de construcciones de datos RFID (parte 2) y construcciones de datos RFID (parte 3)-
<b>ISO 15962</b>	Estándar RFID para gestión de artículos – reglas de codificación de datos y funciones lógicas de memoria.

<b>Estándar RFID</b>	<b>Detalles</b>
<b>ISO 16963</b>	Estándar ISO RFID para la gestión de artículos – Identificador único o etiqueta RF
<b>ISO 18000</b>	Estándar ISO RFID para la interfaz de aire para las frecuencias RFID alrededor del mundo.
<b>ISO 18001</b>	RFID para gestión de artículos – perfiles de requerimientos de la aplicación
<b>ISO 18046</b>	Métodos de prueba de desempeño de etiquetas RFID e interrogadores
<b>ISO 18047</b>	El estándar ISO RFID que define las pruebas incluyendo pruebas de conformidad de etiquetas y lectores.
<b>ISO 24710</b>	Tecnología de información, identificación automática y técnicas de captura de datos – RFID para gestión de artículos – Etiqueta elementaria con la funcionalidad de placas para la interfaz de aire del ISO 18000
<b>ISO 24729</b>	Directrices para la implementación de RFID – parte 1: Etiquetas habilitadas para RFID, parte 2: Reciclaje de etiquetas RF; parte 3: Interrogador RFID / instalación de la antena.
<b>ISO 24730</b>	Sistema de localización en tiempo real con RFID: Parte 1: Interfaz de programación de la aplicación (API); Parte 2: 2.4GHz; Parte 3: 433MHz; Parte 4: Sistemas de posicionamiento global.
<b>ISO 24752</b>	Protocolo de gestión de sistema para identificación automática y captura de datos utilizando RFID
<b>ISO 24753</b>	Comandos de interfaz de aire para asistir a la batería y sensores de funcionalidad
<b>ISO 24769</b>	Métodos de pruebas de conformidad para dispositivos de Sistemas de localización en tiempo real (RTLS)
<b>ISO 24770</b>	Métodos de pruebas de desempeño para dispositivos de Sistemas de localización en tiempo real (RTLS)

## Estándares RFID de la serie ISO 18000

Los estándares ISO 18000 son una serie de estándares que definen la interfaz de aire para las diferentes frecuencias usadas por RFID alrededor de mundo. En total son 7 estándares dentro de la serie del ISO 18000, mismas que se enlistan enseguida:

**TABLA 3-5: ESTÁNDARES DE LA SERIE ISO 18000**

<b>Estándar ISO 18000</b>	<b>Detalles del estándar particular de la serie ISO 18000</b>
<b>ISO 18000-V1</b>	Parámetros generales para las interfaces de aire para las frecuencias globalmente aceptadas
<b>ISO 18000-V2</b>	Interfaz de aire para 135 KHz
<b>ISO 18000-V3</b>	Interfaz de aire para 13.56 MHz
<b>ISO 18000-V4</b>	Interfaz de aire para 2.45 GHz
<b>ISO 18000-V5</b>	Interfaz de aire para 5.8 GHz
<b>ISO 18000-V6</b>	Interfaz de aire para 860 MHz a 930 MHz
<b>ISO 18000-V7</b>	Interfaz de aire a 433.92 MHz

## Codificación

Para la comunicación entre el lector y las etiquetas se define dentro del ISO 14443[4], en el cual se utilizan dos tipos de codificaciones las cuales se detallan a continuación:



### Tipo A:

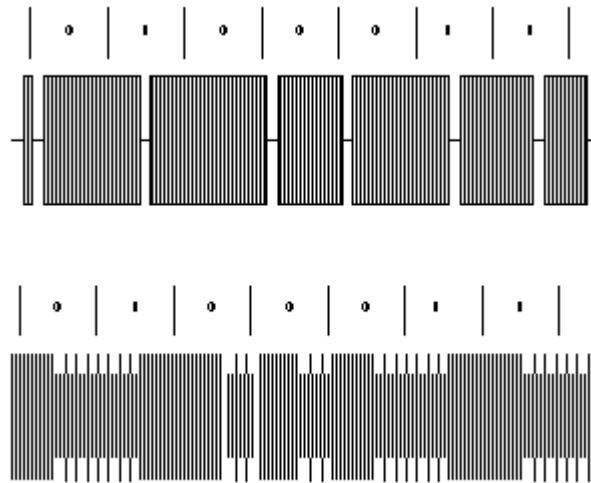


ILUSTRACIÓN 3-6: CODIFICACIÓN DE BAJADA Y SUBIDA TIPO A

- Enlace de bajada: ASK 100%, código Miller modificado, 106 Kbit/s
- Enlace de subida: Modulación ASK con subportadora de 847 KHz, codificación Manchester, 106 Kbit/s
- Anticolisión: Árbol de búsqueda binaria.

### Tipo B

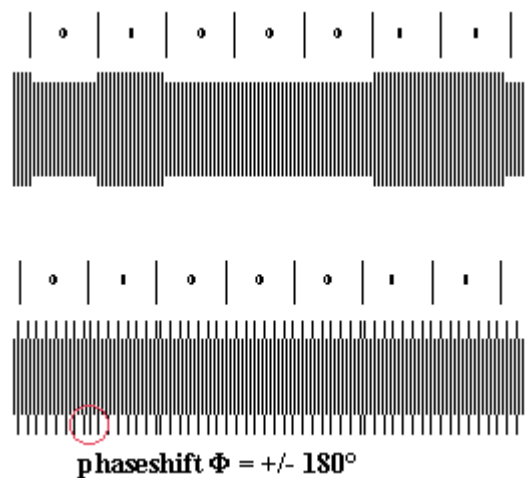


ILUSTRACIÓN 3-7: CODIFICACION DE BAJADA Y SUBIDA TIPO B

- Enlace de bajada: ASK 10%, Codificación NRZ, 106 Kbit/s
- Enlace de subida: Modulaci3n BPSK con subportadora de 847 KHZ, codificaci3n NRZ, 106 Kbit/s
- Anticolisi3n: Aloha ranurado

Despu3s de haber analizado la tecnolog3a RFID existente nos enfocamos al est3ndar ISO 18000-V3, el cual se ha elegido para el proyecto debido a que es altamente comercial y su distancia de operaci3n (no mayor a un metro) es muy apropiada para nuestra aplicaci3n en particular.

De igual forma utilizamos etiquetas pasivas con ISO 14443A debido a su reducido costo y tama1o, lo que las hace adecuadas para uso personal.

En el siguiente cap3tulo se detalla la tecnolog3a utilizada en la segunda parte del proyecto que consta del servidor web, comenzando con una introducci3n a redes de comunicaciones que es la base para entender el funcionamiento general del sistema que servir3 como interfaz entre el usuario y la tecnolog3a RFID.

#### Referencias.

[1] WaleedSorour, *RFID Tags*, 2009.

[2] WaleedSorour, *RFID Reader*, 2009.

[3]Radio Electronics(2010), *RFID Standards* [En linea], <http://www.radio-electronics.com/info/wireless/radio-frequency-identification-rfid/iso-epcglobal-iec-standards.php>

[4] Klaus Finkenzeller, *RFID-Handbook*, Wiley & Sons LTD, 3era edici3n, 2010.

# 4

## Introducción a redes

En este proyecto se pretende crear una interfaz en línea para el control de acceso RFID por lo que es necesario comprender el funcionamiento general de la Internet. Es por ello que en este capítulo abordaremos el tema que concierne al conjunto de protocolos TCP/IP así como algunas de sus funcionalidades básicas y las diversas capas que lo conforman.

En el mundo actual la necesidad de compartir información con mayor rapidez ha hecho que todos los procesos que se realizaban antes de manera manual ahora tiendan a automatizarse, ya que esto permite un rápido acceso a los datos a través de un sistema digital, con lo que se pueden enviar información a través de una red de comunicación, incrementando la productividad, confiabilidad y reduciendo costos.

Básicamente, una red de comunicaciones es un conjunto de dispositivos que intercambian información, ya sea para ofrecer un servicio, control a distancia, realizar mediciones o simplemente mejorar la comunicación humana.

La más importante red de comunicaciones en la actualidad es la Internet, es por ello que es necesario comprender su funcionamiento que se encuentra basado en la topología denominada TCP/IP.

### Modelo OSI

El modelo de interconexión de sistemas abiertos, también llamado OSI (en inglés Open System Interconnection) es el modelo de red descriptivo creado por la Organización Internacional para la Estandarización en el año 1984. Es decir, es un

marco de referencia para la definición de arquitecturas de interconexión de sistemas de comunicaciones. Aunque cabe mencionar que solo sirve de referencia ya que en la actualidad no ha sido implementado en su totalidad, solo algunas porciones del mismo.

Este modelo se divide en 7 capas que se enlistan a continuación.



**ILUSTRACIÓN 4-1: MODELO OSI**

### **Capa física**

Es la que se encarga de las conexiones físicas de la computadora hacia la red, tanto en lo que se refiere al medio físico como a la forma en la que se transmite la información.

Sus principales funciones se pueden resumir como:

- Definir el medio o medios físicos por los que va a viajar la comunicación: cable de pares trenzados (u otros cables de pares no trenzados, como en RS232/EIA232), coaxial, guías de onda, aire, fibra óptica.
- Definir las características materiales (componentes y conectores mecánicos) y eléctricas (niveles de tensión) que se van a usar en la transmisión de los datos por los medios físicos.
- Transmitir el flujo de bits a través del medio.
- Manejar las señales eléctricas del medio de transmisión, polos en un enchufe, etc.

### **Capa de enlace de datos**

Esta capa se ocupa del direccionamiento físico, de la topología de la red, del acceso al medio, de la detección de errores, de la distribución ordenada de tramas y del control del flujo.

Como objetivo o tarea principal, la capa de enlace de datos se encarga de tomar una transmisión de datos “cruda” y transformarla en un flujo de datos libre de errores de transmisión para la capa de red. Este proceso se lleva a cabo dividiendo los datos de entrada en marcos (también llamados tramas) de datos (de unos cuantos cientos de bytes), transmite los marcos en forma secuencial, y procesa los marcos de estado que envía el nodo destino.

En esta sección se encuentra la capa MAC o capa de control de acceso al medio que es el conjunto de mecanismos y protocolos por los que varios "interlocutores" (dispositivos en una red, como computadoras, teléfonos móviles, etc.) se ponen de acuerdo para compartir un medio de transmisión común (por lo general, un cable eléctrico u óptico, o en comunicaciones inalámbricas el rango de frecuencias asignado a su sistema).

### **Capa de red**

El objetivo de la capa de red es hacer que los datos lleguen desde el origen al destino, aun cuando ambos no estén conectados directamente. Los dispositivos

que facilitan tal tarea se denominan encaminadores, aunque es más frecuente encontrar el nombre inglés routers y, en ocasiones enrutadores. Los routers trabajan en esta capa, aunque pueden actuar, en determinados casos, como conmutador o switch de nivel 2, es decir, en la capa de enlace de datos, dependiendo de la función que se le asigne. Los firewalls actúan sobre esta capa principalmente, para descartar direcciones de máquinas.

En este nivel se realiza el direccionamiento lógico y la determinación de la ruta de los datos hasta su receptor final.

### **Capa de transporte**

Capa encargada de efectuar el transporte de los datos (que se encuentran dentro del paquete) de la máquina origen a la de destino, independientemente del tipo de red física que se esté utilizando. La PDU (Unidad de Datos de Protocolo por sus siglas en inglés) de la capa 4 se llama Segmento o Datagrama, dependiendo de si corresponde a TCP o UDP. Sus protocolos son TCP y UDP; el primero orientado a conexión y el otro sin conexión. Trabajan, por lo tanto, con puertos lógicos y junto con la capa red dan forma a los conocidos Sockets dirección IP:Puerto (192.168.1.1:80).

### **Capa de sesión**

Esta capa es la que se encarga de mantener y controlar el enlace establecido entre dos computadoras que están transmitiendo datos de cualquier índole. Por lo tanto, el servicio provisto por esta capa es la capacidad de asegurar que, dada una sesión establecida entre dos máquinas, la misma se pueda efectuar para las operaciones definidas de principio a fin, reanudándolas en caso de interrupción. En muchos casos, los servicios de la capa de sesión son parcial o totalmente prescindibles.

### **Capa de presentación**

El objetivo es encargarse de la representación de la información, de manera que aunque distintos equipos puedan tener diferentes representaciones internas de caracteres los datos lleguen de manera reconocible.

Esta capa es la primera en trabajar más el contenido de la comunicación que el cómo se establece la misma. En ella se tratan aspectos tales como la semántica y la sintaxis de los datos transmitidos, ya que distintas computadoras pueden tener diferentes formas de manejarlas.

Esta capa también permite cifrar los datos y comprimirlos. Por lo tanto, podría decirse que esta capa actúa como un traductor.

### **Capa de aplicación**

Ofrece a las aplicaciones la posibilidad de acceder a los servicios de las demás capas y define los protocolos que utilizan las aplicaciones para intercambiar datos, como correo electrónico (POP y SMTP), gestores de bases de datos y servidor de archivos (FTP), por UDP pueden viajar (DNS y Routing Information Protocol). Hay tantos protocolos como aplicaciones distintas y puesto que continuamente se desarrollan nuevas aplicaciones el número de protocolos crece sin parar.

### **TCP/IP**

Aunque basado en el modelo OSI, podemos decir que el modelo TCP/IP simplifica su funcionamiento a solo cuatro capas o niveles, cada nivel se encarga de determinados aspectos de la comunicación y a su vez brinda un servicio específico a la capa superior. Estas capas son:

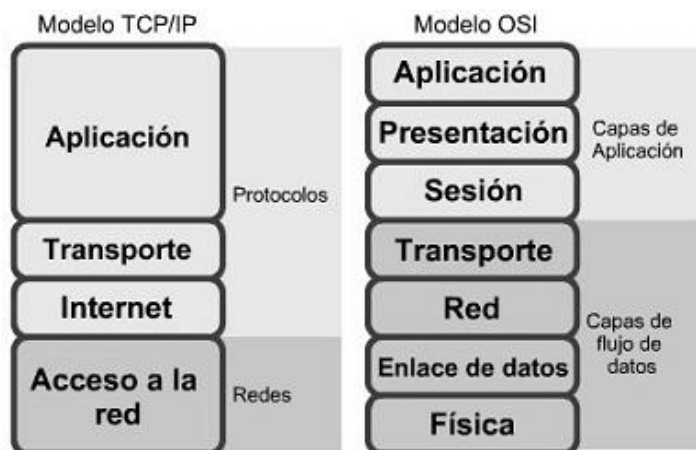


ILUSTRACIÓN 4-2: MODELO TCP/IP VS OSI

## Aplicación

Define los protocolos de aplicación TCP/IP y cómo se conectan los programas de host a los servicios del nivel de transporte para utilizar la red.

Algunos ejemplos de los protocolos que utiliza son:

- HTTP

Es un protocolo sin estado, es decir, que no guarda ninguna información sobre conexiones anteriores. El desarrollo de aplicaciones web necesita frecuentemente mantener estado. Para esto se usan las cookies, que es información que un servidor puede almacenar en el sistema cliente. Esto le permite a las aplicaciones web instituir la noción de "sesión", y también permite rastrear usuarios ya que las cookies pueden guardarse en el cliente por tiempo indeterminado.

- Telnet

Es el nombre de un protocolo de red que sirve para acceder mediante una red a otra máquina para manejarla remotamente como si estuviéramos sentados delante de ella.



- FTP

Protocolo de red para la transferencia de archivos entre sistemas conectados a una red TCP (Transmission Control Protocol), basado en la arquitectura cliente-servidor. Desde un equipo cliente se puede conectar a un servidor para descargar archivos desde él o para enviarle archivos, independientemente del sistema operativo utilizado en cada equipo.

- SNMP

El Protocolo Simple de Administración de Red facilita el intercambio de información de administración entre dispositivos de red. SNMP permite a los administradores supervisar el funcionamiento de la red, buscar y resolver sus problemas, y planear su crecimiento.

- DNS

Domain Name System o sistema de nombres de dominio, en español, es un sistema de nomenclatura jerárquica para computadoras, servicios o cualquier recurso conectado a Internet o a una red privada. Este sistema asocia información variada con nombres de dominios asignado a cada uno de los participantes. Su función más importante, es traducir (resolver) nombres inteligibles para los humanos en identificadores binarios asociados con los equipos conectados a la red, esto con el propósito de poder localizar y direccionar estos equipos mundialmente.

- SMTP

El Protocolo Simple de Transferencia de Correo es un protocolo de red basado en texto utilizado para el intercambio de mensajes de correo electrónico entre computadoras u otros dispositivos.

- SNTP

Network Time Protocol (NTP) es un protocolo de Internet para sincronizar los relojes de los sistemas informáticos a través de ruteo de paquetes en redes con latencia variable. NTP utiliza UDP como su capa de transporte, usando el puerto 123. Está diseñado para resistir los efectos de la latencia variable.

Hay una forma menos compleja de NTP que no requiere almacenar la información respecto a las comunicaciones previas que se conoce como Protocolo Simple de Tiempo de Red ó SNTP. Ha ganado popularidad en dispositivos incrustados y en aplicaciones en las que no se necesita una gran precisión.

- Otros protocolos.

## **Transporte**

Permite administrar las sesiones de comunicación entre equipos host. Define el nivel de servicio y el estado de la conexión utilizada al transportar datos.

Los protocolos utilizados en esta capa son:

- TCP

EL Protocolo de Control de Transmisión o TCP, es uno de los protocolos fundamentales en Internet. El protocolo garantiza que los datos serán entregados en su destino sin errores y en el mismo orden en que se transmitieron. También proporciona un mecanismo para distinguir distintas aplicaciones dentro de una misma máquina, a través del concepto de puerto.

- UDP

El protocolo UDP (Protocolo de datagrama de usuario) es un protocolo no orientado a conexión de la capa de transporte del modelo TCP/IP. Este protocolo es muy simple ya que no proporciona detección de errores (no es un protocolo orientado a conexión). Tampoco tiene confirmación ni control de flujo, por lo que

los paquetes pueden adelantarse unos a otros; y tampoco se sabe si ha llegado correctamente, ya que no hay confirmación de entrega o recepción.

- RTP

Real-time Transport Protocol (Protocolo de Transporte de Tiempo real). Es un protocolo de nivel de sesión utilizado para la transmisión de información en tiempo real, como por ejemplo audio y vídeo en una video-conferencia.

## **Internet**

Empaqueta los datos en datagramas IP, que contienen información de las direcciones de origen y destino utilizada para reenviar los datagramas entre hosts y a través de redes. Realiza el enrutamiento de los datagramas IP.

- IP

El Protocolo de Internet es un protocolo no orientado a conexión usado tanto por el origen como por el destino para la comunicación de datos a través de una red de paquetes conmutados no fiable de mejor entrega posible sin garantías.

- ICMP

El Protocolo de Mensajes de Control de Internet o ICMP es el sub protocolo de control y notificación de errores del Protocolo de Internet (IP). Como tal, se usa para enviar mensajes de error, indicando por ejemplo que un servicio determinado no está disponible o que un router o host no puede ser localizado.

- ARP

El Address Resolution Protocol (Protocolo de resolución de direcciones) es el responsable de encontrar la dirección hardware (Ethernet MAC) que corresponde a una determinada dirección IP.

- DHCP

Sigla en inglés de Dynamic Host Configuration Protocol, Protocolo de configuración dinámica de host, es un protocolo de red que permite a los clientes de una red IP obtener sus parámetros de configuración automáticamente. Se trata de un protocolo de tipo cliente/servidor en el que generalmente un servidor posee una lista de direcciones IP dinámicas y las va asignando a los clientes conforme éstas van estando libres, sabiendo en todo momento quién ha estado en posesión de esa IP, cuánto tiempo la ha tenido y a quién se la ha asignado después.

