

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRONICA,  
TELECOMUNICACIONES**

**PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERÍA**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL E  
INVENTARIO ELECTRÓNICO A TRAVÉS DE LA INTERNET  
BASADO EN LA TECNOLOGÍA RFID PARA LOS LABORATORIOS  
DEL DEEE-ESPE”**

**DANIEL ALEJANDRO CADENA MORÁN  
LUIS GUILLERMO ROMERO SÁNCHEZ**

**SANGOLQUÍ- ECUADOR**

**2011**

## **CERTIFICACIÓN**

Se certifica que los señores Daniel Alejandro Cadena Morán y Luis Guillermo Romero Sánchez, desarrollaron y finalizaron el proyecto en su totalidad bajo nuestra dirección.

---

Ing. Darwin Aguilar  
DIRECTOR

---

Ing. Carlos Romero  
CODIRECTOR



## **RESUMEN**

El presente trabajo realiza el diseño e implementación de un prototipo de seguridad electrónica para el control de acceso de los usuarios y de los equipos de los laboratorios del DEEE basado en la tecnología RFID.

El proyecto tiene como finalidad realizar un sistema de seguridad para tener un control del acceso de usuarios a los laboratorios y también un control de los dispositivos que se encuentran en las instalaciones del DEEE, para esto se realiza una revisión de la teoría de la tecnología RFID y microcontroladores con comunicación Ethernet que involucra en el diseño del sistema.

En el desarrollo del trabajo se realiza el diseño del hardware utilizando el microcontrolador de Microchip PIC 18F97J60 con su característica principal de disponer un módulo de comunicación Ethernet embebido, complementariamente se utiliza el lector RFID ID-20 para registrar los tags de los usuarios y se diseña un circuito RFID activo para el control de los dispositivos de los laboratorios.

Se realizó también un software en Visual Basic para almacenar los datos de los registros de los tags en una base de datos (My SQL) así como también se realizó una interfaz web para que el administrador de los laboratorios tenga acceso a la base de datos de mejor manera y pueda autorizar ingresos a los laboratorios sin tener la necesidad de realizarlo en el servidor.

Finalmente, se presenta un análisis de costos y comparación con otros sistemas similares y se realiza las recomendaciones del proyecto para un mejor desempeño.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por darme la sabiduría, a mis padres que me apoyan en el camino de la vida y siempre velan por mi bienestar, en general a mi familia que contribuyeron en mi formación, a mis amigos que son un gran apoyo y compartimos una gran etapa de la vida.

Daniel Cadena M.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco principalmente a Dios por darme la fuerza, el corazón y las ganas, a toda mi familia, que en todo momento estuvieron incondicional a mi lado, y gracias a ellos se ha logrado cumplir esta nueva meta en mi vida.

Luis Romero S.

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo lo dedico a las personas que más amo en la vida a mis padres, que se han sacrificado para darme los estudios, y también aquellas personas que en el transcurso de mis estudios me acompañaron y apoyaron.

Daniel Cadena M.

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo lo dedico a las personas que más amo en la vida a mis padres, que se han sacrificado para darme los estudios, aquellas personas que en el transcurso de mis estudios me acompañaron y apoyaron sin bacilar.

Luis Romero S.



## **PRÓLOGO**

El presente proyecto es el diseño de un prototipo de un sistema de seguridad para los laboratorios del Departamento de Eléctrica y Electrónica, el cual presenta varias opciones como: un control del acceso de personal y también un control del equipamiento de cada laboratorio. Al ser el diseño de un prototipo, se implementó solamente en un laboratorio para adecuar el sistema a las necesidades generales de funcionamiento para este tipo de ambiente.

En el primer capítulo se realiza una descripción de los sistemas de control y monitoreo más comunes en nuestro medio como son los sistemas basados en RFID, además de los microcontroladores PIC-ETHERNET, y bases de datos MySQL. En cada una de estas tecnologías se detalla su funcionamiento y sus aplicaciones más comunes.

En el segundo capítulo se realiza la explicación detallada del diseño del Hardware, la explicación del circuito electrónico, así como también la programación del microcontrolador.

En el tercer capítulo se presenta el diseño de Software para el presente proyecto, software tanto como servidor de datos (necesario como enlace entre la base de datos y el Hardware) además del servidor WEB y las páginas incluidas que se presentan como solución para el cliente (monitoreo).



En el cuarto capítulo se presentan los resultados obtenidos en las pruebas del sistema, luego de la implementación del mismo. Se presentan posibles limitaciones detectadas, y el “como” mejorarlas.

Al final se presenta un análisis completo sobre el presente proyecto, conclusiones y recomendaciones sobre el mismo.



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I.....	22
PRESENTACIÓN .....	22
1.1 INTRODUCCIÓN .....	22
1.2 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA .....	23
1.3 ALCANCE.....	24
1.4 OBJETIVOS .....	26
1.4.1 General.....	26
1.4.2 Específicos.....	26
2.1 RFID (IDENTIFICACIÓN POR RADIO FRECUENCIA).....	27
2.2.1 Conceptos básicos .....	27
2.1.2 Clasificación .....	28
2.1.3 Lectores de RFID .....	30
2.1.4 Tipos de Conexión.....	32
2.1.5 Estándares .....	35
2.2 MICROCONTROLADOR .....	37
2.2.1 Estructura de los microcontroladores .....	37
2.2.1 Características generales de la familia 18FXXJXX .....	39
2.2.2 Descripción del Microcontrolador PIC18F97J60.....	41
2.2.3 Comunicación Ethernet .....	51
2.2.4 Comunicación Serial .....	60
2.3 RFID.....	62
2.3.1 Descripción del lector RFID ID-20 .....	62

2.3.2	Funcionamiento de lectura RFID .....	63
2.4	MySQL .....	65
2.4.1	Introducción.....	65
2.4.2	Aplicaciones .....	65
CAPÍTULO III .....		67
DISEÑO DEL HARDWARE.....		67
3.1	Diseño y Desarrollo del Sistema.....	68
3.1.1	Diagrama de bloques del sistema .....	68
3.1.2	Criterios de diseño .....	69
3.1.2	PCB de la placa principal. ....	73
3.2	Programación .....	74
3.2.1	Lenguaje de programación .....	74
3.2.2	Compilador .....	74
3.2.3	Descripción del stack TCP/IP de Microchip .....	74
3.2.4	Configuración de la pila del stack TCP/IP .....	75
3.2.5	Requerimientos del programa del microcontrolador. ....	76
CAPÍTULO IV .....		81
DISEÑO DEL SOFTWARE DEL SISTEMA .....		81
4.1	DESCRIPCIÓN GENERAL.....	81
4.2	SERVIDOR DE DATOS.....	83
4.2.1	Servidor de Comunicación .....	83
4.2.2	Lenguaje de programación .....	83
4.2.3	Base de datos .....	86
4.2.4	Manejo de la base de datos.....	93
4.3	Interfaz WEB .....	97

4.3.1	Inicio.....	99
4.3.2	Login.....	100
4.3.3	ID Laboratorios .....	101
4.3.4	Menú.....	102
	CAPÍTULO V .....	115
	ANÁLISIS DEL SISTEMA .....	115
5.1	DESCRIPCIÓN GENERAL.....	115
5.1.1	Comparativa entre tecnologías RFID-Código de barras- RuBee .....	115
5.1.2	Comparativa entre el proyecto presentado y otro sistema comercial .....	119
5.2	ANÁLISIS DE COSTOS.....	120
5.2.1	Hardware del sistema.....	120
5.2.2	Instalación.....	121
5.2.3	Software.....	121
5.2.4	Relación costo-beneficio del Proyecto .....	122
5.4	CONCLUSIONES .....	123
5.4	RECOMENDACIONES.....	125
	ANEXOS .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
	ANEXO 1 .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
	MANUAL DE USUARIO .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
	ANEXO 2 .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
	CÓDIGO DE PROGRAMA PIC 18F97J60 .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
	ANEXO 3 .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
	CÓDIGO DE PROGRAMA SERVIDOR .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
	ANEXO 4 .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
	INVENTARIO DE LABORATORIO .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

ANEXO 5 ..... ¡Error! Marcador no definido.

DATASHEET RFID ID-20..... ¡Error! Marcador no definido.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA ..... ¡Error! Marcador no definido.

## **ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 2. 1 Microcontroladores de la familia 18FXXJXX .....	39
Tabla 2. 2 Características del lector ID-20 .....	63
Tabla 4. 3 Tabla de la base de datos “ <i>TESIS</i> ” .....	95
Tabla 4. 4 Tabla Autorizados .....	96
Tabla 5. 5 Costos de hardware.....	120
Tabla 5. 6 Costos de instalación .....	121
Tabla 5. 7 Sistemas similares en el mercado .....	122

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2. 1 Componentes de un sistema de control RFID .....	28
Figura 2. 2 Componentes del RFID .....	32
Figura 2. 3 Componentes del microcontrolador .....	38
Figura 2. 4 Pines del microcontrolador 18F97J60 .....	42
Figura 2. 5 Estructura del PIC 18F97J60 .....	44
Figura 2. 6 Diagrama de bloques del módulo Ethernet .....	46
Figura 2. 7 Componentes externos del módulo Ethernet .....	50
Figura 2. 8 Estructura del modelo OSI .....	52
Figura 2. 9 Formato de la trama IEEE 802.3 .....	54
Figura 2. 10 Relación del modelo OSI y TCP/IP .....	58
Figura 2. 11 Integrado RDIF ID-20 .....	62
Figura 3. 12 Diagrama de bloques del sistema .....	68
Figura 3. 13 Esquema del circuito electrónico del microcontrolador .....	72
Figura 3. 14 Esquema del circuito electrónico del módulo Ethernet .....	72
Figura 3. 15 Esquema del circuito electrónico del regulador de voltaje .....	73
Figura 3. 16 PCB del circuito .....	73
Figura 3. 17 Stack TCP/IP .....	75
Figura 3. 18 Diagrama de flujo programa principal .....	77
Figura 3. 19 Diagrama de flujo de la conexión TCP/IP .....	78
Figura 3. 20 Diagrama de flujo de envío y recepción de datos .....	79
Figura 3. 21 Diagrama de flujo lectura de códigos de los RFIDs .....	80
Figura 3. 22 Diagrama de flujo para activar la cerradura .....	80
Figura 4. 23 Menú Proyecto-Componentes .....	84

Figura 4. 24 Ventana de Componentes.....	84
Figura 4. 25 HMI .....	85
Figura 4. 26 Configuración de parámetros de conexión, mediante las propiedades del componente.....	85
Figura 4. 27 Configuración de parámetros de conexión, mediante el código de programa .....	86
Figura 4. 28 Instalador-Conector MySQL.....	86
Figura 4. 29 Interfaz gráfica del Servidor de Comunicación .....	89
Figura 4. 30 Flujograma, funcionamiento del servidor de comunicación en MODO RECIBIR LAN .....	90
Figura 4. 31 Flujograma, funcionamiento del servidor de comunicación en MODO AUTORIZADO.....	92
Figura 4. 32 XAMPP para Windows.....	93
Figura 4. 33 phpMyAdmin – Interfaz gráfica para manejo de base de datos.....	94
Figura 4. 34 Pantalla de inicio .....	100
Figura 4. 35 Pantalla de LOGIN.....	101
Figura 4. 36 Pantalla de ID Laboratorios .....	102
Figura 4. 37 Pantalla de MENÚ .....	103
Figura 4. 38 Pantalla Lectura RFID.....	104
Figura 4. 39 Pantalla Tabla de Ingreso.....	106
Figura 4. 40 Pantalla Tabla de Retiro .....	107
Figura 4. 41 Pantalla Ingreso de usuarios.....	109
Figura 4. 42 Pantalla Eliminar Usuarios.....	110
Figura 4. 43 Pantalla Autorizar Ingreso de Usuarios.....	111
Figura 4. 44 Pantalla Tabla Datos de usuarios registrados.....	112
Figura 4. 45 Pantalla Ingreso de Equipos .....	113
Figura 4. 46 Pantalla Eliminación de Usuarios .....	114
Figura 47 Circuito Ethernet .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 48 Conexiones del circuito.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 49 Integrado RFID ID-20.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 50 Receptor Inalámbrico RF-433Mhz.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 51 Software del servidor .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

Figura 52 Parámetros para conectar la base de datos .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 53 Ingreso de puerto (socket).....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 54 Modos de trabajo.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 55 Configurador del lector RFID .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 56 Campo: Ingreso ID alarma.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 57 Selección de tiempo .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 58 Campo: Registro de tarjetas .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 59 Campo: Nombre de laboratorio.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 60 Campo: Encargado de laboratorio.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 61 Campo: Comentarios del laboratorio. ....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 62 Ingreso de IP .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 63 Ventana de login .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 64 Ingreso de cuenta.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 65: Ingreso de laboratorio .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 66 Ventana con listado de los laboratorios .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 67 Hipervínculo para ingresar a opciones.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 68 Ventana del menú de registro de IDs .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 69 Ventana de ingreso de usuario .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 70 Ventana para autorizar usuario por hora .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 71 Ventana con registro de usuarios .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 72 Ventana con el menú principal.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

## **CAPÍTULO I**

### **PRESENTACIÓN**

#### **1.1 INTRODUCCIÓN**

En la actualidad, los Laboratorios del Departamento de Eléctrica y Electrónica son utilizados por los alumnos de la Escuela Politécnica del Ejército, como complemento a la educación obtenida en los salones de clases, para afianzar los conocimientos recibidos y además poner en práctica los mismos. Por tal motivo, los elementos y equipos pertenecientes a los laboratorios se encuentran en constante uso, incluso en horarios extendidos de clases (fuera de clase), además que muchos equipos pertenecientes a un laboratorio son utilizados en otro lugar sea este como por ejemplo un aula de clase, oficinas, etc.; teniendo así muchas veces desconocimiento de la persona quien trasladó el equipo de su lugar de origen.

Los equipos que pertenecen a los laboratorios del D.E.E.E alcanzan precios muy elevados, por lo cual se ha visto la necesidad de brindar seguridad a los mismos, en función de esto se han desarrollado diversos proyectos de tesis como control de acceso electrónico y demás, dichos proyectos han sido siempre enfocados al acceso de personas a los laboratorios mas no al control de los equipos.

Apoyados en el progreso de la tecnología, se propone el presente proyecto de seguridad electrónica el diseño e implementación de un prototipo basado en la tecnología RFID para llevar un control de acceso de los usuarios y de los equipos que se encuentran en los laboratorios.

RFID (siglas de *Radio Frequency IDentification*, en español identificación por radio frecuencia) es un sistema de almacenamiento y recuperación de datos remoto que usa dispositivos denominados etiquetas, tarjetas o tags RFID. El propósito fundamental de la tecnología RFID es transmitir la identidad de un objeto (similar a un número de serie único) mediante ondas de radio. Las tecnologías RFID se agrupan dentro de las denominadas Auto ID (*automatic identification*, o identificación automática).

Las etiquetas RFID son unos dispositivos pequeños, similares a una pegatina, que pueden ser adheridas o incorporadas a un producto, un animal o una persona. Contienen antenas para permitirles recibir y responder a peticiones por radiofrecuencia desde un emisor-receptor RFID. Las etiquetas pasivas no necesitan alimentación eléctrica interna, mientras que las activas sí lo requieren. Una de las ventajas del uso de radiofrecuencia (en lugar, por ejemplo, de infrarrojos) es que no se requiere visión directa entre emisor y receptor.

## **1.2 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA**

Dada la importancia de los equipos de los Laboratorios y la constante renovación de los mismos, se tiene la necesidad de tener un inventario claro, real y conciso sobre todos los equipos de dichos laboratorios, razón por la cual presentamos e incluimos la solución de inventario electrónico sobre ellos.

En este caso, el alcance del presente proyecto se define, para los laboratorios del DEEE-ESPE, por la cantidad de equipos y su costo, de manera que se pueda tener un mejor control sobre los mismos, ya que es fundamental conocer que persona retiró cierto equipo y en qué momento, para así satisfacer lo más rápido posible una necesidad urgente de disponibilidad del mismo.

Se plantea el diseño del presente proyecto, utilizando como medio de comunicación la red de datos (LAN), en este caso en particular, la red interna disponible en los laboratorios del DEEE-ESPE, para lo cual se propone la utilización de un microcontrolador PIC-ETHERNET, este microcontrolador tiene la particularidad de tener poseer un puerto Ethernet compatible con el estándar 802.3

### **1.3 ALCANCE**

Se realizará el diseño y la implementación del prototipo de un sistema de control e inventario electrónico utilizando la tecnología RFID y la red de datos del DEEE-ESPE, para los Laboratorios.

Para un correcto desempeño del sistema, se desarrollará un software de monitoreo computacional, con el cual se podrá controlar la asignación o el retiro de equipos del Laboratorio, permitiendo así el acceso solo a personas autorizadas por el administrador mediante el software, el cual dispondrá de diversas opciones para un completo inventario y control electrónico, además recibirá información vía LAN por medio de la tecnología PIC-ETHERNET, haciendo así uso de la red de datos LAN que existente en los laboratorios.

El PC, se encontrará en el centro de datos del DEEE, lugar en el cual se encuentran algunos servidores, los cuales nos serán muy útiles en el desarrollo del proyecto, convirtiéndose así en nuestro “centro de monitoreo”.

El presente proyecto se implementará en el laboratorio de Networking, por lo que se deberá instalar una cerradura eléctrica para la integración completa del sistema. Debido a que el proyecto utiliza como medio de comunicación la red de datos ETHERNET de los laboratorios del DEEE-ESPE, el presente proyecto puede ser en un futuro mediato implementado en cada uno de los laboratorios, logrando así un control total de todos y cada uno de los laboratorios, puesto que la lógica y el sistema no cambia, solo cambia la ubicación física, para lo cual el software poseerá todas las características necesarias para la expansión del proyecto.

Se desarrollará además como complemento al software propuesto, una solución vía web (página web), con las mismas potencialidades y características del software de monitoreo, para poder asignar así permisos de retiro e inserción de equipos cuando el administrador del sistema no se encuentra en el “centro de monitoreo” superando así problemáticas como uso de equipos de laboratorio en fines de semana o feriados, donde el personal encargado no se encuentra en su lugar de trabajo (“centro de monitoreo”- ESPE). Para garantizar el funcionamiento de nuestro sistema vía web.

Previo a la implementación, se realizarán las pruebas necesarias para el correcto funcionamiento del sistema propuesto, puesto que se debe tener en cuenta la posición del detector RFID para cubrir toda el área de la puerta de ingreso al laboratorio, además de encontrar la ubicación de los tags de identificación para cada equipo, ya que por la complejidad de los mismos, pueden interferir con el correcto funcionamiento de los equipos.

Finalmente, se implementará el sistema completo, y se analizará el costo-beneficio de dicho sistema con la tecnología empleada, además de comparar con sistemas similares en el mercado nacional.

## **1.4     OBJETIVOS**

### **1.4.1   General**

Realizar el diseño e implementación de un sistema de control e inventario electrónico a través de la internet basado en la tecnología RFID para los laboratorios del Departamento de Eléctrica y Electrónica de la Escuela Politécnica del Ejército.

### **1.4.2   Específicos**

- Estudiar el marco teórico referente a la tecnología RFID y PIC-ETHERNET.
- Diseñar el sistema de seguridad con los parámetros establecidos.
- Realizar la implementación del sistema.
- Determinar la eficiencia del sistema, en base a pruebas de funcionamiento.

## CAPÍTULO II

### INTRODUCCIÓN

#### 2.1 RFID (IDENTIFICACIÓN POR RADIO FRECUENCIA)

##### 2.2.1 Conceptos básicos

Existen 3 componentes básicos en un sistema de RFID (1):

- **Tag:** etiqueta o transponder de RFID consiste en un pequeño circuito, integrado con una pequeña antena, capaz de transmitir un número de serie único hacia un dispositivo de lectura, como respuesta a una petición. Algunas veces puede incluir una batería.
- **Lector:** el cual puede ser de lectura o lectura/escritura, está compuesto por una antena, un módulo electrónico de radiofrecuencia y un módulo electrónico de control.
- **Controlador:** o un equipo anfitrión, comúnmente una PC o Workstation, en la cual corre una base de datos y algún software de control.

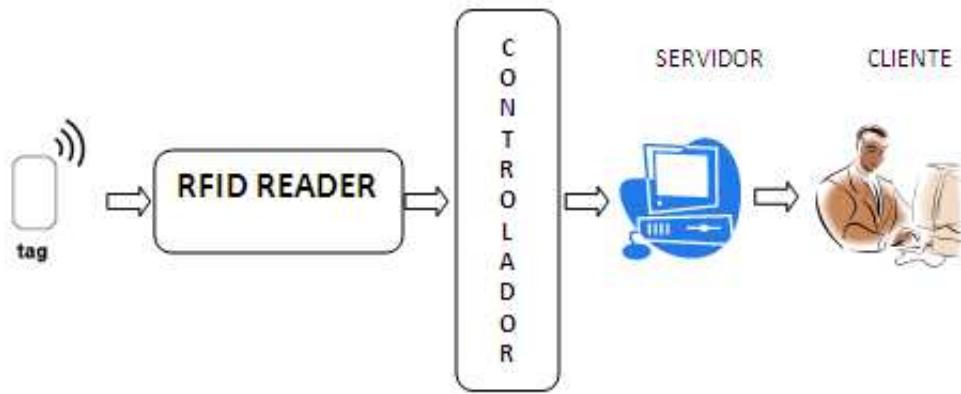


Figura 2. 1 Componentes de un sistema de control RFID

### 2.1.2 Clasificación

Las tecnologías de auto identificación por radio frecuencia se clasifican en 3 tipos según el tipo del tag:

- **Sistemas pasivos:** En los cuales las etiquetas de RFID no cuentan con una fuente de poder. Su antena recibe la señal de radiofrecuencia enviada por el lector y almacena esta energía en un capacitor. La etiqueta utiliza esta energía para habilitar su circuito lógico y para regresar una señal al lector. Estas etiquetas pueden llegar a ser muy económicas y pequeñas, pero su rango de lectura es muy limitado.
- **Sistemas activos:** Utilizan etiquetas con fuentes de poder integradas, como baterías. Este tipo de etiquetas integra una electrónica más sofisticada, lo que incrementa su capacidad de almacenamiento de datos, interfaces con sensores, funciones especializadas, además de que permiten que exista una mayor distancia entre lector y etiqueta (20m a 100m). Este tipo de etiquetas son más costosas y tienen un mayor tamaño.

- **Sistemas Semi-Activos:** Emplean etiquetas que tienen una fuente de poder integrada, la cual energiza al tag para su operación, sin embargo, para transmitir datos, una etiqueta semi-activa utiliza la potencia emitida por el lector.

En este tipo de sistemas, el lector siempre inicia la comunicación. La ventaja de estas etiquetas es que al no necesitar la señal del lector para energizarse (a diferencia de las etiquetas pasivas), pueden ser leídas a mayores distancias, y como no necesita tiempo para energizarse, estas etiquetas pueden estar en el rango de lectura del lector por un tiempo substancialmente menor para una apropiada lectura. Esto permite obtener lecturas positivas de objetos moviéndose a altas velocidades.

Los tags activos como los pasivos se pueden subdividir de la siguiente forma:

- **Solo Lectura (RO):** En estos dispositivos, los datos son grabados en el tag durante su fabricación. Después de esto, los datos no podrán ser reescritos.
- **Una Escritura, Muchas Lecturas (WORM):** Un tag WORM, puede ser programado sólo una vez, pero esta escritura generalmente no es realizada por el fabricante sino por el usuario justo en el momento que el tag es creado.
- **Lectura y Escritura (RW):** Estas etiquetas, pueden ser reprogramadas muchas veces, típicamente este número varía entre 10,000 y 100,000 veces, incluso mayores. Esta opción de reescritura ofrece muchas ventajas, ya que el tag puede ser escrito por el lector, e inclusive por sí mismo en el caso de los tags activos. Estas etiquetas regularmente contienen una memoria Flash o FRAM para almacenar los datos.