### **Interfaz de red**

Especifica información detallada de cómo se envían físicamente los datos a través de la red, que incluye cómo se realiza la señalización eléctrica de los bits mediante los dispositivos de hardware que conectan directamente con un medio de red, como un cable coaxial, un cable de fibra óptica o un cable de cobre de par trenzado.

En esta capa se utiliza:

- Ethernet
- Token Ring
- FDDI
- X.25
- Frame Relay
- RS-232
- v.35
- ATM

Para visualizar mejor los protocolos dentro de las capas de TCP/IP tenemos el siguiente diagrama:

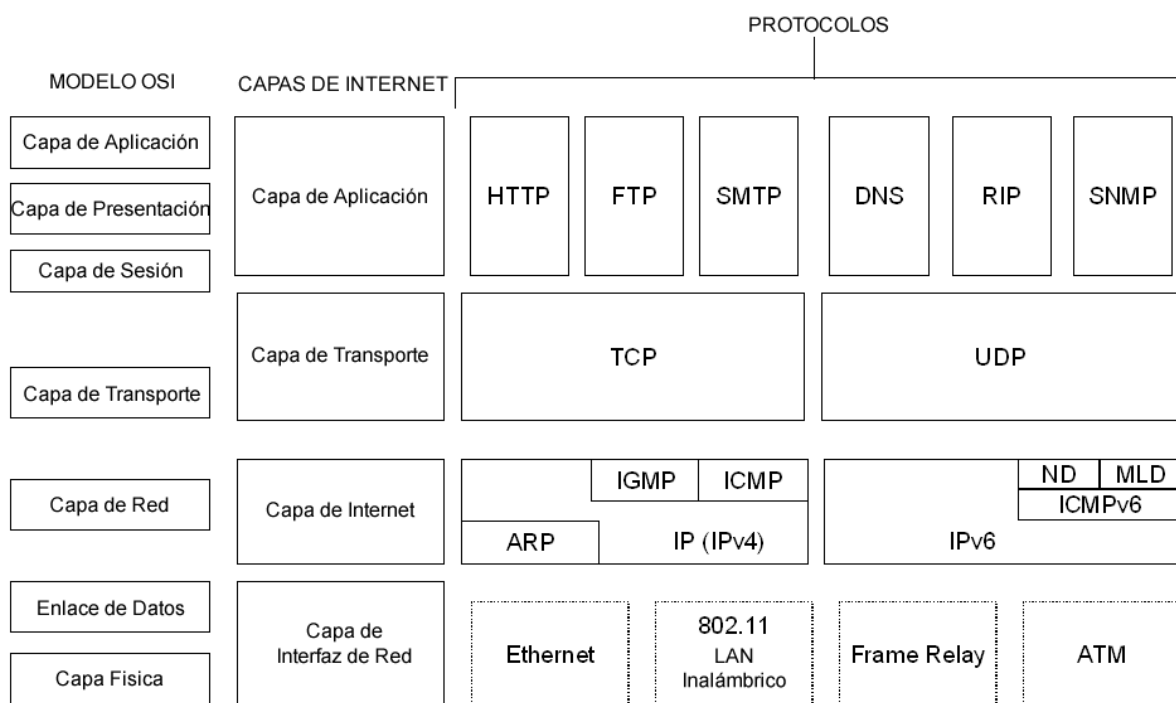


ILUSTRACIÓN 4-3: CAPAS Y PROTOCOLOS

## Dispositivos de red

En la capa de enlace físico tenemos los dispositivos que permiten la conexión de información; ya sea a través de un cable UTP o fibra óptica. En esta capa donde tienen su funcionalidad diversos dispositivos tales como: HUB, switch, servidores y las tarjetas de red que permiten la conexión de dispositivos host.

En seguida se muestra una pequeña descripción del funcionamiento de estos dispositivos.

- HUB

Un concentrador o HUB es un dispositivo que permite centralizar el cableado de una red y poder ampliarla. Esto significa que dicho dispositivo recibe una señal y repite esta señal emitiéndola por sus diferentes puertos.

- Switch

Su función es interconectar dos o más segmentos de red, de manera similar a los puentes de red, pasando datos de un segmento a otro de acuerdo con la dirección MAC de destino de las tramas en la red.

- Puentes

Estos interconectan dos segmentos de red (o dividen una red en segmentos) haciendo el pasaje de datos de una red hacia otra, con base en la dirección física de destino de cada paquete.

- Servidores

Es un dispositivo o proceso que, formando parte de una red, provee servicios a otras computadoras denominadas clientes.

- Cliente

El cliente es una aplicación informática o un dispositivo (celular, computadora, netbook, tablet pc, etc.) que accede a un servicio remoto, normalmente a través de una red de telecomunicaciones.

## **Servidor Web**

Una vez analizado el modelo básico de internet, podemos enfocarnos en el servidor web, que será el dispositivo implementado dentro del proyecto y que servirá como sistema de control para el módulo RFID.

Este servidor web será creado dentro de un PIC apoyándose de un circuito adaptador a Ethernet que podemos analizar con más detalle en el siguiente capítulo, sin embargo para que esto sea posible, será necesario implementar en software los protocolos de red, transporte y aplicación.

De igual forma para que el servidor web pueda acceder al internet global es necesario construir la capa física del dispositivo, la cual se unirá al módulo RFID, cuyas características y diseño se detallarán en el siguiente capítulo.

# 5

## Hardware

Para resolver nuestro problema es necesario contar con un lector capaz de leer y escribir etiquetas RFID. En este caso se utilizarán etiquetas del tipo credencial, las cuales proveerán la identificación de las personas a las que se les otorgue el acceso al laboratorio.

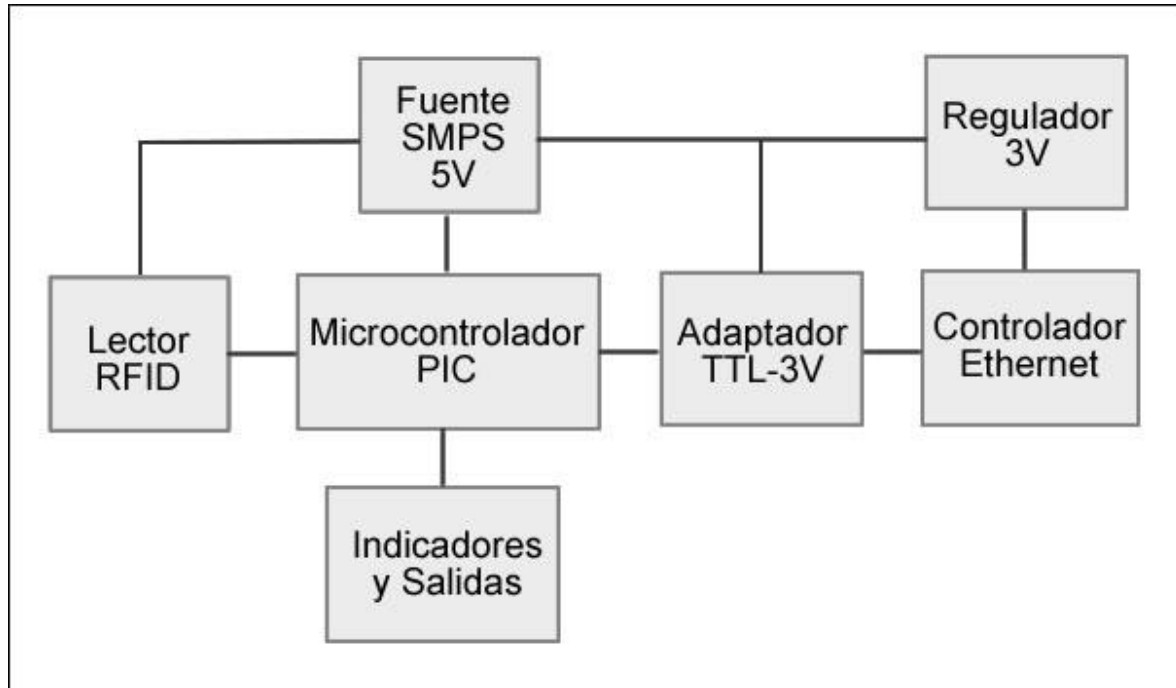
Además será necesario utilizar un sistema de control que permita incrementar la funcionalidad del lector RFID. De esta forma, implementado el lector junto a una cerradura eléctrica que se abrirá solo con las credenciales autorizadas, el control de acceso se llevará de una forma más completa.

Esto se pretende lograr a través de un microcontrolador PIC, el cual cuenta con una serie de puertos de entrada y salida, así como memoria suficiente para almacenar la información requerida por el sistema, y el registro de acceso de los usuarios, mismo que mediante una aplicación en línea pueda ser consultado por el administrador del sistema. Para ello es necesario utilizar una interfaz que conecte todo el sistema con la web, en este caso utilizando tecnología Ethernet.

Como en todo sistema electrónico, es necesario un sistema de alimentación. En este caso se utiliza un adaptador de la toma de corriente a los voltajes necesarios para los circuitos integrados (5 y 3 volts). Así como adaptadores que permitan la conexión entre dispositivos (Adaptador TTL).

Por último se necesita de una serie de indicadores que nos muestren de manera visual el funcionamiento general del sistema y salidas que, en su caso, se estarían conectando a otros dispositivos de seguridad ya sea una alarma, una puerta, etc.

El sistema desarrollado se puede representar mediante bloques para cada una de sus secciones.



**ILUSTRACIÓN 5-1: DIAGRAMA DE BLOQUES DE NUESTRO SISTEMA RFID**

A continuación se describirá más detalladamente cada bloque del sistema.

### **Módulo ID-20MFIA**

Una parte importante del sistema RFID es el lector ID-20MFIA fabricado por la empresa ID-INNOVATIONS, el cual cuenta con una antena interna.

Dicho transceptor incorpora un sistema “Reader Talks First” (RTF). Utiliza un enlace de 13.56MHz que está constantemente abierto, pero sólo se recibe una respuesta después de que se haya enviado una petición. Esto nos permite un mayor control de los datos que se recibirán, a diferencia de los sistemas “Transponder Talks First” (TTF) en donde la etiqueta envía continuamente un número de orden tan pronto como se activa en el campo, sin petición directa de los datos.

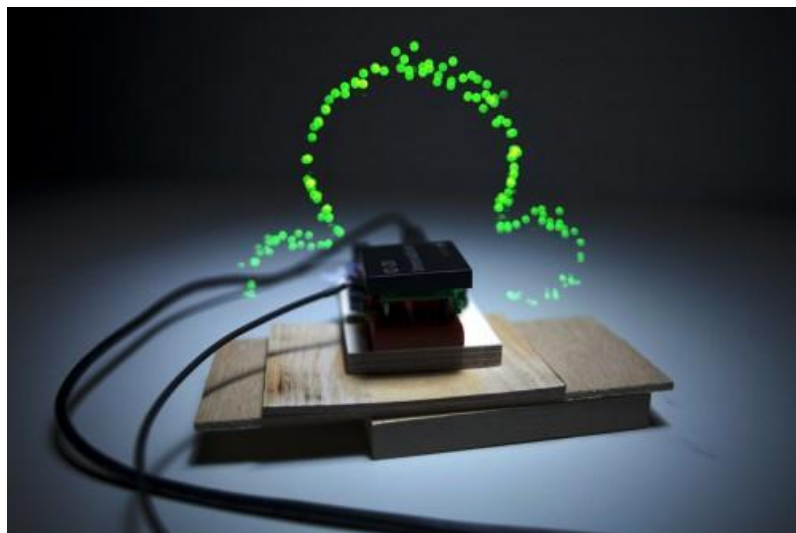


El módulo utilizado se basa en el lector Mifare IC. Se puede hacer funcionar con la antena interna que trae o implementando una antena externa para lograr un mayor alcance. Se controla mediante una UART.



**ILUSTRACIÓN 5-2: TRANSCEPTOR RFID**

Dicho lector cuenta con un patrón de radiación similar al que se muestra en la siguiente imagen:[1]



**ILUSTRACIÓN 5-3: PATRÓN DE RADIACIÓN DEL TRANSCEPTOR RFID**

Las características del módulo ID-20MFIA son las siguientes:

- Sistema a distancia, de lectura/escritura de una tarjeta inteligente (Tag)
- Frecuencia de 13.56 MHz
- Conexión a puerto serial por medio de una interfaz RS-232
- Soporte de escritura de protocolos estándar
- Modo de bajo consumo de corriente
- Manejo de comandos accesibles
- Utilización de un mínimo de conexiones y componentes
- Soporta tarjetas tipo A ISO/IEC14443, como las siguientes
  - MifareOne S50
  - MifareOne S
  - Mifare Ultra Light

## Dimensiones

Las dimensiones de este módulo se pueden observar en la siguiente imagen

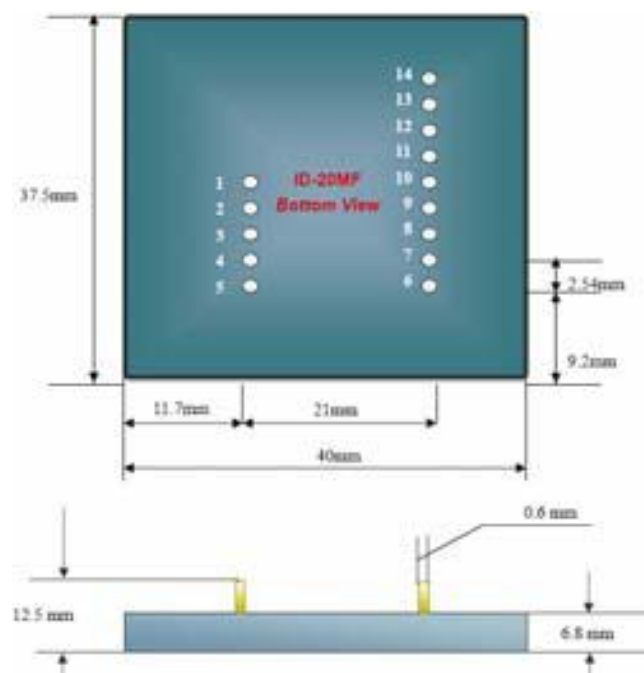


ILUSTRACIÓN 5-4: DIMENSIONES DEL MÓDULO RFID

## Especificaciones

La función de cada pin se describe en la siguiente tabla: [2]

**TABLA 5-1: DESCRIPCIÓN DE PINES DEL ID20-MFIA**

<b>Numero Pin</b>	<b>Definición de PIN</b>	<b>Función ASCII</b>
1	GND	GND
2	Antena Externa TX1	Antena Externa TX1
3	Antena Externa TX2	Antena Externa TX2
4	Antena Externa RX1	Antena Externa RX1
5	Tarjeta Presente	Sin Funcion
6	NC	NC
7	Selector de Formato	0V
8	Datos 1	Sin Funcion
9	Datos 2	Sin Funcion
10	LED	LED
11	NC	NC
12	Txd	TTL Rxd
13	Txd	TTL Txd
14	VDD	5V

El tipo de conexión que utiliza se muestra en la siguiente tabla:

**TABLA 5-2: CARACTERÍSTICAS DE CONEXIÓN DEL ID20-MFIA**

<b>Características de Comunicación Serial del ID-20MFIA en formato ASCII</b>	
Tasa de baudios	9600
Control de flujo	Ninguno
Bits de datos	8
Bits de parada	1

La trama completa de comunicación del lector RFID se detalla a continuación:

**TABLA 5-3: TRAMA COMPLETA DE COMUNICACIÓN DEL ID-20MFIA**

<b>Nombre</b>	<b>Stx</b>	<b>Id/Remain</b>	<b>Mensaje enviado y/o recibido</b>	<b>Checksum</b>	<b>Etx</b>
Valor Longitud	0x02	0x01	Ver tabla de comandos	Suma XOR de los caracteres anteriores	0x03
	Inicio de trama				Final de trama

Una tabla de los comandos utilizados por el lector en este proyecto en particular se muestra enseguida:[3]

**TABLA 5-4: TABLA DE COMANDOS DEL ID-20MFIA**

Tipo de Comando	Función	Mensaje Enviado				Mensaje Recibido		
		Comando	Longitud	Dato		Estado	Longitud	Dato
Comandos de sistema	Conexión	0x00	0x00			Ok = 0x00 Error = Otro	0x00	
	Control de led	0x03	0x04	A	LedOff = 0x00 LedOn = 0x01 LedOn BCD = 0x02	Ok = 0x00 Error = Otro	0x00	
				B C D	Tiempo por 10ms			
Comandos de acceso a tarjetas MF S50 IC y S70	Leer número de serie	0x12	0x00			Ok = 0x00 Error = Otro	0x04	NNNN
	Leer bloque de datos	0x13	0x08	A	PICC_AUTH1A= 0x00 PICC_AUTH1B= 0x01 NO_AUTH = 0x02	Ok = 0x00 Error = Otro	0x10	DDDD DDDD DDDD DDDD 16 Bytes del bloque
				B	S50 = 0x00 S70 = 0x01			
				C	Contraseña (6 Bytes)			
	Escribir en bloque de datos	0x14	0x18	A	PICC_AUTH1A = 0x00 PICC_AUTH1B = 0x01 NO_AUTH = 0x02	Ok = 0x00 Error = Otro	0x0F	
				B	S50 = 0x00 S70 = 0x01			
C				Contraseña (6Bytes)				
				D	Bloque a escribir (16 Bytes)			

## Microcontrolador PIC

Los PIC son una familia de microcontroladores tipo RISC fabricados por Microchip Technology Inc. y derivados del PIC1650, originalmente desarrollado por la división de microelectrónica de General Instrument.

El nombre actual no es un acrónimo. En realidad, el nombre completo es PICmicro, aunque generalmente se utiliza como Peripheral Interface Controller (controlador de interfaz periférico).

En este caso se planea realizar la función de servidor web en un PIC así que se utilizará el PIC18F4620 debido a que implementado correctamente, puede ser conectado a internet sin la necesidad de estar conectado a una computadora, además de que la memoria de 64KB es suficiente para almacenar el stack TCP/IP de Microchip modificado para adecuarlo a nuestro sistema.

El diagrama de este PIC es el siguiente:

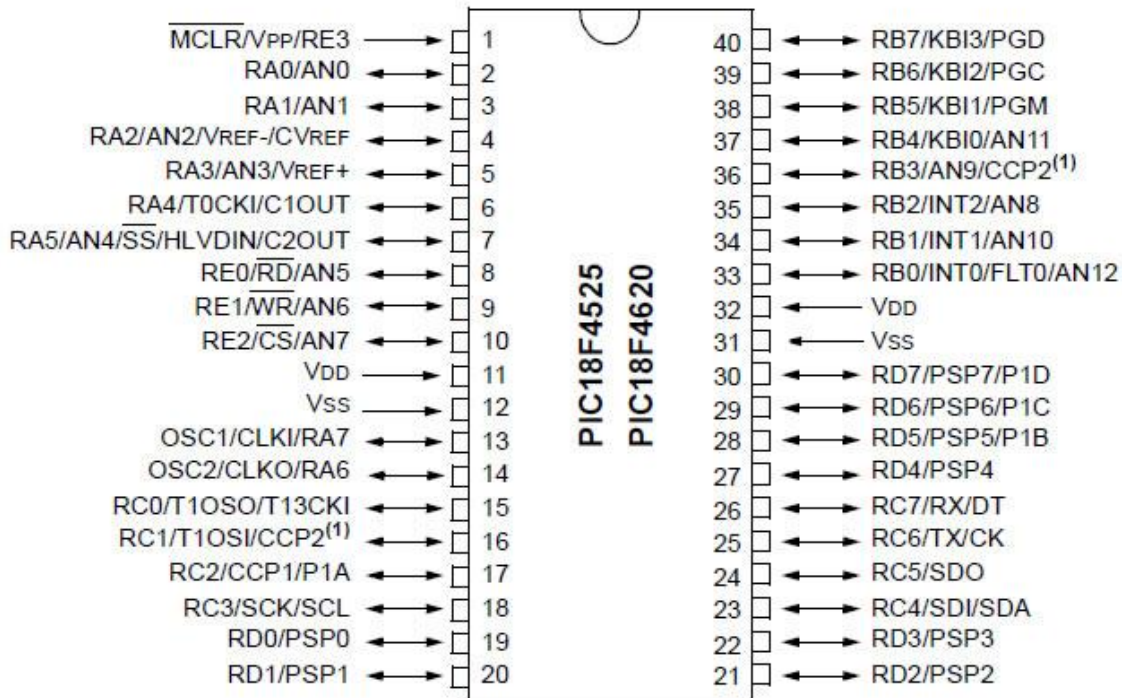


ILUSTRACIÓN 5-5: PIC18F4620

El PIC usa un juego de instrucciones tipo RISC, cuyo número puede variar desde 35 para PICs de gama baja a 70 para los de gama alta. Las instrucciones se clasifican entre las que realizan operaciones entre el acumulador y una constante, entre el acumulador y una posición de memoria, instrucciones de condicionamiento y de salto/retorno, implementación de interrupciones y una para pasar a modo de bajo consumo llamada sleep.

El PIC elegido pertenece a la gama alta y sus principales características se muestran en la siguiente tabla:

**TABLA 5-5: CARACTERÍSTICAS DEL PIC18F4620**

<b>Características PIC18F4620</b>	
Alimentación	5V
Frecuencia Máxima	40Mhz
Memoria Flash	64K
Nº de Instrucciones	32768
SRAM	3989
EEPROM	1024
Puertos E/S	36
A/D 10bit	13
CCP (PWM)	1
ECCP (PWM)	1
EUSART	1
Comparador	2
Timers 8 Bits	1
Timers 16 Bits	3

Ofrece las ventajas de todos los microcontroladores de la familia PIC18, por ejemplo, alto desempeño computacional a un bajo precio, además de una alta resistencia, memoria Flash mejorada, entre otras [4].

## ENC28J60

El ENC28J60 es un controlador Ethernet independiente con el estándar de la industria Serial Peripheral Interface (SPI). Está diseñado para funcionar como una interfaz de red Ethernet para cualquier controlador equipado con SPI.

El ENC28J60 cumple con todas las especificaciones del IEEE 802.3. Incorpora un número de esquemas de filtrado de paquetes para limitar los paquetes entrantes. Además provee un módulo DMA interno para un procesamiento de datos más rápido y cálculos de suma de verificación de IP asistidos por hardware. La comunicación con el controlador host es implementado mediante dos pines de interrupciones y el SPI, con tasas de datos de hasta 10 Mb/s. Tiene dos pines dedicados para los leds que indican enlace y actividad de red.

Sus principales características se pueden ver en la siguiente tabla.

**TABLA 5-6: CARACTERÍSTICAS DEL ENC28J60**

<b>Características ENC28J60</b>	
Alimentación	3.3V
Frecuencia Máxima	25Mhz
Ethernet	10Base-T
Modos de Comunicación	Half y Full-Duplex
Velocidad	10 Mb/s
Buffer	8Kbyte
MAC	Programable
Nivel de Entradas	TTL
PHY	Integrada

Además su diagrama exterior con sus terminales se muestra en la siguiente ilustración.



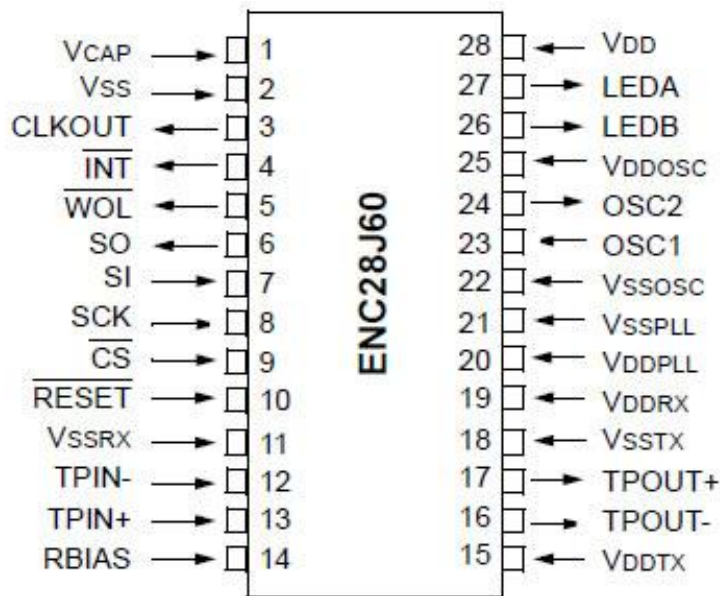


ILUSTRACIÓN 5-6: ENC28J60

El ENC28J60 se compone de 7 bloques principales.

1. Una interfaz SPI que funciona como un canal de comunicación entre el controlador host y el ENC28J60
2. Registros de control que son utilizados para controlar y monitorear el ENC28J60.
3. Un buffer RAM de puerto dual para recibir y enviar paquetes de datos.
4. Un árbitro para controlar el acceso al buffer de la RAM cuando se realizan solicitudes desde DMA, transmite y recibe bloques.
5. El bus de interfaz que interpreta datos y comandos recibidos por la interfaz SPI.
6. EL módulo MAC o Control de Acceso al Medio, por sus siglas en inglés, que implementa el IEEE 802.3 compatible con la lógica MAC.
7. El módulo de la capa física PHY que codifica y decodifica los datos análogos que se presentan en la interfaz de par trenzado.

Este dispositivo además contiene otros bloques de soporte, tales como el oscilador, el regulador de voltaje en chip, traductores lógicos para proveer 5V a E/S tolerantes y un sistema lógico de control.

## Filtro Ethernet

Para la parte de conexión de Ethernet utilizamos un conector j1006. Dicho conector cumple con la especificación IEEE 802.3, es decir, 10 Mbit/s sobre coaxial grueso (thicknet). Longitud máxima del segmento 500 metros.

Este filtro cuenta con un alto desempeño en la supresión de la interferencia electromagnética. De este modo eliminamos la mayor interferencia que se pueda presentar.

Una vez implementados el microcontrolador, el ENC28J60 y el filtro Ethernet, nos queda un diagrama de bloques como el siguiente:

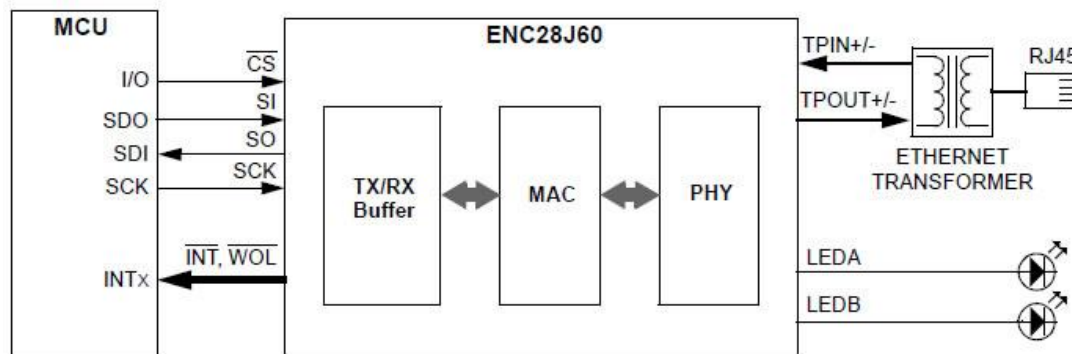


ILUSTRACIÓN 5-7: DIAGRAMA DE INTERCONEXIÓN DEL SISTEMA

## Adaptador TTL-3V

Debido a que el ENC28J60 acepta entradas de 5V pero el PIC no acepta entradas de 3.3V fue necesario utilizar un adaptador TTL-3V para incrementar el nivel de voltaje de las salidas del ENC de 3.3V a 5V.

Esto se logró con las compuertas AND debido a que sus entradas tienen una muy alta impedancia y toda señal por encima del voltaje de umbral, comúnmente a 2.5V, será amplificada al voltaje de alimentación; en este caso 5V.

Otras formas de lograr esta adaptación es mediante transistores o AOPs. Sin embargo el fabricante (Microchip) recomienda utilizar compuertas AND, por lo que decidimos seguir sus recomendaciones para asegurar la velocidad de conmutación.[5]

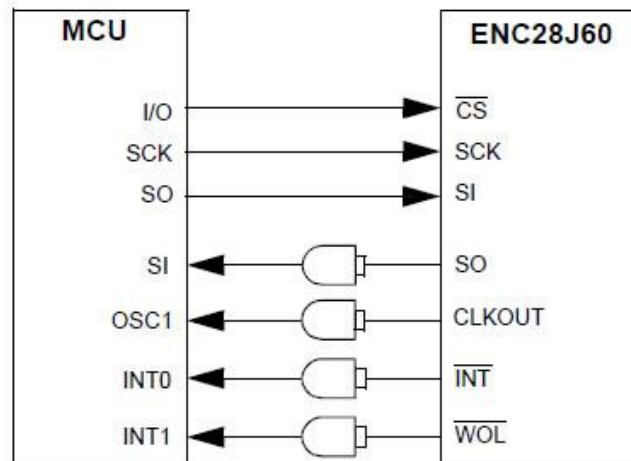


ILUSTRACIÓN 5-8: ADAPTADOR TTL

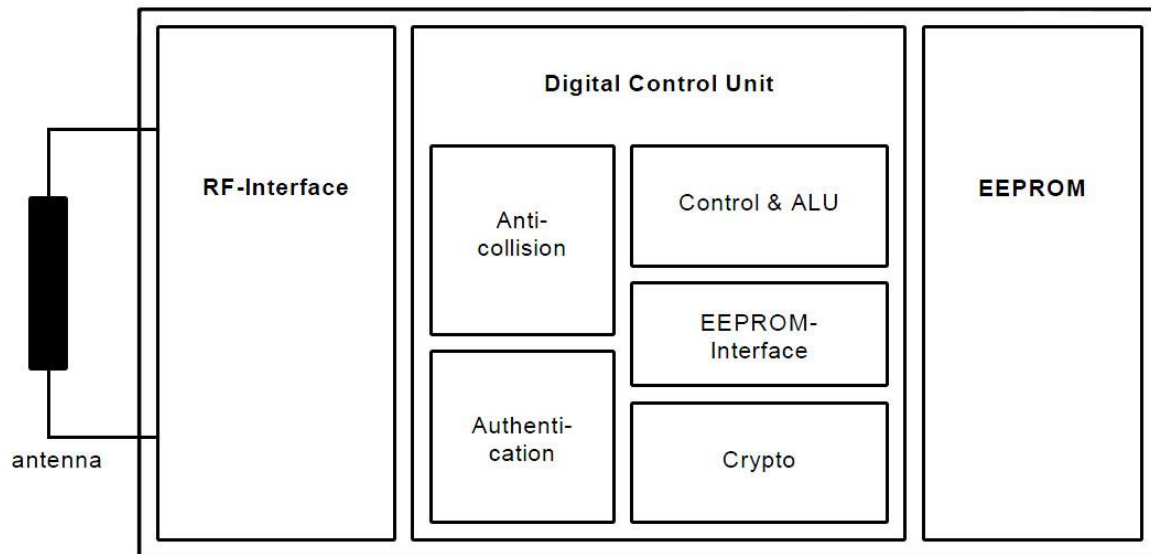
## Las etiquetas RFID

Las tarjetas RFID utilizadas son de la marca Mifare cumpliendo con el estándar 14443A. Operan a una frecuencia de 13.56 MHz. Cuentan con una memoria EEPROM de 1024 bytes organizados en 16 sectores: 64 bytes por sector.

TABLA 5-7: CARACTERÍSTICAS MIFARE ONE S50

Tipo	ISO 14443A
Frecuencia Operación	13.56Mhz
Capacidad Memoria	1024 byte EEPROM
	16 Sectores
	64 Bytes por sector
Distancia de Operación	2.5cm-10cm

El diagrama de bloques de la etiqueta RFID se muestra a continuación:



**ILUSTRACIÓN 5-9: DIAGRAMA DE BLOQUES DE LA TARJETA MIFARE ONE S50**

El estándar ISO 14443 define una tarjeta de proximidad utilizada para identificación y pagos que por lo general utiliza el estándar tarjeta de crédito definida por ISO 7816 - ID 1. Consta de cuatro partes y se describen dos tipos de tarjetas: tipo A y tipo B. Las principales diferencias entre estos tipos preocupación de los métodos de modulación, codificación de los planes (parte 2) y el protocolo de inicialización de los procedimientos (parte 3). Las tarjetas de ambos tipos (A y B) utilizan el mismo protocolo de alto nivel (llamado T=CL) que se describe en la parte 4. El protocolo T=CL especifica los bloques de datos y los mecanismos de intercambio:

1. Bloque de datos de encadenamiento
2. Tiempo de espera de extensión
3. Múltiple activación

En cuanto a la memoria:

- Como habíamos mencionado cuenta con 8KBit de memoria EEPROM que no necesita batería.
- Están organizadas en 16 sectores debidamente separados para soportar el uso en múltiples aplicaciones.
- Cada sector está conformado por 4 bloques.
- Un bloque es la parte más pequeña para ser direccionada y es de 16 bytes.
- Cada sector tiene su propio archivo secreto para un conjunto de claves para sistemas que usan jerarquía de claves.
- El acceso a las zonas de la memoria pueden ser definidas por el usuario de una forma flexible mediante una variedad de condiciones de acceso.
- La capacidad de aritmética es de incrementar y decrementar.
- Pueden retener la información por 10 años.
- La resistencia a la lectura es de 100,000 ciclos

Sector	Block	Byte Number within a Block																Description
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
15	3	Key A				Access Bits				Key B								Sector Trailer 15
	2																	Data
	1																	Data
	0																	Data
14	3	Key A				Access Bits				Key B								Sector Trailer 14
	2																	Data
	1																	Data
	0																	Data
:	:																	
:	:																	
:	:																	
1	3	Key A				Access Bits				Key B								Sector Trailer 1
	2																	Data
	1																	Data
	0																	Data
0	3	Key A				Access Bits				Key B								Sector Trailer 0
	2																	Data
	1																	Data
	0																	Manufacturer Block

ILUSTRACIÓN 5-10: MAPA DE MEMORIA DE LA TARJETA RFID [6]

Tiempos típicos de la comunicación RFID.

- Identificación de la tarjeta: 3ms (Inicialización, respuesta a la solicitud, anticolisión, selección)
- Lectura de bloque (16 Bytes): 2.5 ms (Sin autenticación) 4.5 con autenticación
- Escribir bloque + control de lectura: mínimo 8.5 ms (sin autenticación) 10.5 ms (con autenticación)

En cuanto a la seguridad que ofrecen tenemos los siguientes puntos:

- Encriptación de datos en el canal RF con protección contra la reproducción de ataques.
- Set de claves individuales por sector (por aplicación) para soportar multiaplicaciones con jerarquía de claves.
- Número de serie único

Los siguientes mecanismos se implementan en el enlace de comunicación entre el dispositivo de lectura/escritura y la tarjeta para asegurar una transmisión de datos confiable:

- Anticolisión
- CRC de 16 Bit por bloque
- Bit de paridad por bloque (Uno por byte)
- Chequeo de cuenta de bit
- Codificación de bit para distinguir entre “1”, “0”, y no información.
- Monitoreo de canal. (Secuencia de protocolo y análisis de flujo de bit)

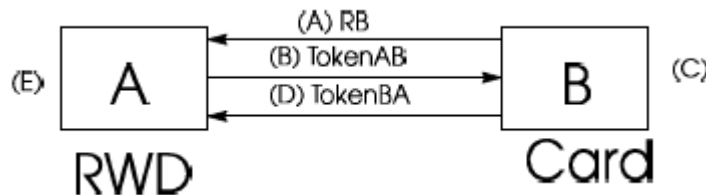
## Seguridad

Para proveer un nivel alto de seguridad, se integran en las tarjetas y en el dispositivo de lectura/escritura, una autenticación de tres fases (de acuerdo al

ISO 9798-2), una encriptación basada en un algoritmo cifrado de flujo con un generador aleatorio, un número de serie y claves de 48 bit. Las claves en las tarjetas están protegidas contra lectura pero pueden ser alteradas si se provee la clave actual.

Esto da la posibilidad para que cualquier sistema interrogador que sepa la clave de transporte de alguna tarjeta programe sus propias claves secretas. Dividir la memoria de la tarjeta en varias secciones con claves de acceso separadas permite la multifuncionalidad del sistema. (La misma tarjeta para diferentes aplicaciones).

El mecanismo de autenticación de tres pasos<sup>7</sup>, la unicidad se controla al generar y revisar números aleatorios como se muestra en el siguiente ejemplo.

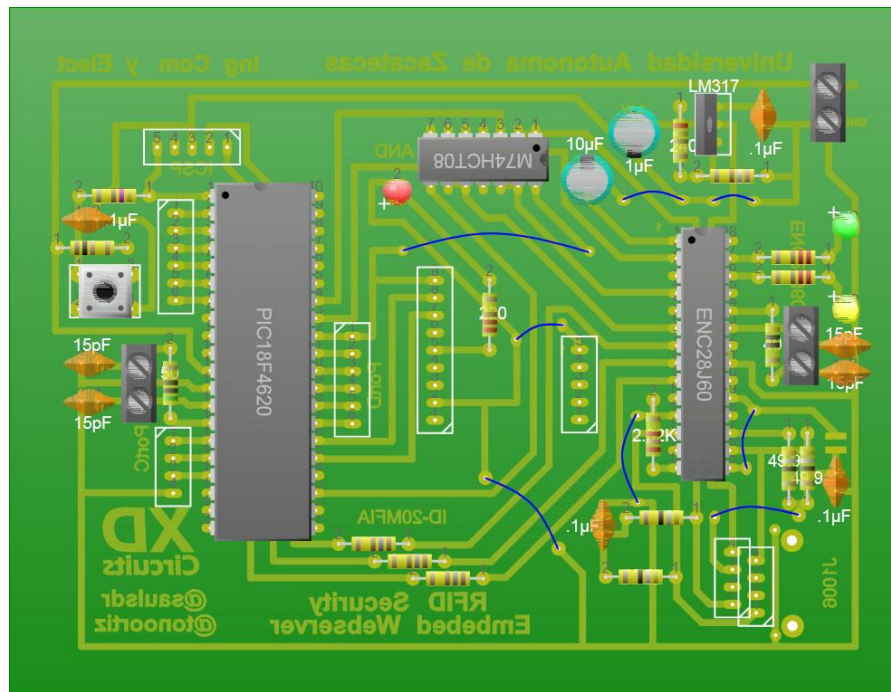


**ILUSTRACIÓN 5-11: SISTEMA DE AUTENTICACIÓN DE TRES PASOS**

- A) B envía un número aleatorio RB
- B) A envía un token AB a B
- C) Al recibir el mensaje que contiene el Token AB, B verifica el token AB descifrando la parte cifrada y checando la exactitud del identificador distintivo B y que el número aleatorio RB, enviado en el paso A), concuerde con el número aleatorio contenido en el Token AB
- D) B envía un Token BA a A
- E) Al recibir el mensaje que contiene el Token BA, A verifica el Token BA descifrando la parte encriptada y revisando que el número aleatorio RB, recibido de A en el paso A) concuerde con el número aleatorio contenido en el Token BA y que el número aleatorio RA, enviado a B en el paso B) concuerde con el número aleatorio contenido en el Token BA.