También hay cuatro clases distintas de clasificación según su radio frecuencia:

- **Baja Frecuencia (9-135 KHz):** Los sistemas que utilizan este rango de frecuencia tienen la desventaja de una distancia de lectura de sólo unos cuantos centímetros. Sólo pueden leer un elemento a la vez.
- **Alta Frecuencia (13.56 MHz):** Esta frecuencia es muy popular y cubre distancias de 1cm a 1.5 m. Típicamente las etiquetas que trabajan en esta frecuencia son de tipo pasivo.
- **Frecuencia Ultra Elevada (0.3-1.2GHz):** Este rango se utiliza para tener una mayor distancia entre la etiqueta y el lector (de hasta 4 metros, dependiendo del fabricante y del ambiente). Estas frecuencias no pueden penetrar el metal ni los líquidos a diferencia de las bajas frecuencias pero pueden transmitir a mayor velocidad y por lo tanto son buenos para leer más de una etiqueta a la vez.
- **Microondas (2.45-5.8GHz):** La ventaja de utilizar un intervalo tan amplio de frecuencias es su resistencia a los fuertes campos electromagnéticos, producidos por motores eléctricos, por lo tanto, estos sistemas son utilizados en líneas de producción de automóviles. Sin embargo, estas etiquetas requieren de mayor potencia y son más costosas, pero es posible lograr lecturas a distancias de hasta 6 metros.

### 2.1.3 Lectores de RFID

El lector de RFID es un dispositivo que puede leer y escribir datos hacia tags RFID compatibles. El lector es el componente central del hardware en un sistema de RFID y tiene los siguientes componentes:

- **Transmisor:** El transmisor emite potencia y envía el ciclo de reloj a través de su antena hacia los tags que se encuentran dentro de su rango de lectura.
- **Receptor:** Este componente recibe las señales analógicas provenientes del tag a través de la antena y envía estos datos al microprocesador, donde esta información es convertida en su equivalente digital.
- **Antena:** Esta antena va conectada directamente al transmisor y al receptor. Existen lectores con múltiples puertos para antenas, lo que les permite tener múltiples antenas y extender su cobertura.
- **Microprocesador:** Este componente es responsable de implementar el protocolo de lectura empleado para comunicarse con tags compatibles. Decodifica y realiza verificación de errores a las señales recibidas. Adicionalmente, puede contener cierta lógica para realizar filtrado y procesamiento de bajo nivel de los datos leídos, esto es, eliminar lecturas duplicadas o erróneas.
- **Memoria:** La memoria es utilizada para almacenar información como los parámetros de configuración del lector, además de una lista de las últimas lecturas realizadas, de modo tal que si se pierde la comunicación con la PC, no se pierdan todos los datos.
- **Canales de Entrada/Salida:** Estos canales permiten al lector interactuar con sensores y actuadores externos. Estrictamente hablando, es un componente opcional, pero incluido en la mayoría de los lectores comerciales de la actualidad.
- **Controlador:** El controlador es el componente que permite a una entidad externa, sea un humano o un software de computadora, comunicarse y controlar las funciones del lector.

- **Interfaz de Comunicación:** Esta interfaz provee las instrucciones de comunicación, que permiten la interacción con entidades externas, mediante el controlador, para transferir datos y recibir comandos. Un lector puede tener distintos tipos de interfaz como se discute más adelante, por ejemplo: RS-232, RS-485, interfaz de red, entre otras.
- **Fuente de Alimentación:** Este componente provee de alimentación eléctrica a los componentes del lector y regularmente consiste en un cable con un adaptador de voltaje, conectado hacia la toma de corriente.

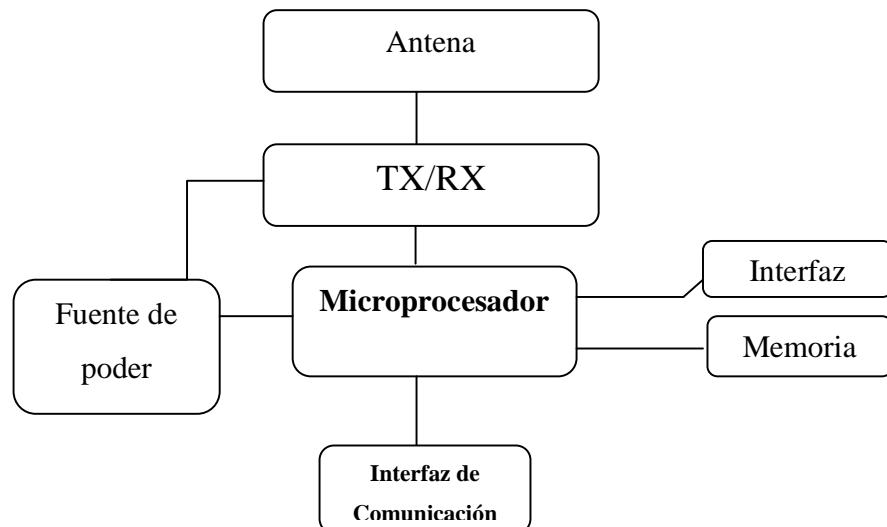


Figura 2. 2 Componentes del RFID

#### 2.1.4 Tipos de Conexión

Al desarrollar un sistema de RFID una consideración importante es la elección de la conectividad de red para los lectores de RFID. A continuación se muestra los diferentes tipos de conexiones:

- **RS-232:** Este protocolo provee sistemas de comunicación confiables de corto alcance. Tiene ciertas limitantes como una baja velocidad de comunicación, que va de 9600 bps a 115.2 kbps. El largo del cable está limitado a 30 metros, no cuenta con un control de errores y su comunicación es punto a punto.
- **RS-485:** El protocolo RS-485 es una mejora sobre RS-232, ya que permite longitudes de cables de hasta 1,200 metros. Alcanza velocidades de hasta 2.5 Mbps y es un protocolo de tipo bus lo cual permite a múltiples dispositivos estar conectados al mismo cable.
- **Ethernet:** La confiabilidad del protocolo TCP/IP sobre Ethernet asegura la integridad de los datos enviados y finalmente al ser la infraestructura común para las redes, la mayoría de las instituciones ya cuentan con una red de este tipo, lo que permite una instalación más sencilla y menos costos de integración.

La velocidad de comunicación “ETHERNET” directamente viene asociada a la utilización de dicha tecnología, en este caso al ser en una red interna –LAN–, la distancia entre equipos activos de red es de hasta 100m, la velocidad depende del equipo de conmutación de datos que permite el funcionamiento de red. Actualmente se disponen de “Switchs” en el mercado de hasta 10Gbps.

- **Wireless 802.11:** Se utiliza en la actualidad en los lectores de RFID móviles. Además de que esta solución reduce los requerimientos de cables y por lo tanto de costos.

El estándar '[IEEE802.11](#)' define el uso de los dos niveles inferiores de la arquitectura [OSI](#) (capas física y de enlace de datos), especificando sus normas de funcionamiento en una red inalámbrica. Los protocolos de la rama 802.x definen la tecnología de redes de área local y redes de área metropolitana.

**WI-FI N o 802.11N:** En la actualidad la mayoría de productos son de la especificación **B o G**, sin embargo ya se ha ratificado el estándar **802.11N** que sube el límite teórico hasta los 600 Mbps. Actualmente ya existen varios productos que cumplen el estándar N con un máximo de 300 Mbps (80-100 estables).

En relación a distancias el estándar no indica y/o define coberturas, en vista que depende directamente del equipo que brinda cobertura, las distancias máximas de separación entre el equipo de radio y el equipo activo de red.

- **USB:** Pensando desde la tendiente desaparición del puerto serial en las computadoras, algunos proveedores de lectores RFID han habilitado sus equipos para poder comunicarse mediante el puerto USB.

El estándar USB maneja distancias de conexión de 0,5m hasta 5m. Resultando esta característica una desventaja para el uso en RFID, ya que se debe cablear desde el lector hasta la PC para el manejo de datos.

Los dispositivos USB se clasifican en cuatro tipos según su velocidad de transferencia de datos:

- Baja velocidad (1.0): Tasa de transferencia de hasta 1,5 Mbps (192 KB/s). Utilizado en su mayor parte por dispositivos de interfaz humana como los teclados, los ratones (mouse), las cámaras web, etc.
- Velocidad completa (1.1): Tasa de transferencia de hasta 12 Mbps (1,5 MB/s) según este estándar, pero se dice en fuentes independientes que habría que realizar nuevamente las mediciones. Ésta fue la más rápida antes de la especificación USB 2.0, y muchos dispositivos fabricados en la actualidad trabajan a esta velocidad. Estos dispositivos dividen el ancho de banda de la conexión USB entre ellos, basados en un algoritmo de impedancias LIFO.

- Alta velocidad (2.0): Tasa de transferencia de hasta 480 Mbps (60 MB/s) pero por lo general de hasta 125Mbps (16MB/s). Está presente casi en el 99% de los PC actuales. El cable USB 2.0 dispone de cuatro líneas, un par para datos, una de corriente y un cuarto que es el negativo o retorno.
- Súper alta velocidad (3.0): Tiene una tasa de transferencia de hasta 4.8 Gbps (600 MB/s). La velocidad del bus es diez veces más rápida que la del USB 2.0, debido a que han incluido 5 conectores extra, desechando el conector de fibra óptica propuesto inicialmente, y será compatible con los estándares anteriores. usa un cable de 9 hilos.

La velocidad común de conexión de equipos RFID, utilizando puertos USB, es la denominada “Baja Velocidad” ya que es una velocidad común en la interconexión con hardware externo.

### 2.1.5 Estándares

Para que el uso de la tecnología RFID sea posible, hay que crear una red de lectores, tags y bases de datos que usen los mismos lenguajes y los mismos protocolos, y que sean accesibles para cualquiera que quiera utilizarlos. Hay que crear estándares.

- **ISO:** tiene 3 estándares para RFID: ISO 14443 (para sistemas sin contacto), ISO15693 (para sistema de proximidad) e ISO 18000 (para especificar la interfaz aérea para una variedad de aplicaciones).

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

Las funciones de EPC o Código Electrónico de Producto son similares a las de UPC o Código de Producto Universal encontrado en la tecnología de código de barras. EPC es un esquema de identificación para identificar objetos físicos de manera universal por medio de etiquetas RFID. El código EPC en una etiqueta RFID puede identificar al fabricante, producto, versión y número de serie, y adicionalmente provee un grupo de dígitos extra para identificar objetos únicos.

La red de EPCglobal es un grupo de tecnologías que habilita la identificación automática e inmediata de elementos en la cadena de suministro y la compartición de dicha información.

- **ONS:** EPCglobal ha desarrollado un sistema llamado ONS (Object Naming Service) que es similar al DNS (Domain Name Service) utilizado en Internet. ONS actúa como un directorio para las organizaciones que desean buscar números de productos en Internet.
- **Gen 2:** EPCglobal ha trabajado con un estándar internacional para el uso de RFID y EPC, en la identificación de cualquier artículo, en la cadena de suministro para las compañías de cualquier tipo de industria, esto, en cualquier lugar del mundo. El consejo superior de la organización incluye representantes de EAN International, Uniform Code Council, The Gillette Company, Procter & Gamble, Wal-Mart, Hewlett-Packard, Johnson & Johnson, Checkpoint Systems y Auto-ID Labs.

- **Otros:** Existen más estándares, pero enfocados a industrias específicas, por ejemplo: el AIAG B-11 (Automotive Industry Action Group) para identificación de llantas y ANSI MH10.8.4, para aplicaciones estándar de RFID con contenedores reutilizables. Las siguientes son algunas organizaciones que han producido algún estándar relacionado con RFID, o han desarrollado alguna función regulatoria al respecto:
  - ANSI (American National Standards Institute).
  - AIAG (Automotive Industry Action Group).
  - EAN.UCC ( European Article Numbering Association International,
  - Uniform Code council).
  - EPCglobal.
  - ISO (International Organization for Standardization).
  - CEN ( Comité Européen Normalisation ).
  - ETSI ( European Telecommunications Standards Institute ).
  - ERO ( European Radocommunications Office ).
  - UPU ( Universal Postal Union ).
  - ASTM (American Society for Testing Materials).