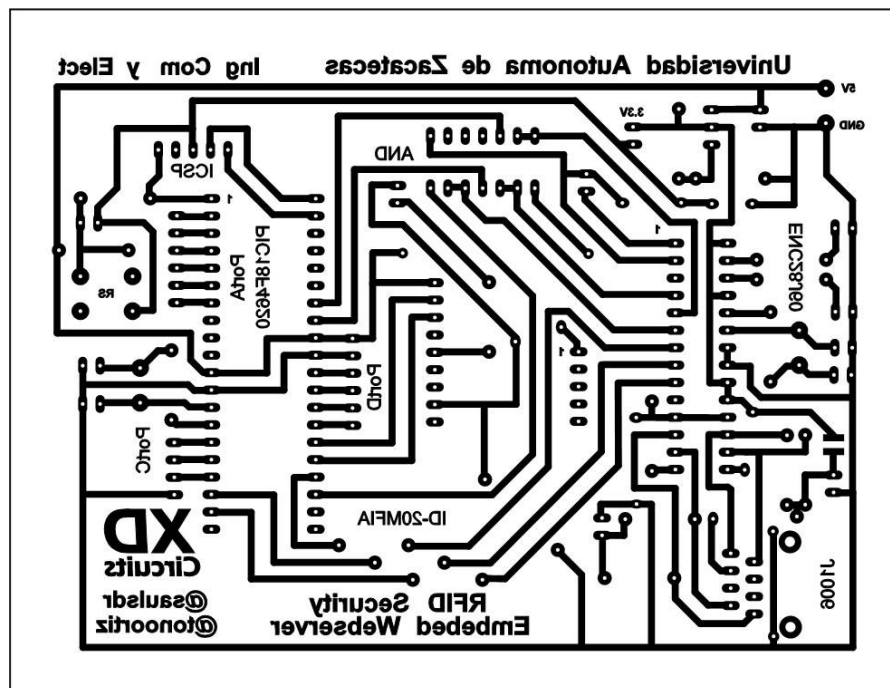






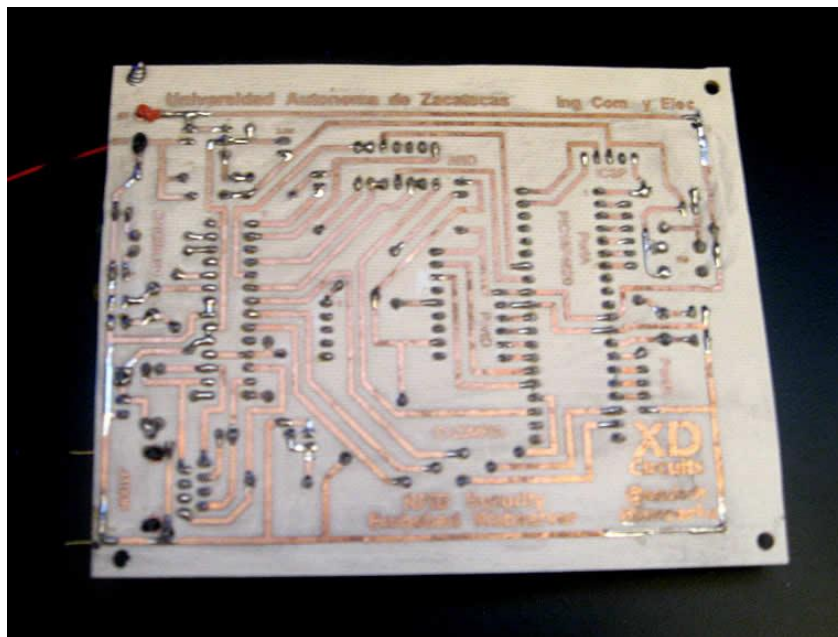
### ILUSTRACIÓN 5-13: DIAGRAMA DE COMPONENTES DEL SISTEMA

Dicho diseño nos genera una imagen que será impresa directamente en la placa de cobre la cual se muestra enseguida:



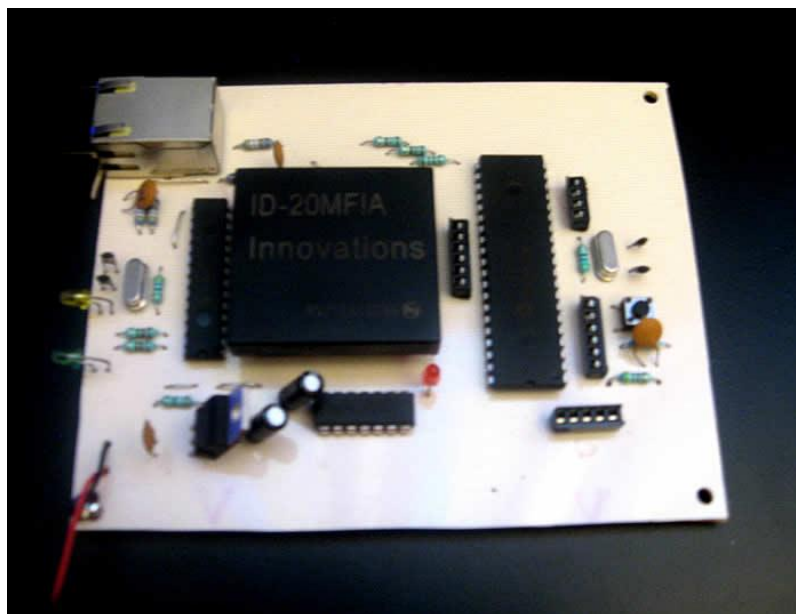
#### ILUSTRACIÓN 5-14: DIAGRAMA DE CIRCUITO IMPRESO DEL SISTEMA

Terminado el diseño, es necesario fabricar un circuito prototipo que será necesario para probar el software y posteriormente el sistema completo.



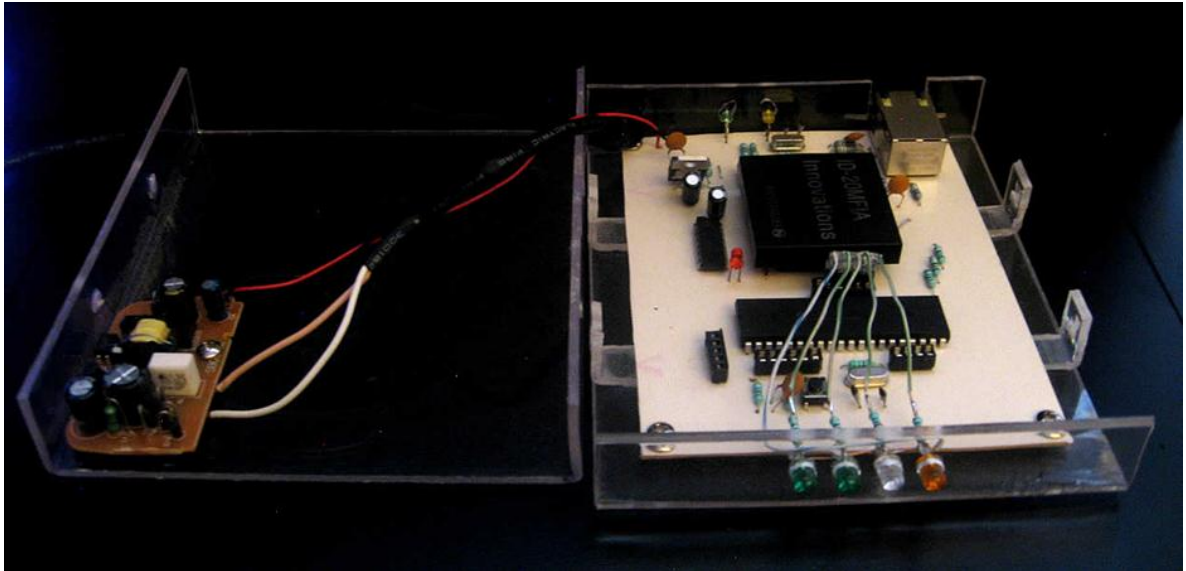
**ILUSTRACIÓN 5-15: PARTE POSTERIOR DEL CIRCUITO TERMINADO**

Con los componentes en la tarjeta se puede conectar a la fuente de alimentación:



**ILUSTRACIÓN 5-16: PARTE FRONTAL DEL CIRCUITO CON LOS COMPONENTES MONTADOS**

Para finalizar, para poder manipular la tarjeta y ubicar las conexiones que deberá poseer, se coloca dentro de una caja de acrílico junto con los indicadores LED montados y la fuente de alimentación de 5V.



**ILUSTRACIÓN 5-17: CIRCUITO FINALIZADO**

Con el circuito terminado, la capa física esta lista para conectarse a la red por medio de Ethernet, sin embargo el circuito aun no es reconocible como un servidor web, ya que para ello será necesario implementar los diversos protocolos que permitirán al circuito formar parte activa de la red y al mismo tiempo servir como control para el módulo RFID.

De igual forma el módulo RFID está listo para comenzar la lectura de las tarjetas ya que el circuito por sí mismo esta previamente programado para realizar funciones de escritura y lectura simples, sin embargo la funcionalidad de control de acceso aún no ha sido implementada por lo que será necesario diseñar un software que permita el control de usuarios, cuyo desarrollo se explicará en el siguiente capítulo.

## Referencias.

- [1] Near Field (2010), *Immaterials: the ghost in the field* [En línea], <http://www.nearfield.org/2009/10/immaterials-the-ghost-in-the-field>
- [2] ID Innovations, *ID Series Datasheet*, 2005
- [3] Ing. Eliezer Villegas González, *Nota de Aplicación ID-20MFIA*, 2010
- [4] Microchip, *PIC18F4620 Datasheet 28/40/44-Pin Enhanced Flash Microcontrollers with 10-Bit A/D and nanoWatt Technology*, 2004
- [5] Microchip, *ENC28J60 Data Sheet Stand-Alone Ethernet Controller with SPI™ Interfac*, 2004
- [6] Philips Semiconductors, *Mifare Standard Card IC MF1 IC S50*, 1998
- [7] Philips Semiconductors, *Mifare Standard Card IC MF1 IC S50*, 1998 p.9

# 6

## Software

La parte más importante de este proyecto se basa en la inteligencia del sistema para reconocer las tarjetas que permitirán el control de acceso, así como su capacidad para mantener la información de cada entrada realizada para posteriormente ser desplegada en una página de internet que pueda ser visualizada en cualquier dispositivo web de la actualidad.

Por lo que será necesario instalar dentro del PIC una serie de instrucciones que permitan todas las funciones que el sistema requiere para funcionar óptimamente.

Para poder desarrollar cualquier software, primeramente se debe tener planteado qué es lo que se quiere lograr con dicha aplicación. En nuestro caso, necesitamos realizar las siguientes tareas:

- Enviar códigos al módulo RFID para que sea capaz de leer y escribir en las tarjetas RFID.
- Almacenar el registro de entradas al laboratorio.
- Enviar reportes por correo electrónico.
- Desplegar la información por medio de una página web que sea accesible desde cualquier punto con conexión a internet.

Además de esto, se desea que el sistema tenga un tamaño reducido pero que satisfaga las necesidades planteadas. Es por esto que se decidió implementar todo el software en el PIC PIC18f4620 cuyas características han sido detalladas con anterioridad.

La programación se llevó a cabo en lenguaje C18 y utilizando el Stack TCP/IP de Microchip de manera que, junto con el ENC28J60 se puede implementar en web, como se muestra en la siguiente figura.

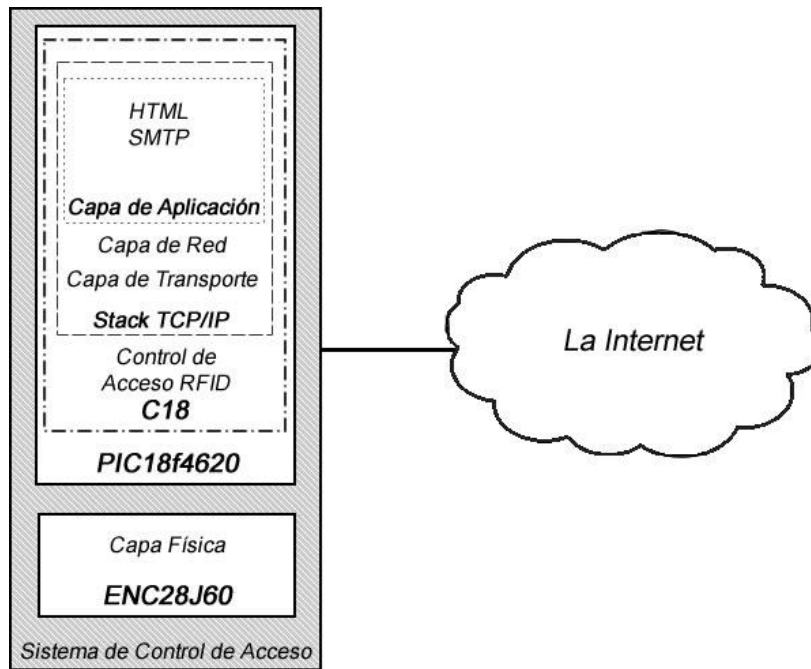


ILUSTRACIÓN 6-1: LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN

## Lenguajes de programación utilizados

### C18

La interfaz gráfica del usuario MPLAB IDE sirve como un único entorno para escribir, compilar y depurar código para aplicaciones embebidas. Puede manejar la mayoría de los detalles del compilador, ensamblador y enlazador, quedando la tarea de escribir y depurar la aplicación como foco principal del programador (usuario).

MPLAB C18 es un compilador especializado que mejora la productividad del MPLAB IDE y produce código optimizado que puede ser ejecutado por la familia de microcontroladores de Microchip PIC18XXXX.

Al igual que un ensamblador, el compilador traduce las declaraciones humanas en unos y ceros para ser ejecutados por el microcontrolador.

Sigue la norma ANSI C, salvo en particularidades de los microcontroladores. Contiene librerías para comunicaciones SPI, I2C, UART, USART, generación PWM, cadena de caracteres y funciones matemáticas de coma flotante además permite el manejo directo de números reales de 32 bits (float y double).

### **Javascript**

JavaScript es un lenguaje de programación interpretado, dialecto del estándar ECMAScript. Se define como orientado a objetos y dinámico, basado en prototipos, imperativo, con variables flexibles.

Se utiliza principalmente en su forma del lado del cliente (client-side), implementado como parte de un navegador web permitiendo mejoras en la interfaz de usuario y páginas web dinámicas.

JavaScript se diseñó con una sintaxis similar al C, aunque adopta nombres y convenciones del lenguaje de programación Java. Sin embargo Java y JavaScript no están relacionados y tienen semánticas y propósitos diferentes.

### **HTML**

Es el lenguaje de marcado predominante para la elaboración de páginas web. Es usado para describir la estructura y el contenido en forma de texto, así como para complementar el texto con objetos tales como imágenes. HTML se escribe en forma de “etiquetas”, rodeadas por corchetes angulares (<,>).

HTML también puede describir, hasta un cierto punto, la apariencia de un documento, y puede incluir un script (por ejemplo Javascript), el cual puede afectar el comportamiento de navegadores web y otros procesadores de HTML.

### **Métodos de petición**

Las tecnologías web, llámese ASP, PHP, JSP, etc. utilizan para el manejo de envío de datos dos métodos conocidos como GET y POST. Estos métodos son de gran ayuda para poder enviar datos de una página a otra y poder manipularlos a nuestro antojo.

Por ejemplo si quisiéramos enviar nuestra información de registro a una página, tendría que escribir en un formulario nuestros datos y después dar click en un botón de enviar. En el instante en que hacemos click en el botón, se activa ya sea el método GET o POST.

- **Método GET**

Es el más simple de los dos ya que el envío de información consiste en anexar las variables dentro del URL de la página misma, por lo que pueden ser leídos fácilmente pero a su vez se limita la cantidad de información que se puede enviar de una sola vez.

- **Método POST**

En este método la transmisión de información se realiza a través de una petición directa al servidor por lo que el límite de información es mucho mayor que el que tenemos en el método GET y además es seguro ya que la información no es visible en ningún momento de la comunicación.

### **Stack TCP/IP de Microchip**

El stack TCP/IP de Microchip es un conjunto de instrucciones prediseñadas por los programadores de Microchip para ofrecer una solución de fácil implementación de los protocolos de internet. Dicho stack es gratuito y está “abierto” para que nuevos



desarrolladores modifiquen o agreguen código propio para ajustarse a las necesidades de diversos proyectos.

El stack TCP/IP que utilizamos en este proyecto consta de los siguientes módulos:

**TABLA 6-1: MÓDULOS DEL STACK TCP/IP DE MICROCHIP**

Módulo	Propósito
MAC	Control de Acceso al Medio
SLIP	Control de Acceso al Medio por SLIP
ARP	Protocolo de Resolución de Direcciones
IP	Protocolo de Internet
ICMP	Protocolo de Mensajes de Control de Internet
TCP	Protocolo de Control de Transmisión
UDP	Protocolo de Datagramas de Usuario
DHCP	Protocolo de Configuración Dinámica de Host
SNMP	Protocolo Simple de Administración de Red
SSL	Soporte para Socket SSL
SMTP	Protocolo Simple de Transferencia de Correo
SNTP	Protocolo de Tiempo de Internet
DNS	Cliente DNS para Resolución de Nombres de Host
Dynamic DNS	Cliente DNS Dinámico Compatible con No-IP.com
Telnet Servidor	Servidor de Protocolo Telnet
NetBios Server	Servidor NetBios
Announce	Servidor Para Detectar la Aplicación con Microchip Discoverer
HTTP Servidor	Servidor de Protocolo de Transferencia de Hipertexto
FTP Servidor	Servidor de Protocolo de Transferencia de Archivos
Servidor de Reinicio	Servidor Para Reiniciar el Sistema Remotamente
UART	Configuración Puerto UART Para Uso de Aplicación
UART a TCP	Puente de Comunicación de UART a TCP
Stack Manager	Coordina los Módulos del stack

Cada uno de los módulos puede ser habilitado a voluntad, sin embargo la cantidad de módulos que se pueden incluir depende directamente de la cantidad de memoria disponible en el PIC o en dado caso instalar una memoria externa [1].

En nuestro caso, los módulos que utilizamos y la memoria que ocupan se detallan en la siguiente tabla:

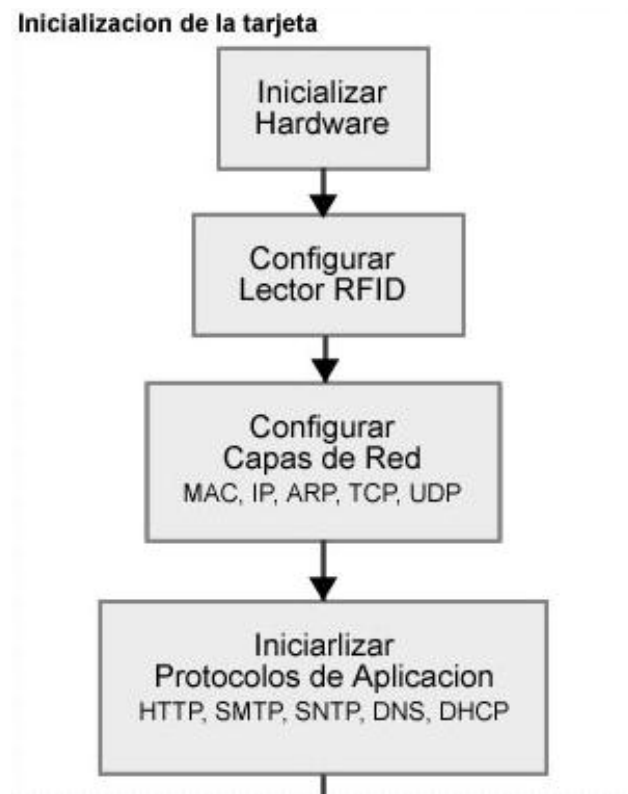
**TABLA 6-2: MEMORIA USADA POR LOS MODULOS TCP/IP STACK**

Modulo	Memoria Programa (Palabras)	Memoria datos (Bytes)
MAC	906	5
SLIP	780	12
ARP	392	0
ARP Task	181	11
IP	396	2
ICMP	318	0
TCP	3323	42
HTTP	1441	10
FTP Servidor	1063	35
DHCP Cliente	1228	16
MPFS	304	0
Stack Manager	334	12+ICMP Buffer

Analizados la definición de los lenguajes de programación y el stack TCP/IP de microchip podemos analizar el software específico que se implementara en

nuestro sistema y el diseño que deberá tomar para realizar todas las funciones establecidas.

El programa principal lo podemos dividir en distintos bloques. Comenzaremos con el bloque de Inicialización de la tarjeta que realizara todos los procesos para que el hardware y las funciones de red comiencen.



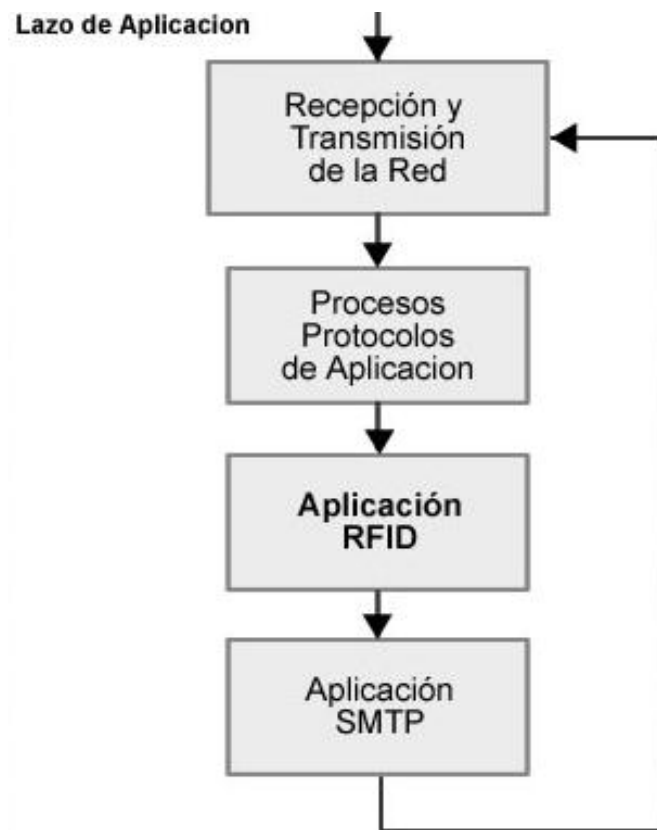
**ILUSTRACIÓN 6-2: DIAGRAMA DE INICIALIZACIÓN DE LA TARJETA**

Al encender el PIC se inicia el proceso de configuración de los puertos del mismo así como los parámetros de la comunicación EUSART que permite la conexión con el Lector RFID y por último transmite la señal al ENC28J60 de que el sistema está listo para iniciar.

Enseguida se envían los comandos que el lector/escritor necesita para iniciar la búsqueda de tarjetas y la configuración del indicador LED.

El stack TCP/IP de microchip es el encargado de configurar las distintas capas de red (MAC, IP, ARP, TCP, UDP) y también inicializa los protocolos de aplicación (HTTP, SMTP, SNTP, DNS, DHSP), dejando todo listo para iniciar la aplicación.

Una vez que se ha inicializado nuestro sistema, comienza el lazo de aplicación que engloba la función de servidor web del PIC, así como las funciones que permiten controlar el módulo RFID y que se muestran en el siguiente diagrama.



**ILUSTRACIÓN 6-3: DIAGRAMA DEL LAZO DE APLICACIÓN**

En primer lugar se tiene el bloque de recepción y transmisión de la red, que controla toda la comunicación necesaria para que el TCP/IP funcione correctamente a través del Ethernet.

Después vemos los procesos necesarios para que los protocolos del TCP/IP realicen sus funciones, como las siguientes.

Es en este punto del programa donde el protocolo IP del sistema obtiene por medio de DHCP la dirección del sistema, a través de la cual se podrá controlar las distintas funciones y registros.

Además durante este bloque se procesan las peticiones HTML para la construcción de las páginas de internet, así como todos los datos de control que se gestionan por medio de los métodos GET y POST.

Para finalizar, el lazo continúa con la aplicación RFID y la aplicación SMTP que se detallarán más adelante.

Es necesario resaltar que el PIC solo puede realizar un proceso a la vez, por lo que para llevar a cabo todas nuestras funciones, tanto la comunicación de la red, los protocolos de internet, la aplicación RFID o la aplicación SMTP es necesario que estos procedimientos se estén alternando una y otra vez, es por ello que se encuentran dentro de un lazo infinito que estará circulando mientras el sistema este encendido.

## Aplicación RFID

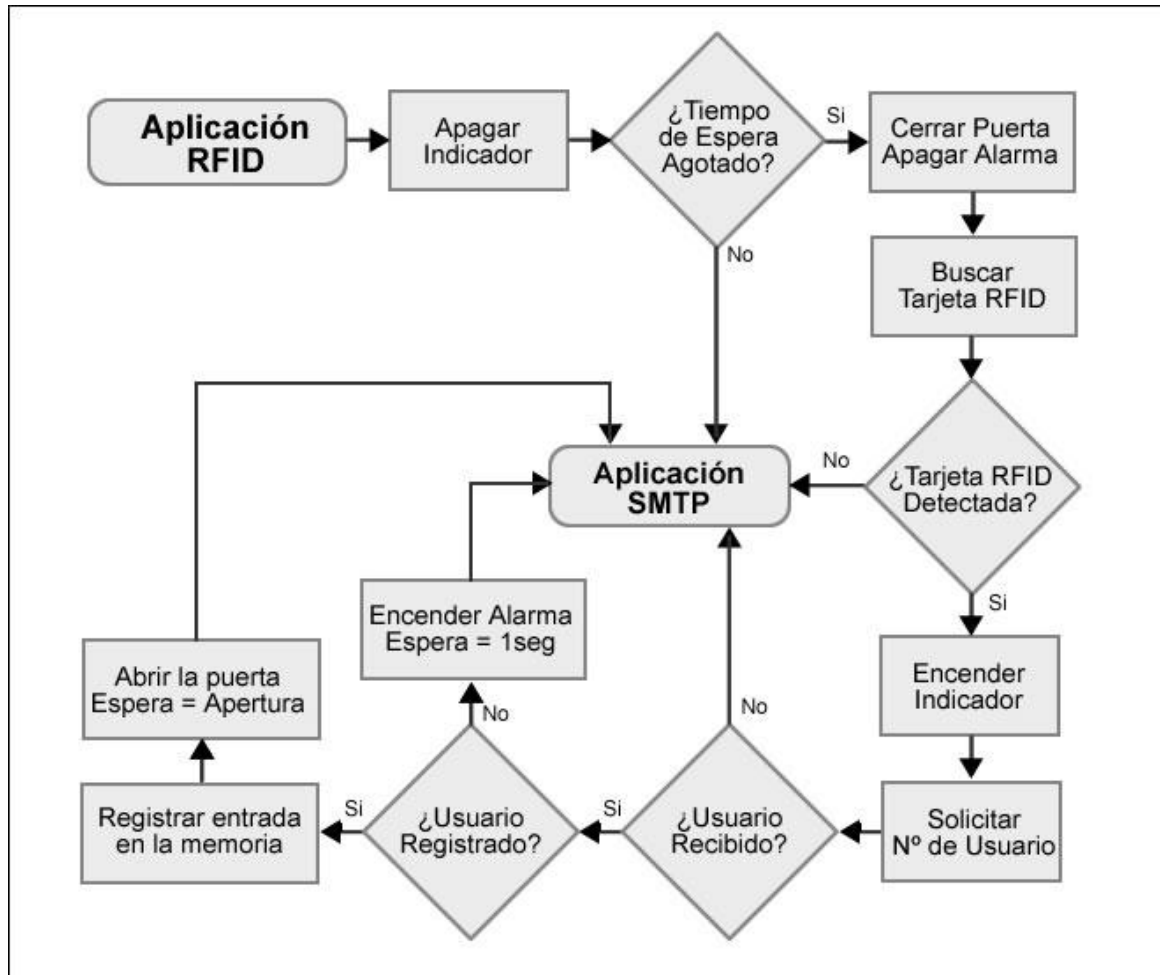


ILUSTRACIÓN 6-4: DIAGRAMA DE FLUJO DE LA APLICACIÓN RFID

Una vez que comienza la aplicación RFID, nos aseguramos de inicializar los indicadores de presencia de tarjeta para empezar la búsqueda de una nueva tarjeta detectada por el sistema.

En caso de que una tarjeta sea detectada se enciende un indicador, en este caso un LED, para mostrar gráficamente la presencia de un dispositivo RFID por lo que se procede a solicitar el número de usuario, es decir, un número que se asigna a

cada tarjeta una vez que se haya registrado en el sistema para permitir el acceso, y el ID de la tarjeta que es un número de serie único en cada una de éstas.

Al recibir el número de usuario se confirma que la tarjeta esté registrada en el sistema, por lo que se verifica que cuente con el permiso necesario para ingresar al laboratorio. De ser esto correcto, se registra el ingreso en la memoria y se envía una señal a la cerradura eléctrica por un tiempo determinado en la configuración del sistema.

Se puede presentar el caso de que el usuario no cuente con la autorización de ingresar y entonces se activará un indicador de alarma.

Si no se detecta ninguna tarjeta, se procede con el resto del programa para terminar con el ciclo de aplicación y comenzar lo nuevamente en espera de algún cambio en las condiciones.

## Aplicación SMTP

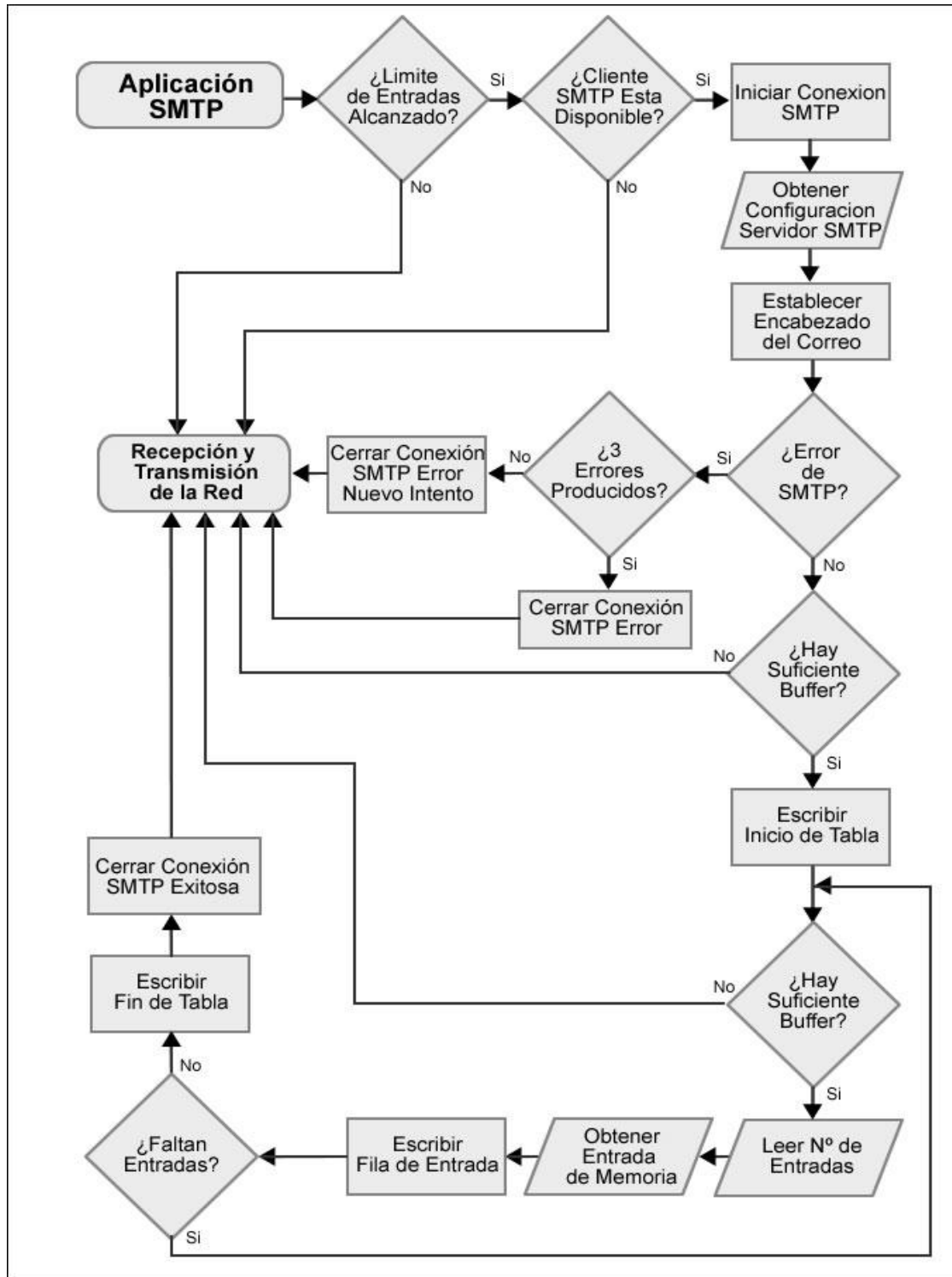


ILUSTRACIÓN 6-5: DIAGRAMA DE FLUJO DE LA APLICACIÓN SMTP



Cada vez que terminamos la aplicación RFID se ejecuta el ciclo SMTP que permite el envío del registro de accesos mediante un correo electrónico a la dirección especificada dentro del panel de configuración.

Este ciclo funciona únicamente cuando el límite de entradas, configurado previamente, ha sido alcanzado. En este caso se comprueba que el cliente SMTP esté disponible y si lo está inicia la conexión con el servidor SMTP.

Una vez que se ha realizado esta conexión se establece el encabezado del correo que engloba la dirección del remitente, la del destinatario y el título del correo.

Para continuar se verifica que no haya ocurrido algún error de conexión y que haya suficiente espacio en el búfer del controlador Ethernet (ENC28J60) para realizar el envío de datos.

Al cumplir con estas condiciones se procede a escribir el inicio de una tabla en código HTML cuyo contenido estará formado por el número de entrada, el ID de la tarjeta, fecha y hora de acceso y el nombre del usuario a quien pertenece la tarjeta.

Cada nueva fila se verifica que haya suficiente espacio en el búfer para realizar la transferencia de los datos. Este ciclo continua hasta que se hayan agotado las entradas en la memoria.

Al terminar la escritura de la tabla se cierra la conexión con el servidor SMTP y se activa la bandera que indica que el email ha sido enviado exitosamente.

En caso de que ocurra algún error se utiliza un contador de errores con un máximo de tres para que en la situación de que el servidor SMTP no funcione o simplemente no exista conexión a internet se descarte la función de correo y se informe que hubo un error en el SMTP.

Al no haber suficiente espacio en el búfer se continua con el lazo de aplicación del sistema y en la próxima llamada a la aplicación SMTP está continuará en la

función que se encontraba anteriormente, siempre y cuando no ocurra algún error de conexión.

Al terminar el ciclo de aplicación SMTP comienza la recepción y transmisión de la red comenzando nuevamente la aplicación.

## Servidor HTML

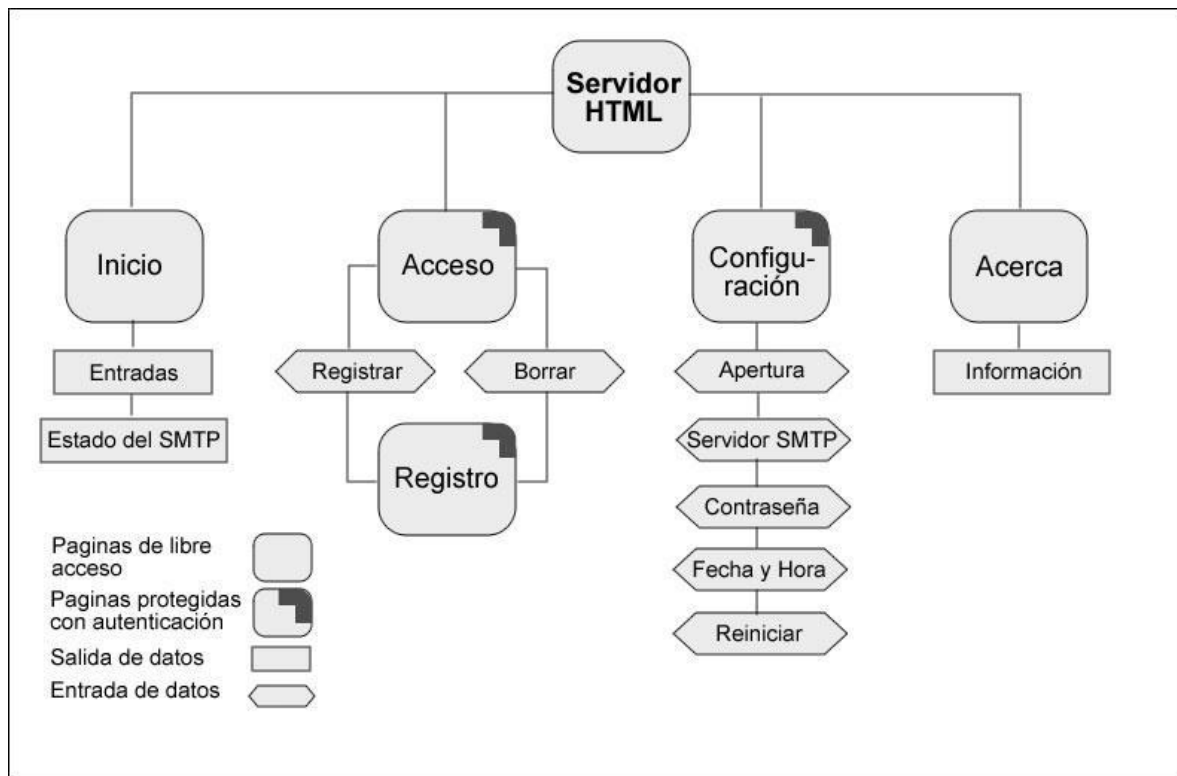


ILUSTRACIÓN 6-6: DIAGRAMA DE FLUJO DEL SERVIDOR HTML

En el servidor HTML se encuentran alojadas las páginas que se mostrarán al usuario final para permitir la configuración, lectura de registros y el control de usuarios.

## Inicio

En esta página se encuentra la lista de los últimos accesos registrados en el sistema en forma de una tabla que contiene el número de entrada, el ID de la tarjeta, fecha y hora de acceso y el nombre del usuario a quien pertenece la tarjeta.

Es también en esta página donde se muestra el estado actual del SMTP,

## Acceso

La página de acceso está protegida por un sistema de autenticación ya que es en esta sección en donde se lleva a cabo el registro o la eliminación de usuarios con acceso al laboratorio.