## 2.2 MICROCONTROLADOR

### 2.2.1 Estructura de los microcontroladores

Los microcontroladores son circuitos integrados los cuales disponen de cuatro partes principales:

- La CPU (Unidad central de procesamiento) que se encarga de realizar el procesamiento de la información, cálculos.

- La memoria se encarga de almacenar datos que ya han sido procesados o que van a ser procesados.
- Los buses, la función de los buses es comunicar a los otros módulos como es la CPU, la memoria y los periféricos.
- Los puertos de entrada y de salida permiten enviar o adquirir datos, otra de las funciones es poder comunicarse con otros dispositivos.

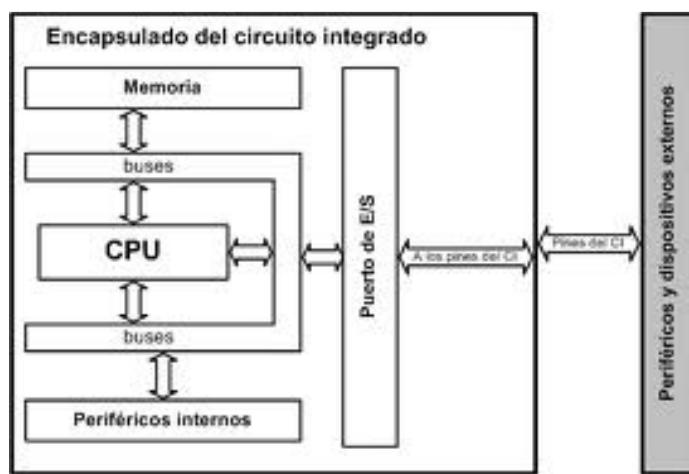


Figura 2. 3 Componentes del microcontrolador

Los microcontroladores se podría decir que son computadoras completas, que se utilizan en sistemas donde no se requiera de una gran cantidad de procesamiento.

Hoy en día hay muchos fabricantes que desarrollan microcontroladores entre los más destacados podemos mencionar Microchip, Atmel, Texas Instruments, Motorola. Los microcontroladores pueden ser de propósito general, pero también hay microcontroladores con propósitos específicos, como por ejemplo para la adquisición de datos análogos. Para el presente proyecto necesitamos un microcontrolador con interfaz Ethernet para poder transmitir los datos adquiridos por el lector RFID hacia el servidor que se va a encargar de procesar la información, el microcontrolador utilizado es para el desarrollo del hardware es el PIC 18F97J60 de MICROCHIP.

### 2.2.1 Características generales de la familia 18FXXJXX

Microchip en la mejora de sus microcontroladores desarrolla la familia 18FXXJXX con la característica principal que tiene un puerto Ethernet, el cual tiene integrado un controlador 10Base-T compatible con el estándar IEEE 802.3. Los microcontroladores de esta familia son los siguientes:

Tabla 2. 1 Microcontroladores de la familia 18FXXJXX

Device	Flash Program Memory (bytes)	SRAM Data Memory (bytes)	Ethernet TX/RX Buffer (bytes)	I/O	10-Bit A/D (ch)	CCP/ ECCP	MSSP		EUSART	Comparators	Timers 8/16-Bit	PSP	External Memory Bus
							SPI	Master I <sup>2</sup> C™					
PIC18F86J60	64K	3808	8192	39	11	2/3	1	Y	Y	1	2	2/3	N N
PIC18F86J65	96K	3808	8192	39	11	2/3	1	Y	Y	1	2	2/3	N N
PIC18F87J60	128K	3808	8192	39	11	2/3	1	Y	Y	1	2	2/3	N N
PIC18F86J60	64K	3808	8192	55	15	2/3	1	Y	Y	2	2	2/3	N N
PIC18F86J65	96K	3808	8192	55	15	2/3	1	Y	Y	2	2	2/3	N N
PIC18F87J60	128K	3808	8192	55	15	2/3	1	Y	Y	2	2	2/3	N N
PIC18F96J60	64K	3808	8192	70	16	2/3	2	Y	Y	2	2	2/3	Y Y
PIC18F96J65	96K	3808	8192	70	16	2/3	2	Y	Y	2	2	2/3	Y Y
PIC18F97J60	128K	3808	8192	70	16	2/3	2	Y	Y	2	2	2/3	Y Y

El PIC18F97J60 está optimizado para aplicaciones de Ethernet embebidas y tiene en el propio chip el control de acceso al medio (MAC) y la capa física (PHY).

Las características principales de los microcontroladores de esta familia se pueden mencionar las siguientes:

#### 2.2.1.1 Periféricos:

- Alta corriente de 25 mA en PORTB y PORTC.
- Timmer de 8 bits y 16 bits.

- Pines que manejan interrupciones externas.
- Comparadores.
- Módulo USART el cual soporta comunicación RS-485, RS-232 y LIN 1.2, muy útil para comunicarse con otros dispositivos ya que es un protocolo muy común.
- Canales convertidores de análogo a digital de 10-Bit (A/D), tienen una capacidad de auto adquisición y también pueden funcionar mientras están en modo sleep.

### **2.2.1.2 Comunicación Ethernet:**

- Internamente el PIC dispone un controlador Ethernet compatible con el estándar 802.3 y con redes 10/100/1000Base-T.
- Posee MAC y 10Base-T PHY integrado.
- Dispone de un buffer de 8-Kbyte dedicado para la comunicación Ethernet transmisión y recepción, esta memoria se la conoce como SRAM
- Soporta un puerto 10Base-T.
- Tiene la opción de configurar dos pines los cuales nos indican actividad en el puerto Ethernet.
- Este diseñado tanto para transmisión y recepción con sistema FIFO y dispone de DMA para un rápido acceso a la memoria del buffer.
- Tiene una MAC que soporta paquetes Unicast, Multicast y Broadcast.

### **2.2.1.3 Especificaciones del Microcontrolador:**

- Tolerancia de 5.5V en los pines de entrada digitales.
- Bajo consumo de energía.
- Prioridad en los niveles de interrupción.

- Watchdog (WDT) con un periodo de programación de 4 ms a 134s.
- Rango de voltaje de operación de 2.35V a 3.6V (3.1V a 3.6V usando el módulo Ethernet).
- Chip regulador interno de 2.5V.

### 2.2.2 Descripción del Microcontrolador PIC18F97J60

La principal característica del PIC 18F97J60 es que dispone de una interfaz Ethernet de 10Mbps la cual es compatible con redes de 10/100/1000 Mbps, tiene integrado un controlador de acceso al medio MAC y también controla la capa física (PHY).

Dispone de una memoria flash de 128Kbytes cuya función es almacenar el programa de nuestra aplicación, a comparación de otros microcontroladores esta capacidad de memoria es muy grande, y fue diseñado de esta forma para realizar aplicaciones embebidas de servidores, y también es posible almacenar páginas web. La memoria flash tiene un tiempo de retención de datos de aproximadamente de veinte años.

También dispone de una memoria RAM con una capacidad de 3808 bytes y es de propósito general, hay que recalcar que esta memoria no está destinada a ser utilizada en la interfaz Ethernet ya que este modulo tiene una memoria exclusiva para esta función. Si deseáramos tener una mayor capacidad e memoria podemos hacer uso de su bus de memoria externa, el cual permite direccionar hasta un espacio de memoria de 2 Mbytes.

El PIC puede funcionar con cinco tipos de osciladores, La forma más simple y la más común es utilizando un cristal de cuarzo conectado a los pines del oscilador y necesariamente debe estar conectado con capacitores a tierra que se produzca la resonancia, aplicando el PLL

podemos dividir la señal de reloj hasta cuatro veces, teniendo así una mayor velocidad. Las otras alternativas son utilizar un reloj externo, o también dispone de un oscilador interno de 31kHz.

El PIC 18F97J60 tiene un encapsulado TQFP de 100 pines, disponible en dos tamaños de 12x12 mm o de 14x14 mm; de todos los pines 70 son destinados a entradas y salidas, los demás son exclusivos para la alimentación.

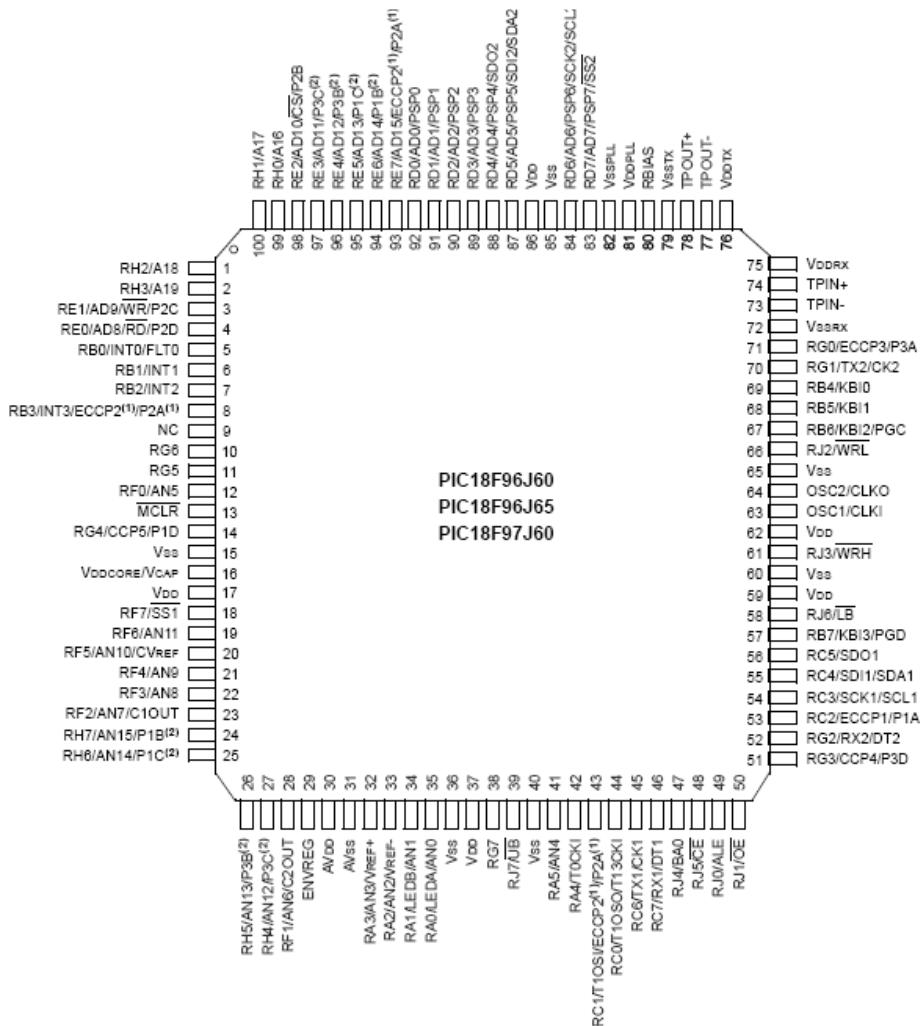


Figura 2. 4 Pines del microcontrolador 18F97J60

Una gran ventaja por la cual decidimos utilizar este microcontrolador es porque dispone dos puertos UART independientes utilizados para la comunicación serial con los lectores RFID, con esto podemos utilizar las dos interrupciones para la adquisición de los datos de los lectores RFID independientemente.

En la Figura 2. 5 se presenta la estructura del microcontrolador y todas sus interfaces.