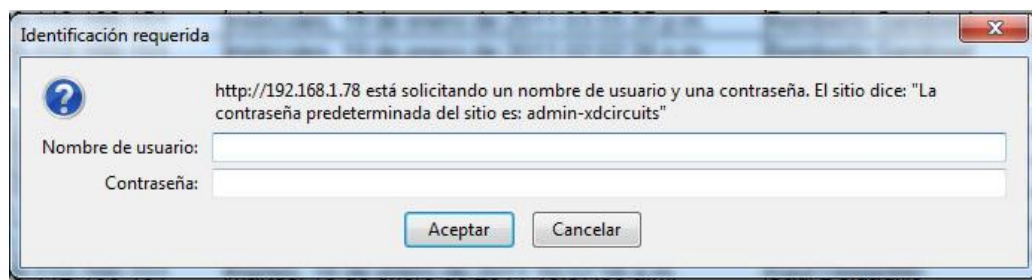


ILUSTRACIÓN 6-7: SISTEMA DE AUTENTICACIÓN

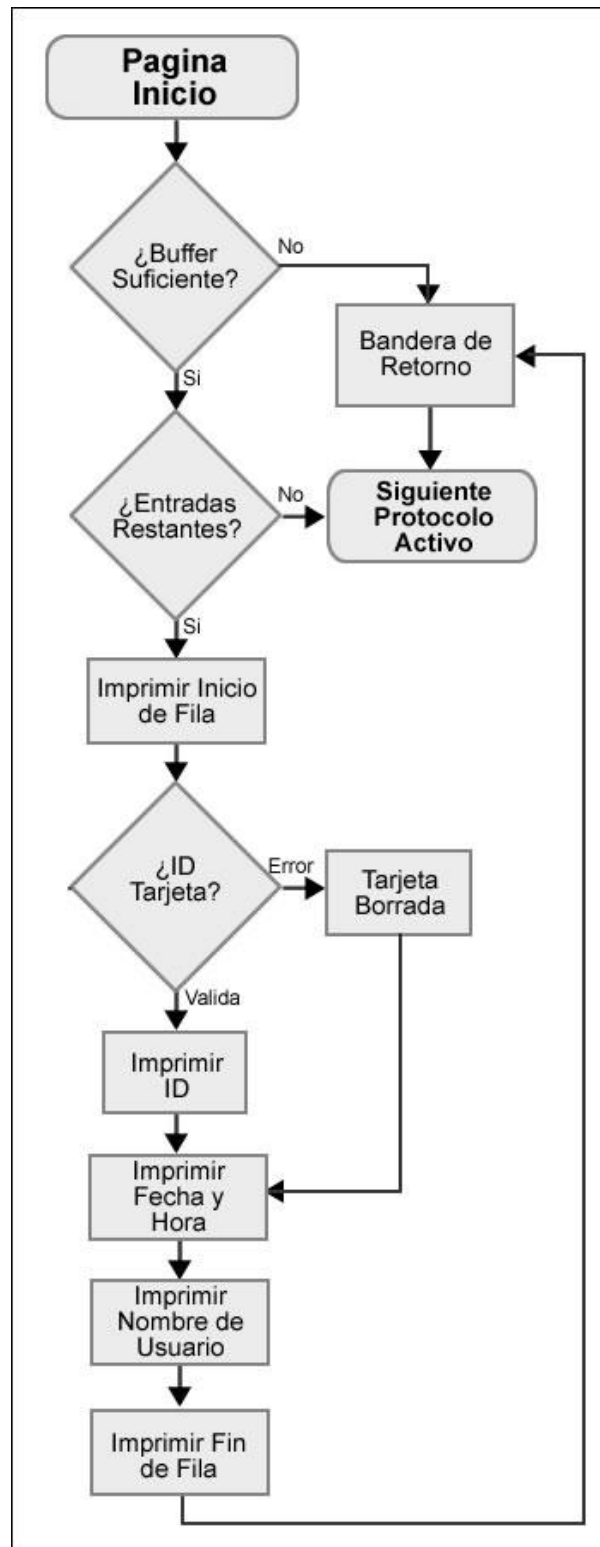
## Configuración

Esta página también cuenta con el sistema de autenticación debido a que encontramos las opciones de funcionamiento del sistema, tales como: tiempo de apertura de la puerta; servidor, usuario y contraseña de acceso al servicio SMTP; contraseña global del sistema; fecha y hora en caso de no poder obtenerla directamente de internet y la opción de reiniciar el sistema a sus opciones de fábrica.

## Acerca de

En esta sección se muestra una breve reseña del proyecto de tesis para el cual se diseñó.

## Página de inicio



#### **ILUSTRACIÓN 6-8: DIAGRAMA DE FLUJO DE LA PÁGINA DE INICIO**

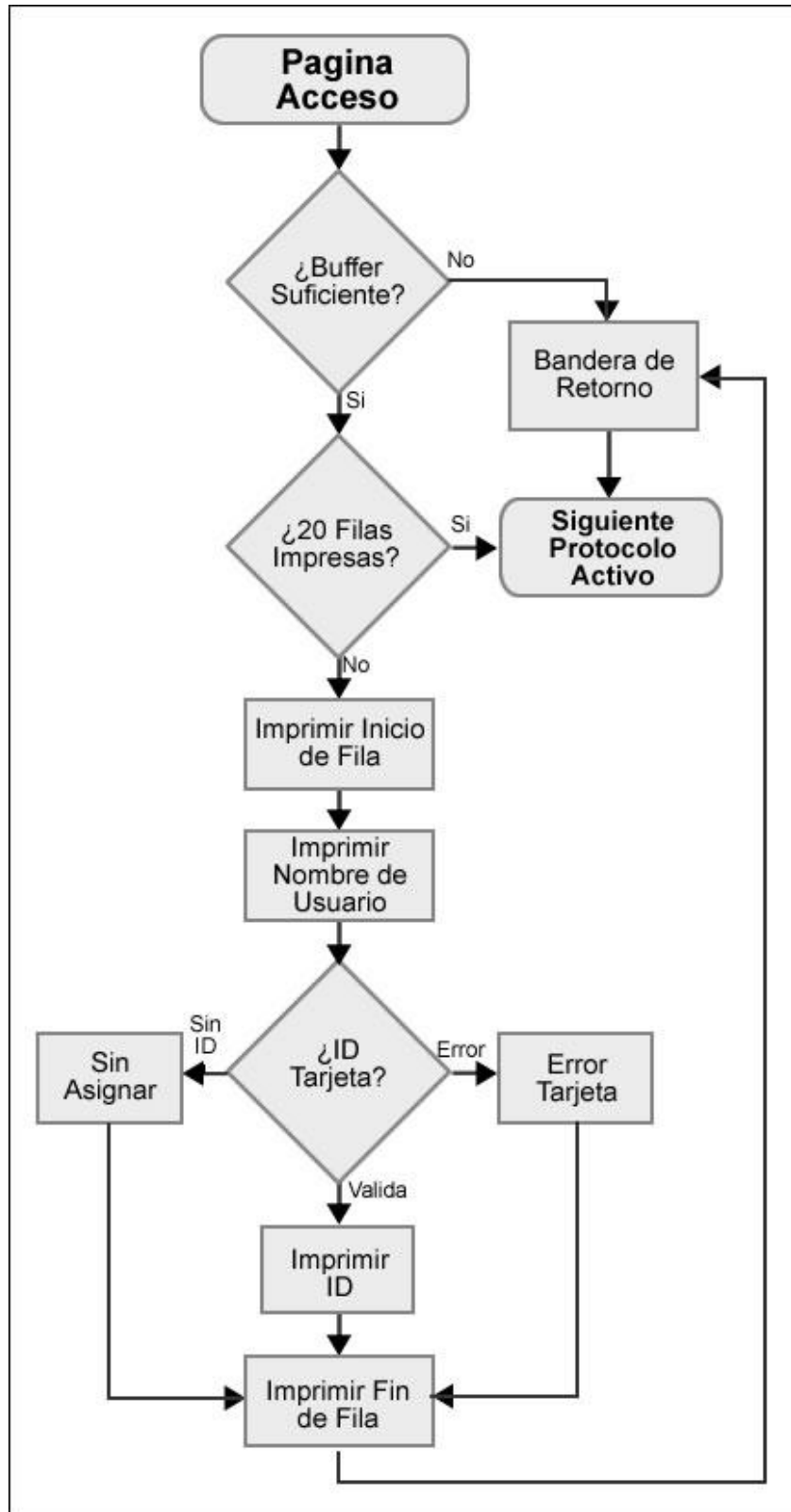
Debido a las importantes limitaciones de memoria dentro del PIC para mostrar una página con una gran cantidad de información, es necesario crearla dinámicamente. Para ello se utiliza la siguiente función:

Se comprueba que se tenga suficiente espacio en el búfer para llevar a cabo la escritura de los datos.

Cuenta la cantidad de registros que hay en la memoria y las imprime fila por fila dentro de una tabla, de esta forma limitamos el tamaño de la tabla al tamaño exacto de entradas.

En caso de que se dé de baja un usuario, su ID de tarjeta así como su nombre se eliminan de la memoria, por lo que existe la posibilidad de que se presente alguna entrada de este usuario antes de la eliminación y, para evitar mostrar una entrada vacía, se verifica este suceso informando que la tarjeta de esa entrada ha sido borrada.

## Página de acceso



#### **ILUSTRACIÓN 6-9: DIAGRAMA DE FLUJO DE LA PÁGINA DE ACCESO**

En esta página se encuentra la lista de usuarios registrados y los espacios libres en memoria disponibles para nuevos usuarios, y que también es mostrada de manera dinámica para optimizar el uso de la memoria del PIC.

La tabla contiene los formularios de registro de cada uno de los 20 usuarios permitidos en el sistema, mostrando la información de aquellos usuarios que ya han sido asignados.

En caso de que un usuario se encuentre registrado se muestra el ID de tarjeta asignado, en caso de que se haya registrado una tarjeta inválida se mostrará un mensaje de “error de tarjeta”.

## Método GET

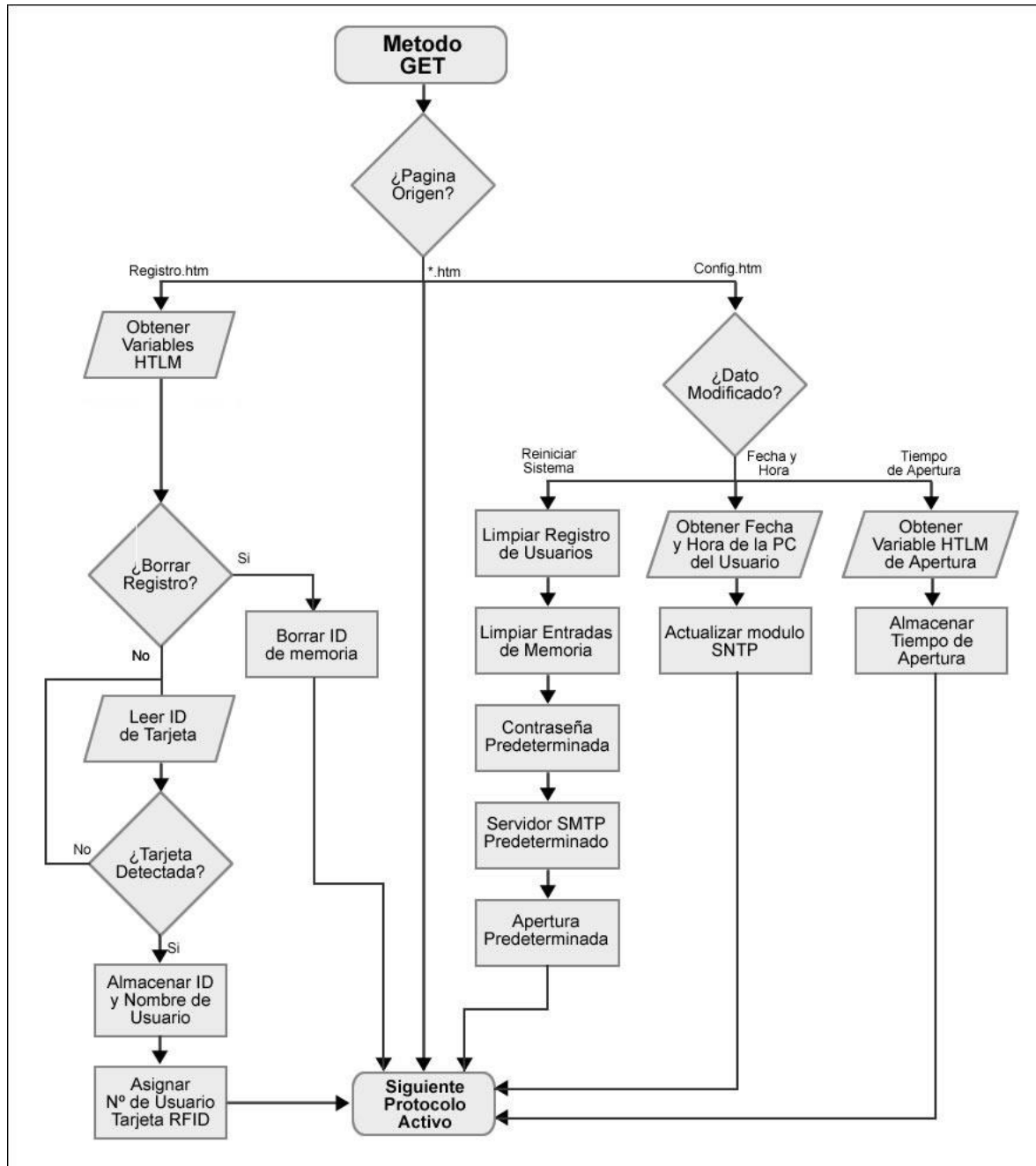


ILUSTRACIÓN 6-10: DIAGRAMA DE FLUJO DEL MÉTODO GET

El método GET es utilizado para enviar variables simples, ya sea de la página de registro o de configuración.



Dentro de la página de registro se espera que las variables recibidas sean de un nuevo usuario o la eliminación de otro.

En caso de un nuevo usuario se espera a que se detecte la tarjeta y una vez detectada se almacena el ID y nombre de usuario recibido a través del método GET y se envía el número de usuario asignado dentro de la tarjeta RFID. Entonces se muestra en pantalla un mensaje informando al administrador que se ha leído la exitosamente la tarjeta.

Por otro lado, si el método GET se encuentra en la página de configuración se detecta que clase de variable se está recibiendo, pudiéndose presentar tres casos: Reiniciar sistema, fecha y hora o tiempo de apertura.

Si es para reiniciar el sistema, se lleva a cabo una limpia del registro de usuarios, se elimina las entradas de la memoria y se restablecen las configuraciones predeterminadas tales como contraseña, servidor SMTP y tiempo de apertura de la puerta.

En caso de querer modificar la fecha y la hora, se obtienen directamente mediante javascript desde la PC del usuario, actualizando de esta manera el módulo SNTP que controla la hora y fecha global del sistema.

Por último el tiempo de apertura configura el tiempo que permanecerá en alto la señal que se envía a la chapa electrónica.

## Método POST

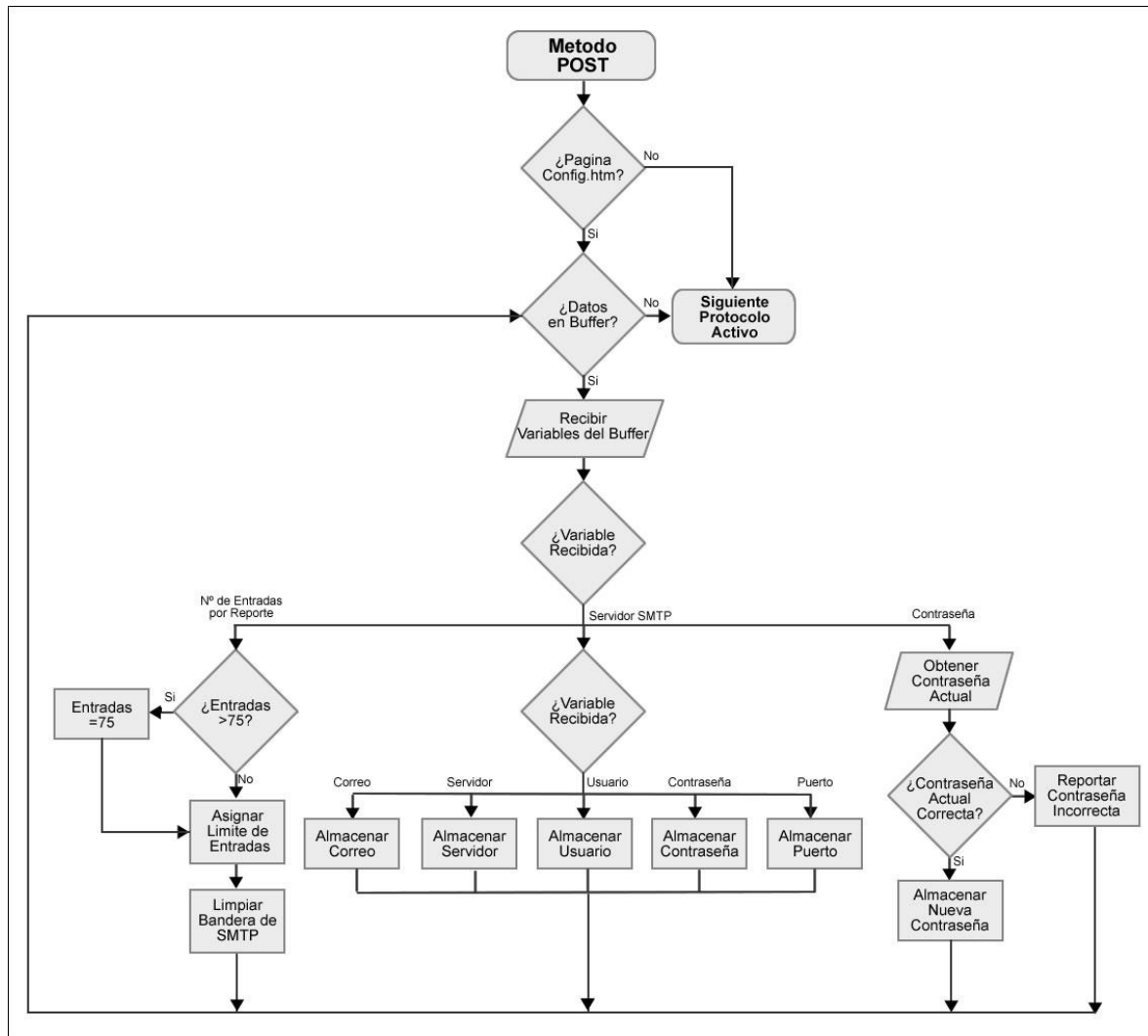


ILUSTRACIÓN 6-11: DIAGRAMA DE FLUJO DEL MÉTODO POST

El método POST es utilizado dentro de la página de configuración debido a la naturaleza de los datos que procesa, ya sea porque son cadenas de datos muy largas o por ser información confidencial (la contraseña).

Para este método es necesario controlar el búfer de recepción para evitar la congestión y, por consiguiente, la pérdida de datos, por lo que después de recibir cada variable se asegura espacio suficiente en el búfer.

Dependiendo de las variables recibidas se pueden ejecutar tres funciones distintas.

En caso de recibir la cantidad de entradas por reporte de correo se asegura que este número no sea mayor que 75 ya que este es el número máximo de registros que pueden ser almacenados en memoria.

Al recibir variables relacionadas con el servidor SMTP se asegura de configurar los parámetros necesarios para su buen funcionamiento, los cuales son: correo, servidor, usuario, contraseña y puerto a utilizar.

El apartado de contraseña es el último tipo de variable que puede recibir por medio de esta página la cual ya ha sido previamente validada por medio de un código javascript que permite asegurar la longitud y los caracteres para una contraseña segura. Además es necesario introducir la contraseña actual para poder establecer una nueva contraseña.

## Memoria EEPROM

La memoria EEPROM es en donde se almacena la información relacionada con los usuarios, así como también las opciones del sistema. La ventaja de este tipo de memoria es que permite mantener los datos aun cuando no tiene energía, por lo que éstos se pueden almacenar durante un largo periodo de tiempo.

Para este proyecto, debido a que no se instaló una memoria externa para evitar incrementar el costo, se utilizó la memoria interna del PIC, quedando los datos organizados como se muestra en la imagen del lado derecho.

Con el servidor web, el sistema de control de acceso y la base de datos, debidamente diseñados y cargados al circuito previamente fabricado, el sistema está completo, por lo que el siguiente punto a concretar serán las pruebas de funcionamiento y el análisis de los resultados obtenidos en la página web de control que se mostrarán en el próximo capítulo.

20 Usuarios	000 : 1DF 1E0 : 356
75 Registros	359 35A 35B : 36E 36F : 396 397 : 3BE 3BF : 3E6 3E7 : 3FA 3FB 3FC 3FD 3FE 3FF
Apuntadores	
Contraseña Sistema	
Correo	
Servidor	
Usuario	
Contraseña Servidor	
Puerto	
Apertura	
Registros	
Contador	

**ILUSTRACIÓN 6-12:  
MAPA DE MEMORIA  
EEPROM DEL  
PIC18F4620**

## Referencias.

[1] Microchip, *AN833 The Microchip TCP/IP Stack*, 2002

# 7

## Resultados

Con el sistema en conjunto y funcionando nos es posible llevar a cabo distintas pruebas para verificar que la forma en que opera sea la esperada, y de que todos los puntos propuestos se han cumplido.

Dichas pruebas las realizamos bajo un ambiente controlado en una red local. Inicialmente se verifica que el sistema sea detectado por la red. Al conocer la dirección IP asignada a nuestro sistema RFID, accedemos a las páginas de control del sistema a partir de las cuales se dan de alta usuarios, se revisa el funcionamiento de las tarjetas y los registros que lleva a cabo el servidor.

De igual forma se revisa la integridad del sistema para detectar posibles errores que puedan ser causados, ya sea de manera intencionada o accidental, por parte de los usuarios simulando los posibles eventos en los que se pudiera ver involucrado.


En este capítulo se presentan los resultados que se lograron al realizar la integración del sistema como un conjunto.

## Inicio

Al ingresar a la página web de nuestra aplicación se podrá observar el registro de los usuarios que ingresaron al laboratorio. Dicho registro consta de:

- Número de registro
- Número ID de la tarjeta RFID.
- Fecha y hora del acceso.
- Nombre de la persona a quien corresponde la tarjeta RFID.

Es en ésta página donde también podemos observar si el envío del reporte por correo electrónico se realizó con éxito.

		<b>Proyecto de Tesis</b> Saul Delgadillo Rodríguez Jose Antonio Ortiz Covera Ing. en Comunicaciones y Electronica	<b>XD</b> RFID Webserver CIRCUITS
INICIO    ACCESO    CONFIGURACION    ACERCA DE			
Nº	ID	Fecha	Usuario
27	44-148-152-151	lunes, 24 de enero de 2011 07:37:39 a.m.	Alejandro Chacon
26	108-112-166-151	viernes, 21 de enero de 2011 12:37:26 p.m.	Saul Delgadillo
25	108-112-166-151	viernes, 21 de enero de 2011 10:37:17 a.m.	Saul Delgadillo
24	222-30-124-49	jueves, 20 de enero de 2011 04:23:47 p.m.	Jose Antonio Ortiz
23	220-112-166-151	jueves, 20 de enero de 2011 03:33:32 p.m.	Remberto Sandoval
22	220-112-166-151	jueves, 20 de enero de 2011 01:20:23 p.m.	Remberto Sandoval
21	222-30-124-49	jueves, 20 de enero de 2011 11:20:14 a.m.	Jose Antonio Ortiz
20	108-112-166-151	jueves, 20 de enero de 2011 11:17:05 a.m.	Saul Delgadillo
19	108-112-166-151	jueves, 20 de enero de 2011 10:35:59 a.m.	Saul Delgadillo
18	108-112-166-151	jueves, 20 de enero de 2011 09:01:53 a.m.	Saul Delgadillo
17	220-112-166-151	miércoles, 19 de enero de 2011 03:55:35 p.m.	Remberto Sandoval
16	220-112-166-151	miércoles, 19 de enero de 2011 02:02:26 p.m.	Remberto Sandoval
15	44-148-152-151	miércoles, 19 de enero de 2011 12:36:18 p.m.	Alejandro Chacon
14	44-148-152-151	miércoles, 19 de enero de 2011 08:36:12 a.m.	Alejandro Chacon
13	220-112-166-151	martes, 18 de enero de 2011 07:35:58 p.m.	Remberto Sandoval
12	220-112-166-151	martes, 18 de enero de 2011 05:19:52 p.m.	Remberto Sandoval
11	44-148-152-151	martes, 18 de enero de 2011 01:35:45 p.m.	Alejandro Chacon
10	44-148-152-151	martes, 18 de enero de 2011 11:04:37 a.m.	Alejandro Chacon
9	108-112-166-151	martes, 18 de enero de 2011 10:57:58 a.m.	Saul Delgadillo
8	222-30-124-49	martes, 18 de enero de 2011 09:05:44 a.m.	Jose Antonio Ortiz
7	220-112-166-151	lunes, 17 de enero de 2011 03:05:35 p.m.	Remberto Sandoval
6	220-112-166-151	lunes, 17 de enero de 2011 12:53:27 p.m.	Remberto Sandoval
5	44-148-152-151	lunes, 17 de enero de 2011 11:53:20 a.m.	Alejandro Chacon
4	44-148-152-151	lunes, 17 de enero de 2011 09:28:14 a.m.	Alejandro Chacon
3	222-30-124-49	lunes, 17 de enero de 2011 09:28:01 a.m.	Jose Antonio Ortiz
2	108-112-166-151	lunes, 17 de enero de 2011 09:13:52 a.m.	Saul Delgadillo
1	108-112-166-151	lunes, 17 de enero de 2011 07:01:45 a.m.	Saul Delgadillo


Copyright © XD CIRCUITS 2010

ILUSTRACIÓN 7-1: CAPTURA DE PANTALLA DE LA PÁGINA DE INICIO


Arriba de la tabla de registro de ingresos, se tiene un pequeño menú, que nos llevará por las diferentes secciones de nuestra página. A continuación se explica la funcionalidad de cada subpágina.

## Acceso

La siguiente página que tenemos es la de Acceso. Esta página está protegida mediante una contraseña, ya que es en ella en la que registramos las tarjetas RFID que tendrán acceso al laboratorio. También es desde aquí donde se pueden dar de baja.



**Proyecto de Tesis**  
Saul Delgadillo Rodríguez  
Jose Antonio Ortiz Covera  
Ing. en Comunicaciones y Electronica



**XD RFID Webserver**

[INICIO](#) || [ACCESO](#) || [CONFIGURACION](#) || [ACERCA DE](#)

Nº	ID	Fecha	Usuario
27	44-148-152-151	lunes, 24 de enero de 2011 07:37:39 a.m.	Alejandro Chacon
26	108-112-166-151	viernes, 21 de enero de 2011 12:37:26 p.m.	Saul Delgadillo
25	108-112-166-151	viernes, 21 de enero de 2011 10:37:17 a.m.	Saul Delgadillo
24	222-30-124-49	jueves, 20 de enero de 2011 04:23:47 p.m.	Jose Antonio Ortiz
23	220-112-166-151	jueves, 20 de enero de 2011 03:33:32 p.m.	Remberto Sandoval
22	220-112-166-151	jueves, 20 de enero de 2011 01:20:23 p.m.	Remberto Sandoval
21	222-30-124-49	jueves, 20 de enero de 2011 11:20:14 a.m.	Jose Antonio Ortiz
20	108-112-166-151	jueves, 20 de enero de 2011 11:17:05 a.m.	Saul Delgadillo
19	108-112-166-151	jueves, 20 de enero de 2011 10:35:59 a.m.	Saul Delgadillo
18	108-112-166-151	jueves, 20 de enero de 2011 09:01:53 a.m.	Saul Delgadillo
17	222-30-124-49	jueves, 20 de enero de 2011 09:01:53 a.m.	Saul Delgadillo
16	222-30-124-49	jueves, 20 de enero de 2011 09:01:53 a.m.	Saul Delgadillo
15	44-148-152-151	jueves, 20 de enero de 2011 09:01:53 a.m.	Saul Delgadillo
14	44-148-152-151	jueves, 20 de enero de 2011 09:01:53 a.m.	Saul Delgadillo
13	222-30-124-49	jueves, 20 de enero de 2011 09:01:53 a.m.	Saul Delgadillo
12	222-30-124-49	jueves, 20 de enero de 2011 09:01:53 a.m.	Saul Delgadillo
11	44-148-152-151	jueves, 20 de enero de 2011 09:01:53 a.m.	Saul Delgadillo
10	44-148-152-151	jueves, 20 de enero de 2011 09:01:53 a.m.	Saul Delgadillo
9	44-148-152-151	jueves, 20 de enero de 2011 09:01:53 a.m.	Saul Delgadillo
8	222-30-124-49	martes, 18 de enero de 2011 09:05:44 a.m.	Jose Antonio Ortiz
7	220-112-166-151	lunes, 17 de enero de 2011 03:05:35 p.m.	Remberto Sandoval
6	220-112-166-151	lunes, 17 de enero de 2011 12:53:27 p.m.	Remberto Sandoval
5	44-148-152-151	lunes, 17 de enero de 2011 11:53:20 a.m.	Alejandro Chacon
4	44-148-152-151	lunes, 17 de enero de 2011 09:28:14 a.m.	Alejandro Chacon
3	222-30-124-49	lunes, 17 de enero de 2011 09:28:01 a.m.	Jose Antonio Ortiz
2	108-112-166-151	lunes, 17 de enero de 2011 09:13:52 a.m.	Saul Delgadillo
1	108-112-166-151	lunes, 17 de enero de 2011 07:01:45 a.m.	Saul Delgadillo

Identificación requerida

http://192.168.1.78 está solicitando un nombre de usuario y una contraseña. El sitio dice: "La contraseña predeterminada del sitio es: admin-xdcircuits"

Nombre de usuario:

Contraseña:

Copyright © XD CIRCUITS 2010

### ILUSTRACIÓN 7-2: CAPTURA DE PANTALLA DE LA PÁGINA DE AUTENTICACIÓN

El usuario y contraseña que están predeterminados en el sistema son: admin – xdcircuits, dicha contraseña podrá ser cambiada más adelante en la sección de configuración.



INICIO || ACCESO || CONFIGURACION || ACERCA DE

**Control de usuarios**  
Para dar de alta un usuario escriba el nombre, seleccione enviar y coloque la tarjeta en el lector.

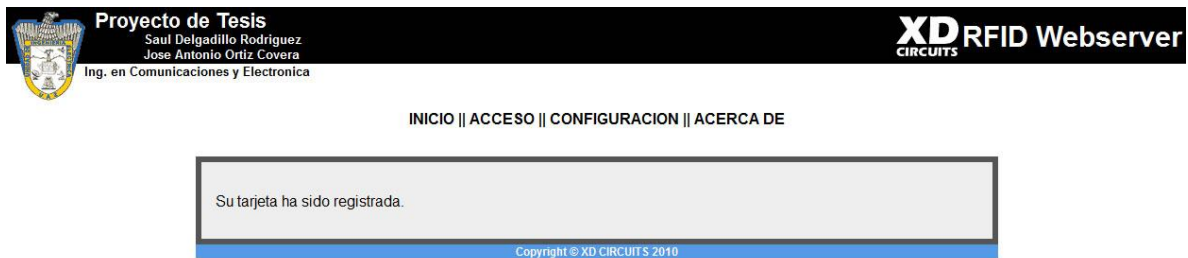
1	Nombre:	Saul Delgadillo	Borrar:	<input type="checkbox"/>	Enviar	108-112-166-151
2	Nombre:	Jose Antonio Ortiz	Borrar:	<input type="checkbox"/>	Enviar	222-30-124-49
3	Nombre:	Remberto Sandoval	Borrar:	<input type="checkbox"/>	Enviar	220-112-166-151
4	Nombre:	Alejandro Chacon	Borrar:	<input type="checkbox"/>	Enviar	44-148-152-151
5	Nombre:		Borrar:	<input type="checkbox"/>	Enviar	No Asignado
6	Nombre:		Borrar:	<input type="checkbox"/>	Enviar	No Asignado
7	Nombre:		Borrar:	<input type="checkbox"/>	Enviar	No Asignado
8	Nombre:		Borrar:	<input type="checkbox"/>	Enviar	No Asignado
9	Nombre:		Borrar:	<input type="checkbox"/>	Enviar	No Asignado
10	Nombre:		Borrar:	<input type="checkbox"/>	Enviar	No Asignado
11	Nombre:		Borrar:	<input type="checkbox"/>	Enviar	No Asignado
12	Nombre:		Borrar:	<input type="checkbox"/>	Enviar	No Asignado
13	Nombre:		Borrar:	<input type="checkbox"/>	Enviar	No Asignado
14	Nombre:		Borrar:	<input type="checkbox"/>	Enviar	No Asignado
15	Nombre:		Borrar:	<input type="checkbox"/>	Enviar	No Asignado
16	Nombre:		Borrar:	<input type="checkbox"/>	Enviar	No Asignado
17	Nombre:		Borrar:	<input type="checkbox"/>	Enviar	No Asignado
18	Nombre:		Borrar:	<input type="checkbox"/>	Enviar	No Asignado
19	Nombre:		Borrar:	<input type="checkbox"/>	Enviar	No Asignado
20	Nombre:		Borrar:	<input type="checkbox"/>	Enviar	No Asignado

Copyright © XD CIRCUITS 2010

### ILUSTRACIÓN 7-3: CAPTURA DE PANTALLA DE LA PÁGINA DE ACCESO

En la imagen observamos que se cuenta con distintas columnas. La primera es el consecutivo, simplemente para llevar un orden. En la segunda columna ingresamos el nombre del usuario que portará la tarjeta RFID. Al hacer clic en enviar, un led prenderá en el sistema esperando a que se acerque una tarjeta y grabarle la información. Acto seguido nos desplegará una pantalla indicándonos que el registro se ha llevado con éxito.






#### ILUSTRACIÓN 7-4: MENSAJE DE REGISTRO SATISFACTORIO

Esta pantalla se muestra unos cuantos segundos para después regresar a la página de acceso en donde veremos el número ID de la tarjeta asignado a dicha persona.

En caso de que ocurriese un error, se mostrará un mensaje de Error y se deberá repetir el registro de la tarjeta.

## Configuración

Esta página también requiere de autenticación mediante contraseña, ya que desde aquí se configuran varias funciones de nuestro equipo.

**Proyecto de Tesis**  
Saul Delgadillo Rodríguez  
Jose Antonio Ortiz Covera  
Ing. en Comunicaciones y Electronica

**XD** RFID Webserver  
CIRCUITS

**Pagina de Configuracion**  
Tiempo de apertura de la puerta: 10 seg  
  
Nº de registros por reporte: 75 (1-75)  
Correo de reportes: correo@mail.com  
Servidor SMTP: mail.zacateks.com  
Usuario: rfid@zacateks.com  
Contraseña: .....  
Puerto: 26  
  
Contraseña Actual:   
Nueva Contraseña:   
Repite Contraseña:   
  
martes, 15 de febrero de 2011 04:39:41 p.m.  
Sincronizar la hora y fecha con la PC actual.  
  
Restablecer el sistema a su configuracion de fabrica.  
  
Copyright © XD CIRCUITS 2010

### ILUSTRACIÓN 7-5: CAPTURA DE PANTALLA DE LA PÁGINA DE CONFIGURACIÓN

Como se observa en la imagen, la página está dividida en 5 secciones, que se detallarán a continuación.

En la primera podemos establecer el tiempo que durará en alto la señal que se conecta a la chapa electrónica. Esto con el fin de estar preparados para el tiempo que requiera cada chapa en específico.

La segunda sección corresponde a los reportes de correo electrónico.

- Debemos indicar el número de registros por reporte, teniendo un máximo de 75.
- Escribimos el correo al cual queremos que sean enviados los reportes.
- En servidor SMTP establecemos el servidor de correo desde el cual se enviarán los reportes. En los siguientes campos escribimos el nombre de usuario y contraseña para utilizar el servidor SMTP
- Por último escribimos el puerto por el cual se realizará la comunicación.

El siguiente sector nos permite cambiar la contraseña de acceso a las páginas que lo requieran, para realizar el cambio, es necesario escribir la contraseña actual y la nueva dos veces, esto para ayudar a evitar errores durante el ingreso de la nueva contraseña.

El siguiente apartado nos permite realizar una sincronización con la fecha y hora de la computadora desde la cual se haya ingresado al sitio web. Dicha función nos permite resolver el problema de sincronización automática del servidor en caso de que el puerto que utiliza esté bloqueado por los administradores de la red.

Por último tenemos la opción de restablecer el sistema a su “configuración de fábrica”.

## Acerca de

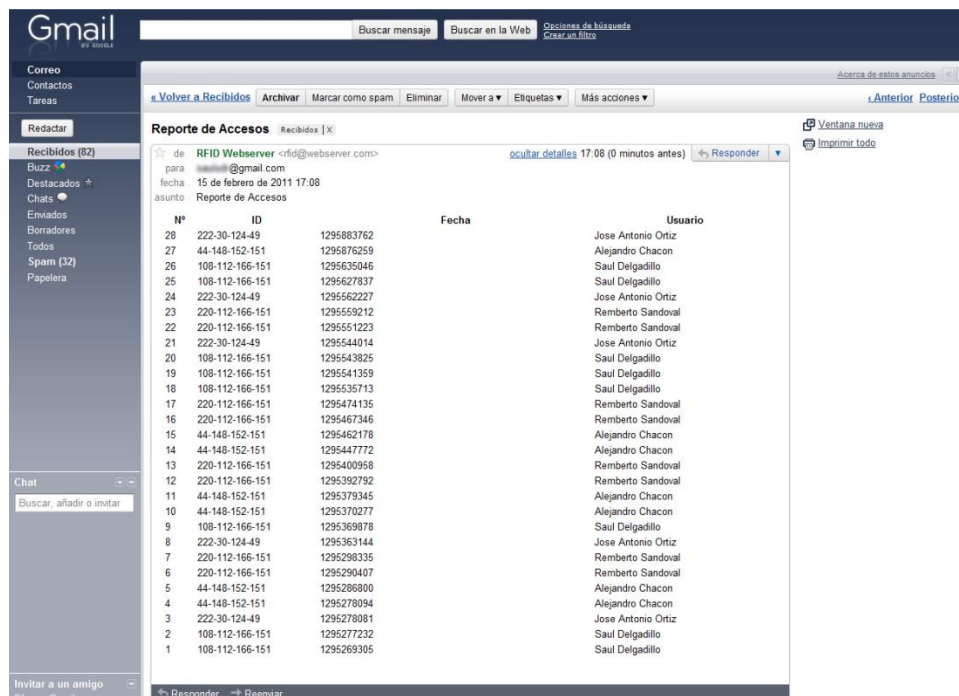
Para terminar, en la sección Acerca de, podemos ver una breve descripción del sistema, los alumnos que presentamos la tesis y nuestros asesores. Así como el nombre de la universidad y la unidad académica.