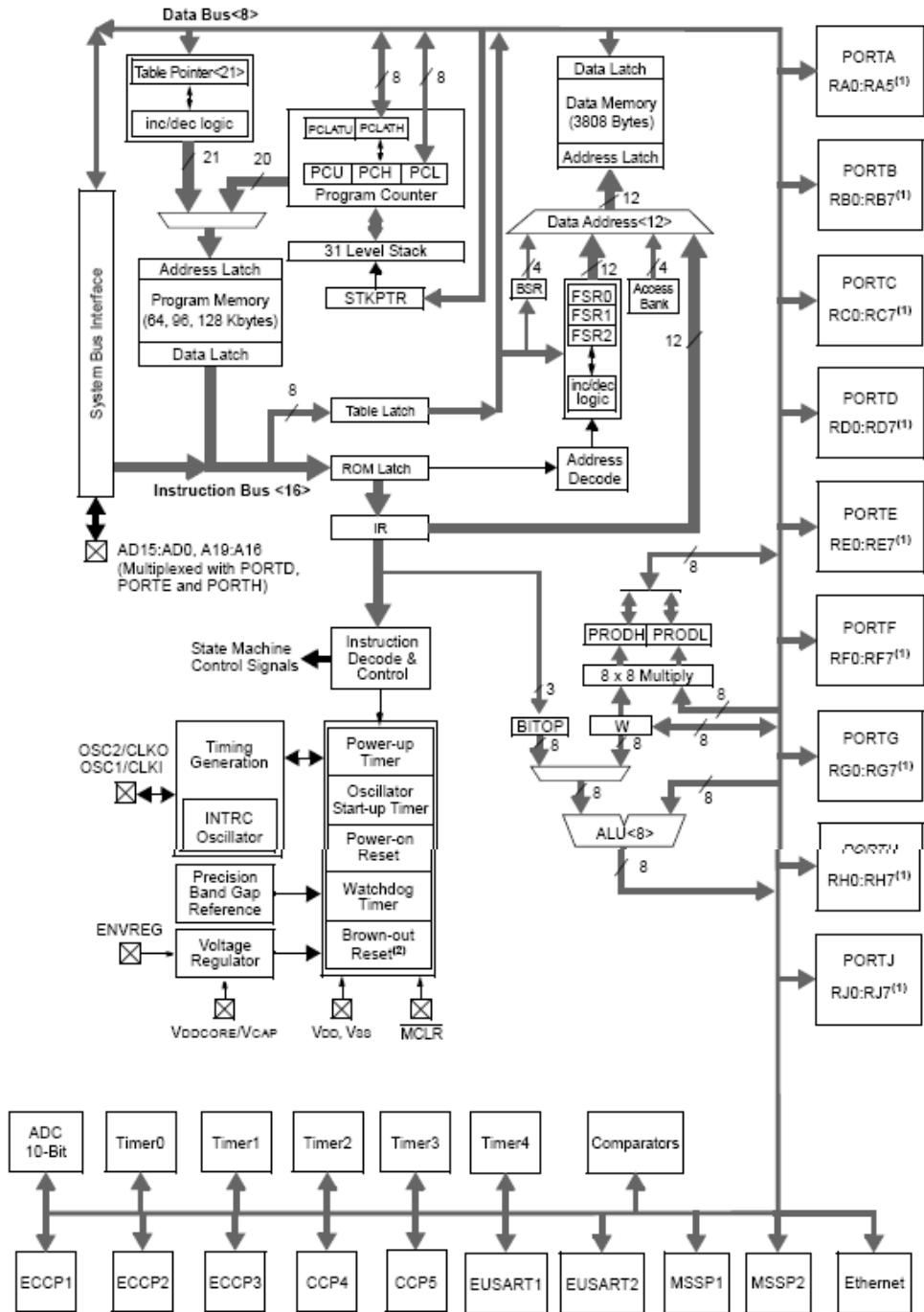


Figura 2. 5 Estructura del PIC 18F97J60

### 2.2.2.1 Módulo Ethernet

Todos los miembros de la familia PIC18F97J60 cuentan con un módulo controlador Ethernet integrado. Esta es una solución completa de conectividad, que incluye implementaciones tanto de Media Access Control (MAC) y la capa física de transmisor-receptor (PHY). Dos transformadores de acople y pocos componentes pasivos son necesarios para conectar el microcontrolador directamente a una red Ethernet.

El módulo Ethernet cumple con todos los estándares IEEE 802.3, especificaciones para la conectividad de 10 BaseT a una red de par trenzado. Este incorpora un sistema de filtrado de paquetes para limitar los paquetes entrantes, también proporciona un módulo interno DMA para un rápido procesamiento de datos.

También se provee de dos salidas de LED para indicar actividad de enlace y de red. En la figura 2.6 se muestra un diagrama simple de los módulos.

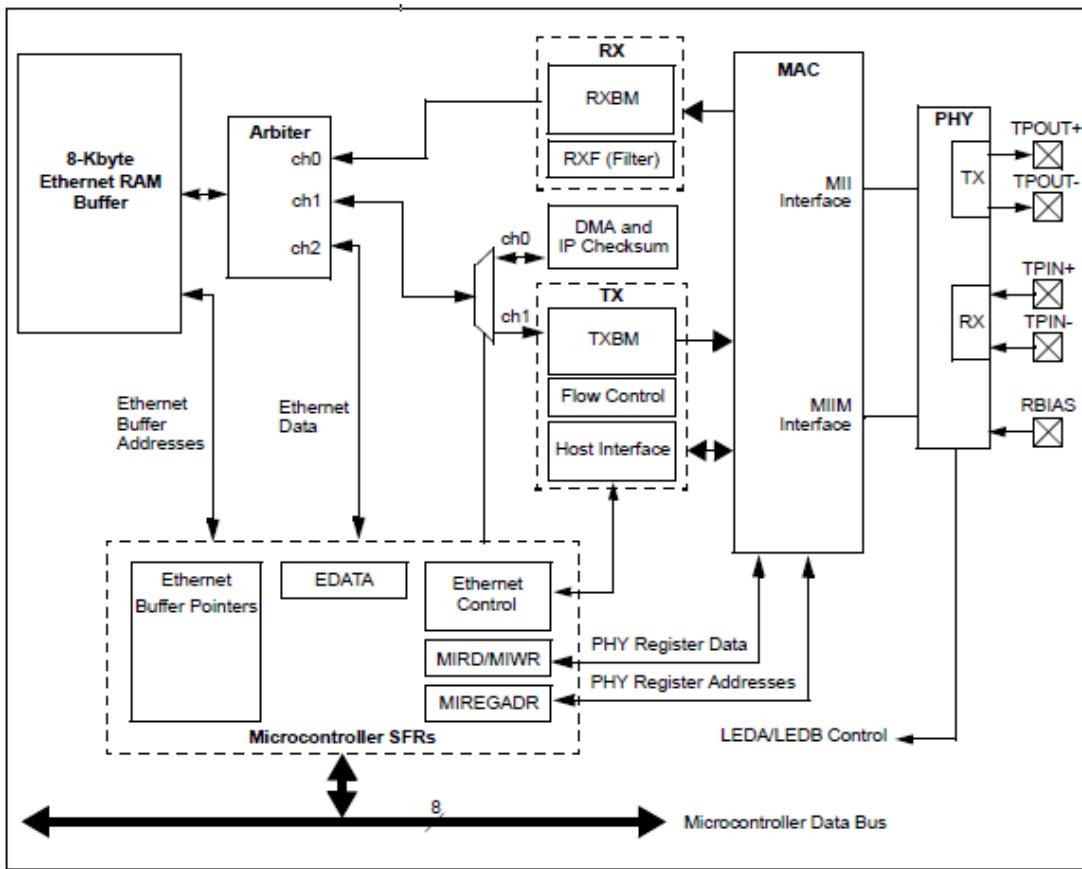


Figura 2. 6 Diagrama de bloques del módulo Ethernet

El módulo Ethernet se compone de cinco funcionales bloques:

a) **Módulo *transceiver PHY*.**

Este módulo se encarga de codificar y decodificar los datos analógicos presentes en el canal de comunicación de una red LAN. En si detecta los cambios de voltaje y los decodifica para pasarlos a una señal digital para enviarle al PIC para ser procesados, y también transforma los datos digitales del PIC a sus respectivos niveles de voltaje para enviar por el par trenzado.

**b) Modulo MAC**

El módulo MAC implementa el estándar IEEE 802.3, su función es empaquetar los datos que van a ser transmitidos cumpliendo con el estándar para poder ser enviados a través de la red, también dispone de una interfaz MIIM (*Media Independend Interface Management*) la cual comunica la MAC con el transceiver.

**c) Memoria RAM**

El módulo Ethernet del Pic dispone de una memoria RAM de 8-Kbyte de capacidad y es exclusivamente utilizada como buffer, almacenando temporalmente los paquetes que han sido recibidos y también los que van a ser transmitidos.

**d) Árbitro**

Este módulo se encarga de controlar el acceso al buffer, es decir a la memoria RAM, también atiende a las solicitudes realizadas por el microcontrolador y por el modulo DMA para transmisión y recepción.

**e) Registros de propósito específico (SFRs)**

Es una interfaz de registro que funciona como un intérprete de comandos y señales internas de estado entre el módulo y el microcontrolador.

## Señales de la interfaz Ethernet

Todos los dispositivos de la familia 18F97J60 proporcionan una interfaz de 4 pines de señal para el módulo Ethernet. Ningún otro periférico del microcontrolador es multiplexado con estos pines, los cuatro pines son independientes y son:

- TPIN+: Entrada diferencial positiva del par trenzado.
- TPIN-: Entrada diferencial negativa del par trenzado.
- TPOUT+: Salida diferencial positiva del par trenzado.
- TPOUT-: Salida diferencial negativa del par trenzado.

Además de las conexiones de señal, el módulo Ethernet tiene su propia fuente de voltaje independiente y la conexión a tierra para el módulo PHY. Las conexiones de alimentación de energía y de tierra del módulo Ethernet están separadas, para el receptor (VDDRX y VSSRX), para el transmisor (VDDTX y VSSTX) y para el transmisor de PLL interno (VDDPLL y VSSPLL). A pesar de que el voltaje requerido son los mismos que VDD y VSS del microcontrolador, los pines no están conectados internamente.

Para que funcione correctamente el modulo Ethernet, todos los pines del módulo Ethernet de alimentación y tierra deben estar conectados. Todos los pines de alimentación del microcontrolador y la tierra no deben estar conectados a ningún filtro o inductor.

Además de las conexiones de tensión independiente, el módulo PHY tiene un pin de entrada de voltaje de polarización independiente de corriente de entrada, RBIAS. Un corriente precisa debe ser proporcionada mediante una resistencia externa para que funcione adecuadamente la transmisión y recepción.

### 2.2.2.2 Configuración de Led's

El módulo PHY proporciona salidas independientes para conducir los indicadores de actividad Ethernet, LEDA y LEDB. Las salidas de los leds son multiplexados con el puerto A, RA0 y RA1.

Su uso como salidas de LED se activa mediante el ajuste de la configuración del bit, ETHLED (Registro 24-6, CONFIG3H <2>). Cuando se configura como salidas los LEDs, RA0/LEDA RA1/LEDB tienen capacidad de salida de 25 mA. Los pines deben ser siempre configurados como salidas, para esto se cambia el valor del registro TRISA <1:00>. Los LED se pueden configurar individualmente para mostrar automáticamente el estado de actividad de TX y RX.

### 2.2.2.3 Oscilador

El módulo Ethernet está diseñado para trabajar a 25 MHz, esta señal de reloj está dada por el microcontrolador, los pines de conexión del cristal son el OSC1 y el OSC2, o puede tener una conexión externa de reloj.

### 2.2.2.4 Componentes externas del módulo Ethernet

El módulo Ethernet requiere de componentes externos para su funcionamiento, estos componentes deben ser conectados como se muestra en la siguiente figura.

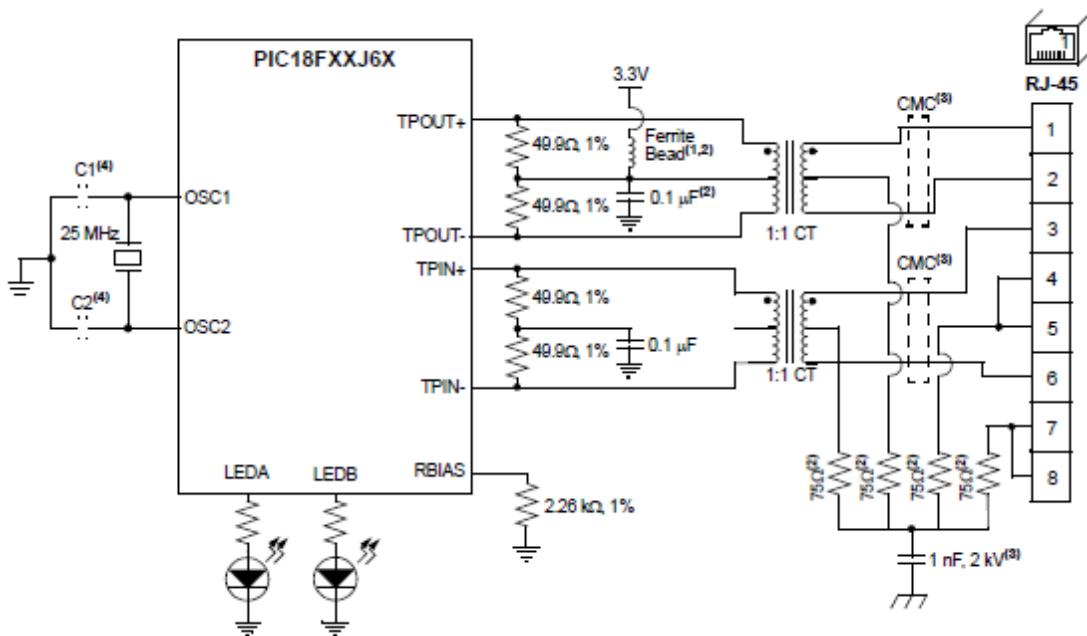


Figura 2. 7 Componentes externos del módulo Ethernet

Los circuitos internos analógicos en el módulo PHY requieren que una resistencia externa de  $2,26\text{ k}\Omega$  sea conectada de RBIAS a tierra. La resistencia influye en la amplitud de la señal del TPOUT + / -, la recomendación del fabricantes es que se ubique lo más cerca al chip para evitar interferencias y a las capacitancias parasitas.

Los pines TPIN + / TPIN - y TPOUT + / TPOUT -, necesitan la conexión de dos transformadores 1:1, estos ayudan a proteger las tensiones estáticas y además sirve como aislamiento que son requisitos de la norma IEEE 802.3. Todos los pines de alimentación deben de ser conectados externamente a la misma fuente de alimentación. Del mismo modo, todas las referencias de tierra deben ser conectadas externamente al mismo nodo de tierra. Cada par de VDD y VSS pin debe tener conectado un condensador cerámico de 100 nF colocado lo más cerca de los pines.

### 2.2.3 Comunicación Ethernet

Para tener una base de la comunicación Ethernet que utiliza el microcontrolador 18F97J60 debemos tomar como referencia el modelo OSI para así entender el modelo TCP/IP el cual utiliza el PIC para poder comunicarse.

#### 2.2.3.1 Modelo OSI

La siglas OSI significa en inglés *Open System Interconnection*, que en español se puede traducir como el modelo de referencia de Interconexión de Sistemas Abiertos, este modelo fue creado con el fin de estandarizar a nivel internacional un sistema que sea compatible para poder conectar varios dispositivos.

El modelo de referencia OSI describe una estructura de cómo deben estar conformados los sistemas para poder comunicarse, para esto lo divide en siete capas, cada una con una función específica, el propósito de cada capa es proveer los servicios para la siguiente capa superior.



Figura 2. 8 Estructura del modelo OSI

- **Capa Física:** Es el primer nivel del modelo OSI y en él cual se definen todas las características físicas-mecánicas y eléctricas que debe cumplir el sistema para poder funcionar, esta capa se encarga de las comunicaciones físicas entre dispositivos y de cuidar su correcta operación.
- **Capa de Enlace de Datos:** Se encarga de preparar la información codificada en forma binaria en formatos previamente definidos por el protocolo a utilizar. Este nivel ensambla los datos en tramas y las transmite a través del medio LAN. También se encarga de ofrecer un control de flujo entre tramas, así como un sencillo mecanismo para detectar errores. Es en este nivel y mediante el método de control de redundancia cíclica, donde se valida la veracidad de la trama, es decir, se detecta que hay errores, pero esto no quiere decir que se encargue de corregirlos; la capa de enlace de datos

lleva a cabo el direccionamiento físico de la información, que significa leer los encabezados de los segmentos por donde viajan las tramas.

- **Capa de Red:** Tiene como función hacer que los datos lleguen desde el origen al destino, aún cuando ambos no estén conectados directamente. Los protocolos de transmisión, como el IP están íntimamente asociados a esta capa.
- **Capa de Transporte:** Se encarga de transportar los segmentos que contiene los datos entre la máquina origen y destino, en esta capa se realiza y garantiza la calidad de la comunicación, en esta capa se realiza la retransmisión de los datos si se encontraron errores en el formato. Existen dos protocolos utilizados, el TCP que está orientado a conexión y el UDP que no está orientado a conexión.
- **Capa de Sesión:** Esta capa proveer servicios de conexión entre las aplicaciones, tales como iniciar, mantener y finalizar una sesión. Establece, mantiene, sincroniza y administra el enlace establecido entre dos computadores que están transmitiendo datos de cualquier índole.
- **Capa de Presentación:** El principal objetivo es encargarse de la representación de la información. Proporciona conversión de códigos y reformateo de datos de la aplicación del usuario, en esta capa también permite cifrar los datos y comprimirlos.
- **Capa de Aplicación:** Es el nivel más cercano al usuario y 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; en OSI el nivel de aplicación se refiere a las aplicaciones de red que vamos a utilizar para transportar las aplicaciones del usuario.

### 2.2.3.2 Formato de la trama IEEE 802.3

La comunicación Ethernet del PIC se basa en el estándar de la IEEE 802.3, el cual norma el formato de la trama de los paquetes para que haya una compatibilidad con otros dispositivos.

A continuación se presenta el detalle de la trama utilizada por el PIC 18F97J60.

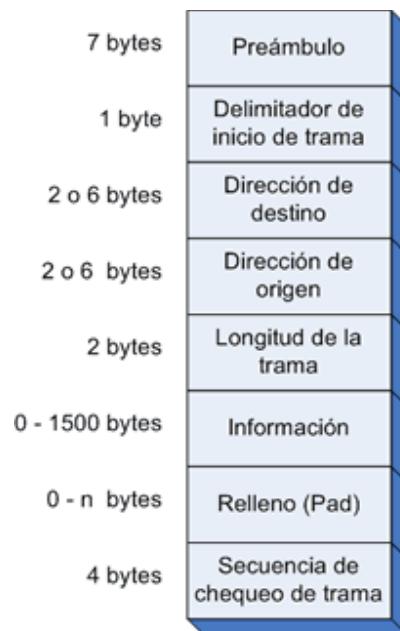


Figura 2. 9 Formato de la trama IEEE 802.3

- **Preámbulo:** El preámbulo consiste de 7 bytes, cada byte contiene una secuencia de <10101010>, el codificador Manchester genera a partir del preámbulo una onda cuadrada de 10 MHz durante un periodo de tiempo de 5,6 us que equivale a transmitir los 7 bytes a 10 Mbps, debido a la dificultad del receptor que debe identificar el instante en el que debe realizar la lectura de los bits ya que hay que recordar que es una comunicación serial asincrónica, se envía el preámbulo con el objetivo de conocer el estado de la red si de 10/100/1000 Mb y sincronizar el reloj del receptor.

- **Delimitador de inicio de trama:** Debido a que no es muy probable que el receptor no se sincronice rápidamente, ya que seguramente perdió algunos bytes del preámbulo y no se pueda determinar dónde termina el preámbulo y comienzan los datos, entonces se envía un campo de 1 byte con una secuencia parecida a la del preámbulo con un cambio en el ultimo bit <10101011>, con estos dos últimos bits indica al receptor que ya esta sincronizado y listo para el siguiente proceso de recepción de datos.
- **Dirección de destino:** Es un campo de 6 bits que contiene la dirección del destinatario, esta dirección puede ser local, es decir, es cuando la dirección es de un grupo de estaciones dentro de la propia red o también la dirección del destinatario puede ser individual, la cual sería una dirección de otro dispositivo. El bit de mayor orden ocupa el campo 48 y es el que identifica si el destinatario es individual (bit en 0) o un grupo (bit en 1); si se desea hacer un broadcast se envía con la dirección FF-FF-FF-FF-FF-FF.
- **Dirección de origen:** Este campo es similar al campo anterior, en este se coloca de la dirección MAC del dispositivo que envía la información.
- **Tipo/Longitud:** es un campo de 2 bytes que define el protocolo de paquete de datos que pertenece, en este campo según el IEEE 802.3 se coloca el largo del paquete, Alternativamente, si el campo se llena con el contenido dec05DCh (1500) o de un número más pequeño, el campo es considerado de longitud y declara la cantidad de datos que no son de relleno, que sigue en el campo de datos. Según el usuario puede tratar este campo como un campo de longitud o según la aplicación puede tratarlo como un protocolo IP o ARP (Address Resolution Protocol).

- **Datos:** El campo de datos es un campo de longitud variable entre 0 a 1500 bytes el cual incluye la información en sí que deseamos enviar.
- **Relleno:** El campo de relleno es un campo de longitud variable añadido el cual ayuda a cumplir con los requisitos del estándar IEEE 802.3, la cual especifica que una trama no puede tener un tamaño inferior a 64 bytes, por tanto, cuando la longitud del campo de datos es muy pequeña se requiere llenar este campo para completar una trama mínima de al menos 64 bytes. El PIC rechaza los paquetes que tienen menos de 18 bytes. Todos los paquetes, de 18 bytes o mayores, estarán sujetos a la norma y pueden ser aceptados como tráfico normal.
- **Secuencia de chequeo de trama (FCS):** Es un campo de 4 bytes, que contiene un valor de verificación CRC (Control de redundancia cíclica) en donde se codifica el control de errores de la trama. El emisor calcula el CRC de toda la trama, desde el campo destino al campo CRC suponiendo que vale 0. El receptor lo recalcula, y si el valor calculado es 0 la trama es válida.
- **Secuencia de chequeo de trama (FCS):** Es un campo de 4 bytes, que contiene un valor de verificación CRC (Control de redundancia cíclica) en donde se codifica el control de errores de la trama. El emisor calcula el CRC de toda la trama, desde el campo destino al campo CRC suponiendo que vale 0. El receptor lo recalcula, y si el valor calculado es 0 la trama es válida.

### 2.2.3.3 Protocolo de comunicación

El PIC 18F97J60 puede ser programado para que utilice cualquier protocolo, puede usar TCP/IP o UDP, para el presente proyecto decidimos utilizar el protocolo UDP que no está orientado a conexión.

El stack de Microchip son librerías diseñadas para poder utilizar los diferentes puertos de comunicación, en este caso el stack Ethernet dispone de una amplia gama de librerías para manejar diferentes protocolos enrutados y de enrutamiento, en este caso nos centraremos en el protocolo UDP.