ILUSTRACIÓN 7-6: CAPTURA DE PANTALLA DE LA PÁGINA DE ACERCA DE

## Reportes enviados por correo

Como se vio anteriormente, el sistema tiene la capacidad de enviar reportes por medio de un correo electrónico. Dichos reportes cuentan básicamente con la misma información que vemos en la pantalla de inicio.



#### ILUSTRACIÓN 7-7: REPORTES ENVIADOS POR CORREO

Podemos observar las mismas 4 columnas: Consecutivo, ID, Fecha y nombre de usuario.

El único cambio que se observa es la fecha. Debido a que en el PIC entrega la fecha en formato epoch, en la página web ésta es transformada a un formato que podamos leer mediante un código en javascript. Sin embargo los clientes de correo no permiten la ejecución de este tipo de código por razones de seguridad, por lo que el formato de la fecha no puede ser cambiado.

Para entender la hora bastará con utilizar un programa como Excel o bien una aplicación web que nos transforme la fecha entre formatos.

## Pruebas de alcance

Uno de nuestros objetivos para evaluar la tecnología RFID consta principalmente de la distancia a la que puede ser leída una etiqueta, no solamente del lector, sino del sistema completo, ya que tanto los componentes como el circuito impreso pueden interferir en la distancia que menciona el fabricante del lector.

Estos resultados son sumamente importantes ya que es un factor decisivo a la hora de ser implementados en algún proyecto por lo que a continuación mostramos la evaluación de nuestro sistema.

Primeramente se muestra la distancia máxima de medición registrada por la parte superior del contenedor, alcanzando los 4.6 cm.

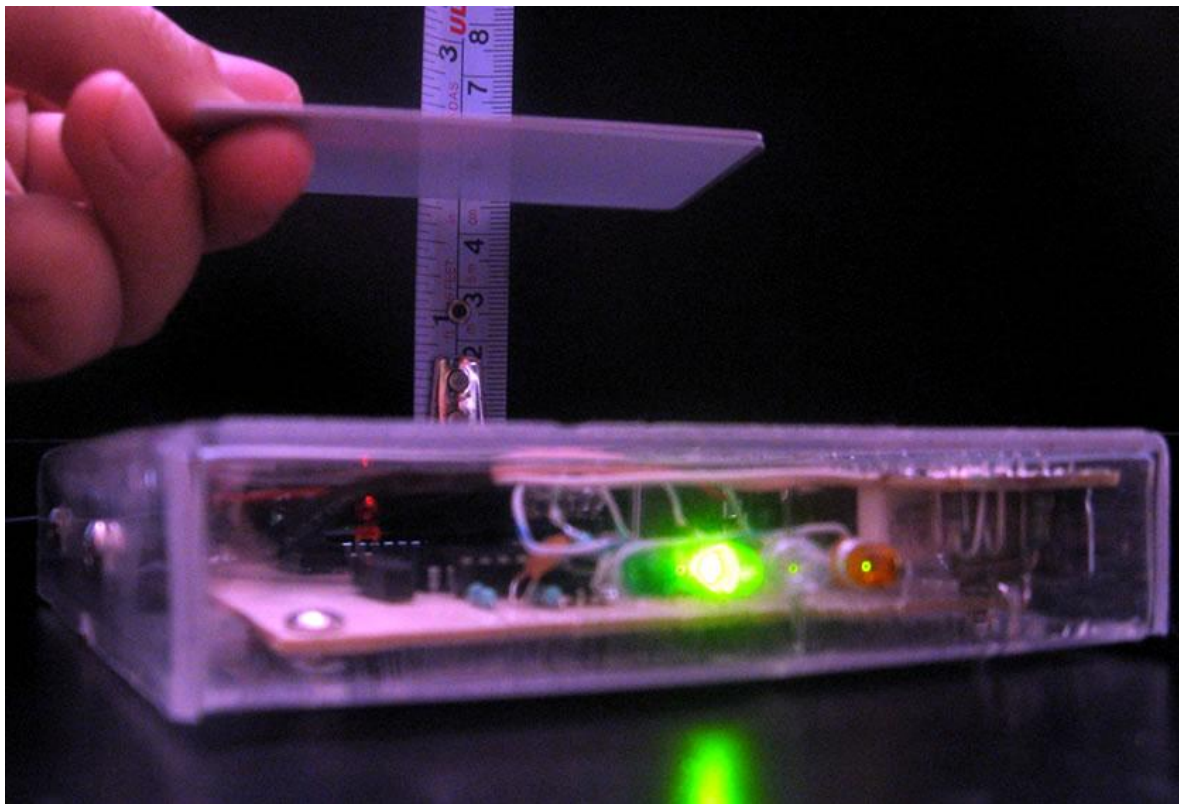
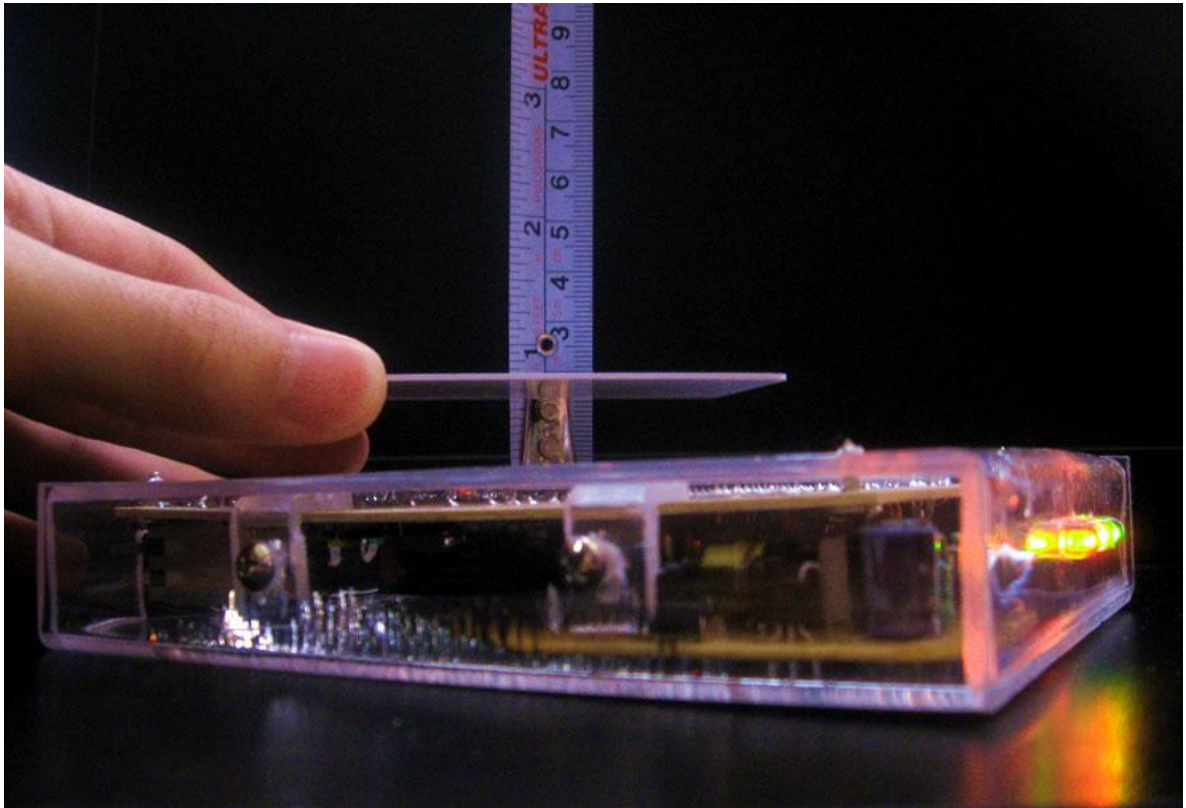


ILUSTRACIÓN 7-8: PRUEBA DE ALCANCE POR LA PARTE FRONTAL

Y por el lado posterior, la distancia máxima fue de 1.5 cm.



**ILUSTRACIÓN 7-9: PRUEBA DE ALCANCE POR LA PARTE POSTERIOR**

Dado que la altura del contenedor es de 3 centímetros se puede observar claramente que una vez montado el lector RFID reduce significativamente la distancia máxima de lectura indicada por el fabricante, que en el caso del ID-20MFIA es de 10 cm., sobre todo en la parte posterior del circuito la distancia de lectura se vio gravemente afectada por el circuito impreso de cobre.

Además durante las pruebas el lector demostró ser incapaz de recibir la señal de la etiqueta a través de una delgada capa metálica por lo que el uso de un contenedor metálico en un circuito similar no es recomendable, a menos que una antena externa al contenedor sea conectada al lector. Dicha conexión no representaría problema alguno debido a que el lector ID-20MFIA y otros similares cuentan con las entradas adecuadas para esta implementación.

## Costos del proyecto

El costo de fabricación del circuito prototipo toma en cuenta los precios de los siguientes componentes utilizados:

**TABLA 7-1: COSTOS DEL PROYECTO**

Cantidad	Modelo	Descripción	Costo p/u USD	Costo p/u MXN	Total
1	M74HCT08B1R	Compuerta AND CMOS ST	\$0.72	\$8.76	\$8.76
1	ENC28J60-I/SP	Microchip ENC28j60	\$8.13	\$99.59	\$99.59
1	PIC18F4620-I/P	Microchip PIC18f4620	\$4.72	\$57.82	\$57.82
1	59K8191	Cristal Abracon 25Mhz	\$0.51	\$6.21	\$6.21
1	59K8172	Cristal Abracon 10Mhz	\$0.51	\$6.21	\$6.21
1	J1006F21	Conector RJ45 Pulse Telecom	\$12.48	\$152.88	\$152.88
1	33P7567	100mA EMI/RFI Ferrite Bread	\$1.81	\$22.17	\$22.17
4	CMF5049R 900FHEK	Resistencia Xilicon Metal Film 49.9ohm 1%	\$0.08	\$0.96	\$3.82
1	CMF1/42321 FLFTR	Resistencia Xilicon Metal Film 2.32kohm 1%	\$0.17	\$2.07	\$2.07
1	590-609	Placa de cobre fotosensible MG-Chemicals	\$11.04	\$135.24	\$135.24
1	STA-P52MS	Adaptador LG de CA a 5.1V a 0.7A	\$7.86	\$96.29	\$96.29
1	ID-20MFIA	Lector RFID de 13.56MHZ con Antena Interna		\$1,043.00	\$1,043.00
5	IC-CARD	Tarjeta RFID 13.56MHZ ISO-14443A		\$15.41	\$77.05
1	LM317T	Circuito Regulador de Voltaje 1.25-30V		\$13.00	\$13.00
1	505-390	Cable de Alimentacion 120V CA		\$21.00	\$21.00
1	IC40P	Base p/ Circuito Integrado 40 pines		\$6.00	\$6.00
1	IC28P	Base p/ Circuito Integrado 28 pines		\$5.00	\$5.00
1	AU-1012	Micro SwitchPush		\$4.00	\$4.00
2	E5/VER-C	LED Indicador Verde 5mm		\$3.00	\$6.00
1	E5/ROJ-C	LED Indicador Rojo 5mm		\$3.00	\$3.00
1	E5/AMB-C	LED Indicador Ambar 5mm		\$3.00	\$3.00
1	E3/AMB-C	LED Indicador Verde 3mm		\$3.00	\$3.00
1	E3/VER-C	LED Indicador Rojo 3mm		\$3.00	\$3.00
1	35/ROJ-C	LED Indicador Ambar 3mm		\$3.00	\$3.00



Cantidad	Modelo	Descripción	Costo p/u USD	Costo p/u MXN	Total
3	R180 1/2	Resistencia 1/2W 180ohm		\$1.00	\$3.00
1	R50 1/2	Resistencia 1/2W 50ohm		\$1.00	\$1.00
1	R40 1/2	Resistencia 1/2W 40ohm		\$1.00	\$1.00
1	R10K 1/2	Resistencia 1/2W 10Kohm		\$1.00	\$1.00
1	R470 1/2	Resistencia 1/2W 470ohm		\$1.00	\$1.00
1	R390 1/2	Resistencia 1/2W 390ohm		\$1.00	\$1.00
1	R240 1/2	Resistencia 1/2W 240ohm		\$1.00	\$1.00
7	R220 1/2	Resistencia 1/2W 220ohm		\$1.00	\$7.00
1	E10-50NP	Capacitor Electrolitico 50V 10uF		\$3.00	\$3.00
1	E1-50NP	Capacitor Electrolitico 50V 1uF		\$3.00	\$3.00
4	C.1-50	Capacitor Ceramico 50V .1uF		\$3.00	\$12.00
4	C10-500	Capacitor Ceramico 500V 10pF		\$3.00	\$12.00
1	-----	20x20cm Acrilico		\$20.00	\$20.00
9	-----	Tornillos p/CPU		\$2.00	\$18.00
1	-----	Gastos de Envio de Componentes		\$120.00	\$120.00
Subtotal				\$1,985.11	
IVA				\$317.62	
<b>Total</b>				<b>\$2,302.73</b>	

Como se puede observar, el costo de esta clase de circuito no es muy elevado y en dado caso que se llegue a fabricar en serie, el costo disminuiría considerablemente.

Se aprecia que cerca del 45% del costo total del prototipo se debe al que el lector RFID integra todos los componentes necesarios para la lectura y escritura de la tarjeta, así como la antena de transmisión, por lo que si se desea reducir aún más el costo se podría implementar un lector más económico o bien, diseñar uno propio.

En cuanto al equipo utilizado para llevar a cabo el desarrollo, construcción y programación se tienen los siguientes costos:

**TABLA 7-2: EQUIPO UTILIZADO PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO**

<b>Descripción</b>	<b>Costo MXN</b>
Computadora de Escritorio	\$12,000.00
Computadora Portatil	\$10,000.00
Programador de PICs	\$450.00
Router Ethernet	\$650.00
Pistola de Calor	\$500.00
Cautín Con Punta de Níquel	\$175.00
Pasta Para Soldar	\$9.00
Soldadura	\$19.00
Cloruro Férrico	\$25.00
Lámpara Fluorescente	\$50.00
Acetato de Impresión	\$5.00
Impresora Laser	\$850.00
Rectificador Dremel	\$600.00
<b>Total</b>	<b>\$25,333.00</b>

**TABLA 7-3: SOFTWARE UTILIZADO PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO**

<b>Descripción</b>	<b>Costo USD</b>	<b>Costo MXN</b>
MPLAB IDE 8.56	\$0.00	\$0.00
Microchip C18 3.30	\$495.00	\$6,063.75
Microchip TCP/IP Stack	\$0.00	\$0.00
Proteus 7.6	\$479.00	\$5,867.75
PCB Wizzard 3.5 Pro	\$9.95	\$121.89
Microsoft Word 2007	\$100.00	\$1,225.00
Microsoft Excel 2007	\$100.00	\$1,225.00
Adobe Fireworks CS5	\$89.00	\$1,090.25
Adobe Acrobat Pro CS5	\$99.00	\$1,212.75
Master ProgPic 64	\$0.00	\$0.00
Terminal v1.9b	\$0.00	\$0.00
Hyperterminal	\$0.00	\$0.00
Putty	\$0.00	\$0.00
<b>Total</b>		<b>\$16,806.39</b>

Se debe incluir además el costo de programación necesario para lograr que todo funcionara de manera correcta.

Considerando que el costo de programación por hora sea de \$100.00 y el tiempo invertido fue alrededor de 80 horas, tenemos un costo total de \$8000.00

Por otra parte tenemos el costo de diseño y fabricación del circuito, en el cual se invirtieron cerca de 30 horas, tomando en cuenta la selección de componentes, el acomodo y el montaje de los mismos. Así que considerando el mismo precio por hora mencionado en el párrafo anterior, nos da un costo de \$3000.00

Sumando los subtotales anteriores, tenemos que:

**TABLA 7-4: COSTO TOTAL DEL PROYECTO**

<b>Concepto</b>	<b>Costo</b>
Materiales	\$ 2,302.73
Equipo	\$ 25,333.00
Software	\$16,806.39
Programación	\$8,000.00
Diseño y fabricación	\$3,000.00

Total \$55,442.12

Como se puede observar el costo del prototipo es bastante elevado para un circuito tan simple. Sin embargo se espera que este diseño sirva para la producción en serie del sistema y de esta forma los costos posteriores se limitarán a materiales y costos de fabricación los cuales se pueden reducir al incrementar la cantidad de dispositivos fabricados, desvaneciendo el costo del diseño en cada uno de los circuitos vendidos.

Suponiendo que se compraran los materiales necesarios al mayoreo y que dicho costo fuera de \$1,800, más un costo de fabricación aproximado de \$1,000 y un margen de utilidad mínimo de \$4,200 daría un total de \$7,000, por lo que se necesitarían vender 14 unidades para recuperar la inversión total del prototipo.

## **Conclusiones**

Al finalizar el proyecto podemos decir que los objetivos, tanto generales como específicos, se han cumplido exitosamente y en algunos casos, superando las expectativas originales.

El circuito terminado ha demostrado estar al nivel de cualquier producto comercial de propósitos similares probando tener un costo relativamente bajo, así como un tamaño reducido para su fácil instalación.

Durante el proceso de programación nos dimos cuenta que el stack de Microchip ofrece una gran cantidad de funciones, fáciles de implementar y adaptar a una gran cantidad de proyectos.

Debido a que en la actualidad la mayoría de los dispositivos están implementando conectividad a través de internet, el uso de este tipo de tecnologías será cada vez mayor, por lo que este tipo de proyectos permiten analizar una serie de aspectos técnicos y prácticos para el desarrollo de futuras aplicaciones.

Algunas mejoras que se pudieran implementar en un futuro son:

- Incluir una memoria externa que permita instalar más módulos del stack TCP/IP, así como incrementar el número de usuarios y registros almacenados dentro del sistema.
- Instalar un lector con antena externa para incrementar el rango de lectura de las etiquetas RFID.

- Realizar el diseño en el formato adecuado para su fabricación en serie.
- Diseñar un lector RFID propio y de esta manera reducir de manera importante los costos.
- Hacer uso de un sistema de alimentación ininterrumpida.
- Crear un software independiente que permita recibir y almacenar la información de los correos de reportes enviados.

Por otra parte, hacemos resaltar que el circuito construido es solo un prototipo, ya que una vez probado y comprobado que ha cumplido las expectativas del diseño, se puede realizar un diseño más compacto que se pueda fabricar en serie, mejorando la calidad de la tarjeta, disminuyendo la probabilidad de fallas e incrementando su tiempo de vida.

Además tomando en cuenta la versatilidad de la tecnología RFID, tanto el diseño del circuito así como la programación de la aplicación se podrían adaptar fácilmente para cualquier otra aplicación similar reduciendo significativamente el tiempo de diseño y los costos de programación.

Dado lo anterior podemos decir que este proyecto es una buena base para seguir desarrollando la tecnología y las aplicaciones RFID en México.



ANEXOS EN LINEA

## Apéndice

Gran parte del proyecto se realizó en software, por lo que incluir las líneas de programación realizada dentro de este escrito resulta inconveniente. Por ello se anexan en formato digital los siguientes contenidos.

### Software Libre Utilizado

- MPLAB IDE 8.56
- Microchip TCP/IP Stack
- Proteus 7.6
- PCB Wizzard 3.5 Pro
- Master ProgPic 64
- Terminal v1.9b
- Hyperterminal
- Putty

### Software Desarrollado

- RFID Webserver (C18)
- Página web de control (HTML y CSS)
- Librerías modificadas de TCP/IP Stack

### Diseño del Circuito

- Diagrama esquemático
- Diseño y diagrama PCB

Disponibles en el link QR de la página anterior y en CD-ROM.