#### **2.2.3.4 MODELO TCP/IP**

TCP/IP es un conjunto de protocolos que cubren todas las capas del modelo OSI. Los dos protocolos más importantes son el TCP (*Transmission Control Protocol*) y el IP (*Internet Protocol*), que son los que dan nombre al conjunto. La arquitectura del TCP/IP consta de cinco capas en las que se agrupan los protocolos, y que se relacionan con los niveles OSI de la siguiente manera:

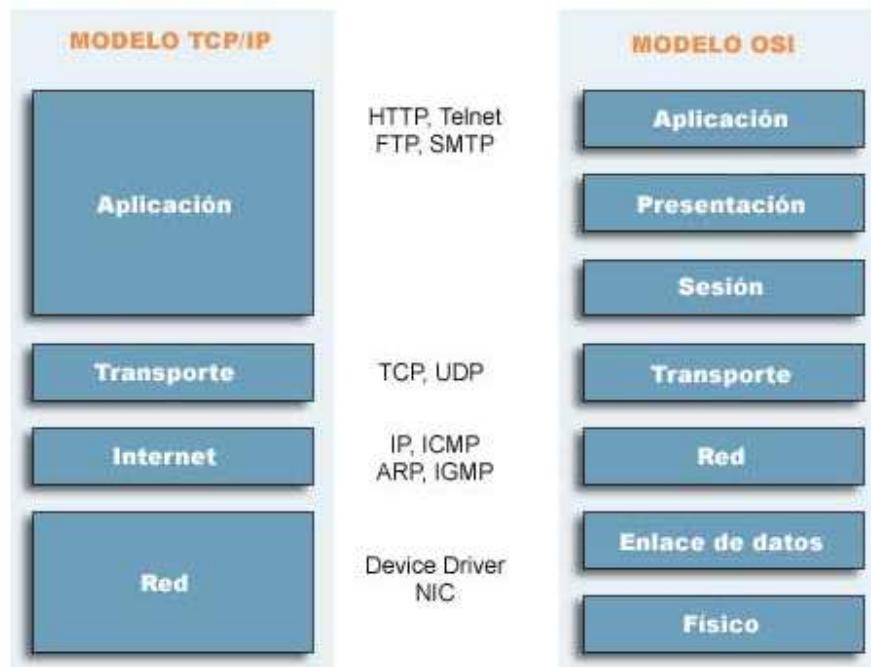


Figura 2. 10 Relación del modelo OSI y TCP/IP

- **Aplicación:** Corresponde con los niveles OSI de aplicación, presentación y sesión. Los protocolos que funcionan en esta capa son el de transferencia de archivos FTP, correo electrónico SNMP, etc.
- **Transporte:** Coincide con la capa de transporte del modelo OSI. Los protocolos de este nivel, tales como TCP y UDP, se encargan de manejar los datos y proporcionar la fiabilidad necesaria en el transporte de los mismos.
- **Internet:** Es el nivel de red del modelo OSI. Incluye al protocolo IP, que se encarga de enviar los paquetes de información a sus destinos correspondientes. Es utilizado con esta finalidad por los protocolos del nivel de transporte.
- **Red:** Acceso al Medio, asimilable a la capa 1 (física) y 2 (enlace de datos) del modelo OSI.

Ya que dentro de un sistema TCP/IP los datos transmitidos se dividen en pequeños paquetes, éstos resaltan una serie de características.

La tarea de IP es llevar los paquetes de un sitio a otro, La dirección IP es el identificativo de cada dispositivo de la red, indicando en el paquete IP origen y destino, TCP se encarga del flujo y transporte de los paquetes.

Las líneas de comunicación se pueden compartir entre varios usuarios. Cualquier tipo de paquete puede transmitirse al mismo tiempo, y se ordenará y combinará cuando llegue a su destino.

Los paquetes no necesitan seguir la misma trayectoria. La red puede llevar cada paquete de un lugar a otro y usar la conexión más idónea que esté disponible en ese instante. No todos los paquetes de los mensajes tienen que viajar, necesariamente, por la misma ruta, ni necesariamente tienen que llegar todos al mismo tiempo.

La flexibilidad del sistema lo hace muy confiable. Si un enlace se pierde, el sistema usa otro. Cuando usted envía un mensaje, el TCP divide los datos en paquetes, ordena éstos en secuencia, agrega cierta información para control de errores y después los lanza hacia fuera, y los distribuye. En el otro extremo, el TCP recibe los paquetes, verifica si hay errores y los vuelve a combinar para convertirlos en los datos originales. De haber error en algún punto, el programa TCP destino envía un mensaje solicitando que se vuelvan a enviar determinados paquetes.

### 2.2.4 Comunicación Serial

El módulo EUART (Enhanced universal synchronous asynchronous receiver transmitter), el EUART también es conocido como interface de comunicación serial o SCI, esta interface puede ser configurada como un sistema asincrónico full-dúplex que puede comunicarse con otros dispositivos, también puede ser configurado como half-duplex, también la interfaz EUART puede detectar automáticamente la velocidad de la conexión.

El PIC 18F97J60 dispone de dos puertos de comunicación serial independientes el EUSART1 y el EUSART2, estos pueden ser configurados de los siguientes modos:

- Asíncrono full-duplex
- Síncrono Master (half - duplex)
- Síncrono Slave (half – duplex)

Los pines del EUSART1 y del EUSART2 son multiplexadas con las funciones del puerto PORTC (RC6/TX1/CK1 y RC7/RX1/DT1) y PORTG (RG1/TX2/CK2 y RG2/RX2/DT2), respectivamente. Para configurar estos puerto debemos modificar el registros TRIS correspondiente a cada puerto y modificar los siguientes bits.

#### EUSART 1:

- bit SPEN (RCSTA1<7>) debe ser(= 1)
- bit TRISC<7> debe ser (= 1)
- bit TRISC<6> debe ser (= 0) para modo asíncrono y síncrono máster
- bit TRISC<6> debe ser (= 1) para modo esclavo síncrono

**EUSART2:**

- bit SPEN (RCSTA2<7>) debe ser(= 1)
- bit TRISG<2> debe ser (= 1)
- bit TRISG<1> debe ser (= 0) para modo asíncrono y síncrono máster
- bit TRISG<1> debe ser (= 1) para modo esclavo síncrono

El funcionamiento del modulo USART está controlado por tres registros:

- Estado y control de transmisión (TXSTAx)
- Estado y control de recepción (RCSTAx)
- Control de velocidad (baud rate) (BAUDCONx)

Un puerto serial es una interfaz de comunicaciones de datos digitales, donde la información es transmitida bit a bit enviando un solo bit a la vez. La comunicación serial transmite datos en formato ASCII.

En la comunicación serial hay tener presente cuatro puntos:

- a) **Velocidad de transmisión (baud rate):** Indica el número de bits por segundo que se transfieren, y se mide en baudios (*bauds*).
- b) **Bits de datos:** Es la cantidad de bits que se transmiten, como en la comunicación se transmite en formato ASCII, estos tienen un tamaño de 8 bits, pero esto puede ser configurable en el PIC.
- c) **Bits de parada:** Son usados para indicar el fin de un paquete en una comunicación. Los valores típicos son 1, 1.5 o 2 bits. Mientras más bits de parada se usen, mayor será

la tolerancia a la sincronía de los relojes, sin embargo la transmisión será un poco más lenta.

- d) **Paridad:** Su función es verificar si hay errores en la transmisión serial. Existen cuatro tipos de paridad: par, impar, marcada y espaciada. La opción de no usar paridad alguna también está disponible.

## 2.3 RFID

### 2.3.1 Descripción del lector RFID ID-20

En el primer capítulo se hizo un breve análisis de los diferentes tipos de lectores RFID, para cubrir el área de la puerta podría hacérselo con un solo lector RFID de largo alcance aproximadamente de un metro de distancia , pero debido a que en nuestro mercado solo podemos encontrar lectores de 20 cm de alcance, por este motivo se decidió colocar dos lectores en los RFID para tratar de cubrir un mayor alcance, hay que recalcar que diseño del hardware es compatible con lectores RFID de 12 dígitos.



Figura 2. 11 Integrado RDIF ID-20

El lector ID-20 tiene un alcance máximo de 20 cm, trabaja a una frecuencia de 125khz, lo que le caracteriza de otros integrados RFID es que este no necesita de una antena externa ya que este dispone internamente de una antena.

El lector soporta dos tipos de formato de datos: ASCII y Wiegand26. En la siguiente tabla se presenta un resumen de las características y parámetros del lector ID-20.

Tabla 2. 2 Características del lector ID-20

Parámetros	ID-20
Rango de lectura	16+ cm
Dimensiones	40 mm x 40mm x 9mm
Frecuencia	125 kHz
Formato	EM 4001 o compatible
Codificación	Manchester 64-bit
Alimentación	5 VDC , 65mA nominal
Rango de voltaje de operación	+4.6V - +5.4V

### 2.3.2 Funcionamiento de lectura RFID

Un programador de RFID codifica la información en un pequeño microchip situado dentro de una etiqueta RFID, Esta etiqueta se fija a un equipo o dispositivo que se desee tener control, este al pasar por la puerta del laboratorio, en la cual se encuentran los lectores RFID los cuales activan los tags. Hay lectores de RFID que también se pueden poner en distinto sitios claves con el fin de tener un mayor control de ellos. Estos lectores activan la etiqueta, lo que provoca la emisión de ondas de radio de alta frecuencia en anchos de banda reservados

para uso de RFID. Estas ondas de radio transmiten identificadores o códigos que hacen referencia a información exclusiva sobre los dispositivos que se están registrando.

Los tags pasivos no requieren batería ya que toda la energía la recoge del campo electromagnético creado por el lector. Como es de suponer son los más económicos y los de menor rango de comunicación, pero por su relación entre comportamiento y precio son los más utilizados.

Los lectores actúan como relés para un host cuando el tag pasa por el portal de RFID. El host analiza esta información y la pone a disposición de los usuarios que necesiten conocer dónde se encuentra el dispositivo.

En resumen:

- El lector transmite una señal codificada de radiofrecuencia.
- El tag o tags presentes en el radio de influencia del lector son activados por la señal.
- El tag o tags responden al lector con su número de identificación.
- El lector captura los datos de los tags y los envía al microcontrolador.
- El microcontrolador en vía los datos al servidor el cual procesa la información y valida si tiene permisos de acceso.

## 2.4 MySQL

### 2.4.1 Introducción

MySQL es un sistema de gestión de base de datos relacional, multihilo y multiusuario con más de seis millones de instalaciones.

MySQL desde enero de 2008 una subsidiaria de Sun Microsystems y ésta a su vez de Oracle Corporation desde abril de 2009, desarrolla MySQL como software libre en un esquema de licenciamiento dual.

Por un lado se ofrece bajo la GNU GPL para cualquier uso compatible con esta licencia, pero para aquellas empresas que quieran incorporarlo en productos privativos deben comprar a la empresa una licencia específica que les permita este uso. Está desarrollado en su mayor parte en ANSI C. (8)

Al contrario de proyectos como Apache, donde el software es desarrollado por una comunidad pública y el copyright del código está en poder del autor individual, MySQL es propietario y está patrocinado por una empresa privada, que posee el copyright de la mayor parte del código.

### 2.4.2 Aplicaciones

MySQL es muy utilizado en [aplicaciones web](#), como [Drupal](#) o [phpBB](#), en plataformas (Linux/Windows-Apache-MySQL-PHP/Perl/Python), y por herramientas de seguimiento de

errores como Bugzilla. Su popularidad como aplicación web está muy ligada a [PHP](#), que a menudo aparece en combinación con MySQL.

MySQL es una [base de datos](#) muy rápida en la lectura cuando utiliza el motor no transaccional [MyISAM](#), pero puede provocar problemas de integridad en entornos de alta concurrencia en la modificación. En aplicaciones web hay baja concurrencia en la modificación de datos y en cambio el entorno es intensivo en lectura de datos, lo que hace a MySQL ideal para este tipo de aplicaciones. Sea cual sea el entorno en el que va a utilizar MySQL, es importante adelantar monitoreos sobre el desempeño para detectar y corregir errores tanto de SQL como de programación.

## CAPÍTULO III

### DISEÑO DEL HARDWARE

En este capítulo, se describe el diseño del hardware basado en el microcontrolador 18F97J60, el diseño del hardware está dividido en dos secciones: La primera parte que describe los circuitos de la placa electrónica y la segunda parte que detalla la programación del microcontrolador.

A continuación se detallan las condiciones de funcionamiento del hardware en general:

- El microcontrolador siempre debe estar pendiente de recibir los códigos de los tags registrados por los lectores RFID.
- El microcontrolador está constantemente realizando peticiones de conexión al servidor si se pierde la conexión.
- El microcontrolador dispone de una memoria para 3 códigos de tags, para ser validados (activar cerradura) sin necesidad de comunicarse con el servidor, con esta característica el sistema de seguridad no depende totalmente del servidor.
- En caso de leer un tag de los elementos del laboratorio que no tenga los permisos de salida en la base de datos este desactiva el pulsador para abrir la puerta, y tampoco permite abrir la cerradura hasta que el tag deje de ser registrado por el lector RFID.

### 3.1 Diseño y Desarrollo del Sistema

#### 3.1.1 Diagrama de bloques del sistema

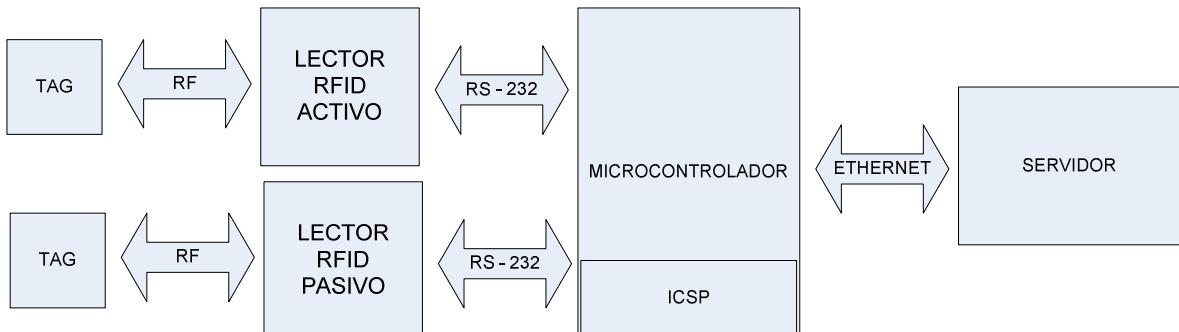


Figura 3. 12 Diagrama de bloques del sistema

Agrupando todos los conceptos presentados en el capítulo II y las características que debe cumplir el hardware se ha dividido en tres bloques indicados en la Figura 3.11.

A continuación se describe la función del diagrama de bloques:

En primer lugar el tag al pasar por los lectores RFID, este registra los IDs y son enviados mediante comunicación serial al microcontrolador, mientras tanto el microcontrolador siempre está atento a la espera de recibir información por cualquiera de los puertos seriales que dispone, el puerto número uno se utiliza para el RFID pasivo que lee los tags de ingreso y salida del personal y el segundo puerto serial está atento a la lectura de los tags de los dispositivos del laboratorio; una vez que el microcontrolador recibe la información del RFID este se comunica con el servidor utilizando el puerto Ethernet, enviando el número del ID para ser procesador por el servidor, el cual valida los datos y responde al microcontrolador con un comando para indicar si tiene permisos o no para acceder, en caso de ser positivo, este activa la etapa de potencia que controla la cerradura eléctrica, caso contrario no realiza ninguna acción.

### 3.1.2 Criterios de diseño

El microcontrolador seleccionado para el diseño del sistema es el PIC 18F97J60 de Microchip, la característica principal de este integrado es su puerto de conexión Ethernet compatible con el estándar IEEE 802.3 con redes 10/100/1000 Base-T, el microcontrolador también dispone de dos puertos EUART independientes, la ventaja de esto es que podemos realizar interrupciones por separado en cada puerto serial, logrando estar atentos al envío de información de los dos lectores RFID.

Para la etapa de potencia que maneja la cerradura eléctrica se utiliza un relé, el cual se activa con un pulso de 9 – 12 ~V a 500 mA y se encuentra normalmente desconectado.

En cuanto al lector RFID se tiene una gran diversidad de integrados debido a que funcionan en varias frecuencias y por ende tienen diferentes rangos de alcance. Para el control de acceso de los usuarios se utiliza el integrado ID-20 el cual internamente dispone de un lector RFID con antena integrada, en las especificaciones técnicas este dispositivo tiene un alcance de 20 cm.

Para el control de los dispositivos del laboratorio se utiliza un lector RFID activo, el cual trabaja a 433 MHz y con un alcance de lectura de los tags de aproximadamente 20 m. Aprovechando este gran rango de comunicación el sensor se lo puede colocar internamente de los equipos que tienen chasis metálico, disminuyendo el alcance de comunicación. El alcance de lectura del lector RFID activo y el tag interno en el chasis metálico es de 0,50m aproximadamente, esta distancia puede ser calibrada con el tamaño de la antena del tag, el cual al ser más grande tiene mayor alcance, para el presente proyecto la antena es de 12 cm con lo

cual se tiene un alcance de 1,50 metros necesarios para cubrir solo el entorno de la puerta del laboratorio.

Los tags utilizados por los usuarios son del tipo tarjeta para disponer de un mayor rango de lectura, también se dispone tags en forma de llaveros pero con un menor alcance.

### **3.1.3 Descripción de los bloques del sistema**

#### **3.1.3.1 Bloque RFID pasivo**

El módulo ID-20 tiene 4 pines esenciales para su funcionamiento básico y necesario para nuestro proyecto, los pines se refiere al de alimentación (5 v), al pin de tierra, y a los pines Tx y Rx para la comunicación con el microcontrolador. Ver anexo 5.

#### **3.1.3.2 Bloque RFID activo**

El circuito diseñado para el RFID activo consta de un receptor LAIPAC que trabaja a 433 MHz, al cual está conectado a un microcontrolador que está siempre atento a la recepción de datos de los tags activos. Al recibir el dato envía esta información por el puerto serial a la placa principal.

### **3.1.3.3 Bloque Ethernet**

La función del siguiente circuito es acoplar las señales del puerto Ethernet del PIC como se indica en la sección 2.2.2.4. En la figura 2.7 donde muestra el circuito que se necesita para conectarse a la red LAN. En la figura 3. 13 y 3. 14 se observa la conexión realizada para el prototipo diseñado.

### **3.1.3.4 Bloque del microcontrolador**

El microcontrolador es energizado con 3.3 V DC, internamente tiene un regulador de voltaje de 2.5V el cual es activando conectando el pin VCAP a un capacitor alimentado a 3.3 V. Para el funcionamiento de la comunicación Ethernet del PIC la alimentación es separada de la alimentación de la CPU, por lo que se debe alimentar los pines 72, 75, 81 y 82; el microcontrolador está diseñado para funcionar con un cristal de 25 MHz

### **3.1.3.5 Bloque ICSP**

La tarjeta principal dispone de un conector de este tipo (Programación serial en el circuito), el cual permite programar el microcontrolador.

## **3.1.1 Diagrama esquemático del circuito**

Para el diseño del diagrama electrónico del circuito se realizó con el software EAGLE.

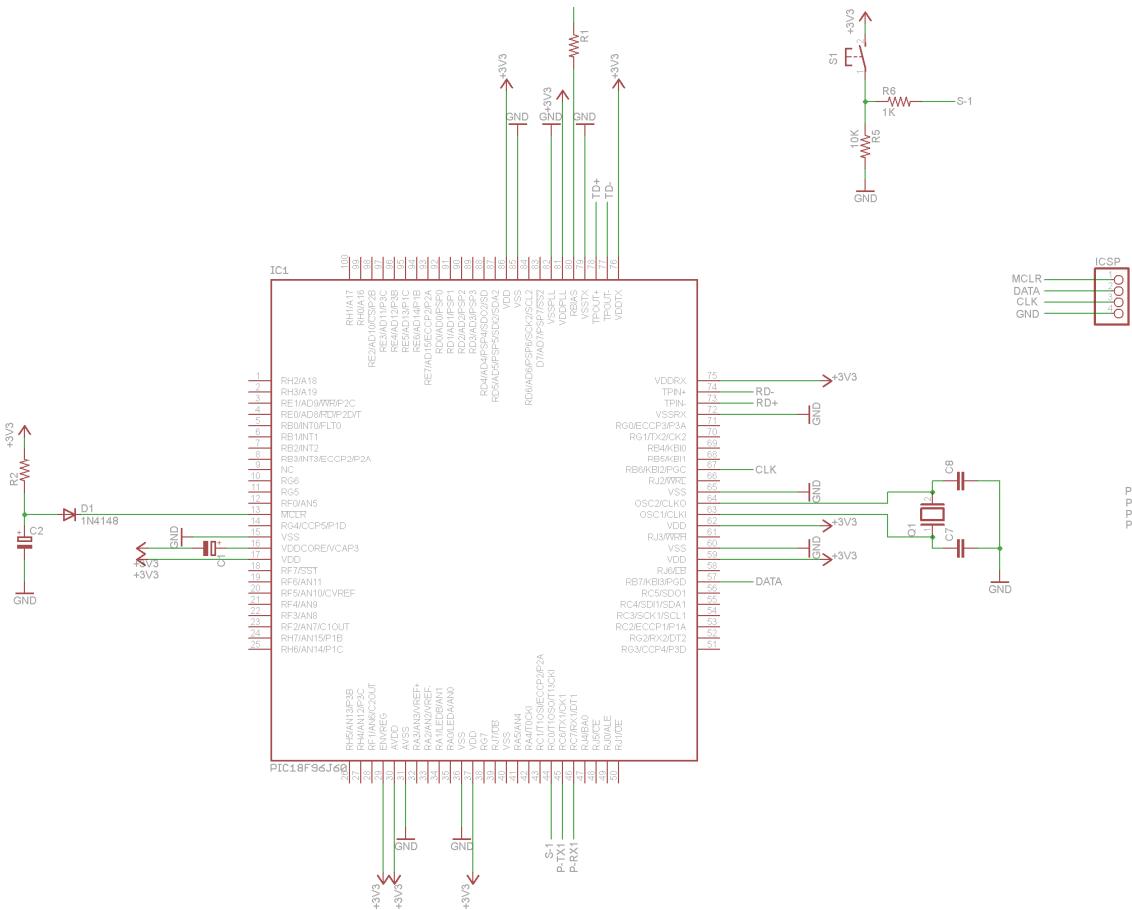


Figura 3. 13 Esquema del circuito electrónico del microcontrolador

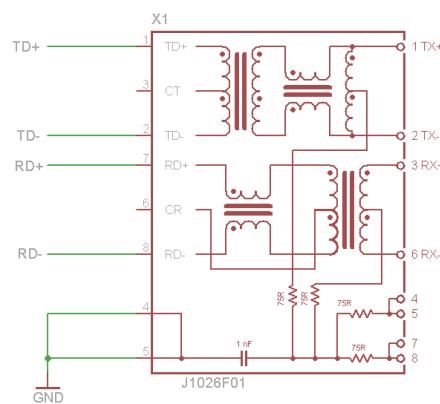


Figura 3. 14 Esquema del circuito electrónico del módulo Ethernet

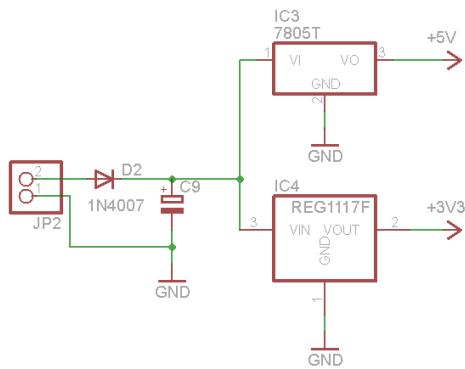


Figura 3. 15 Esquema del circuito electrónico del regulador de voltaje

### 3.1.2 PCB de la placa principal.

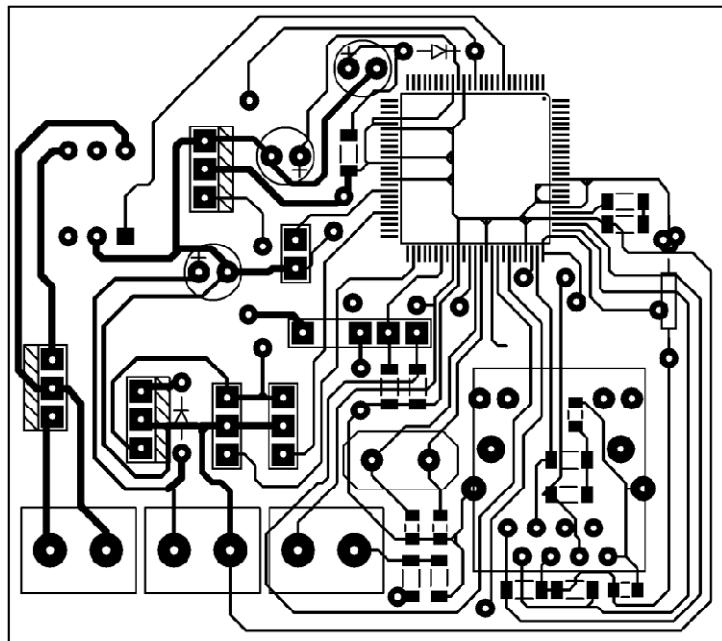


Figura 3. 16 PCB del circuito

## 3.2 Programación

### 3.2.1 Lenguaje de programación

La elección del lenguaje de programación a utilizar se basó en las librerías creadas por Microchip para controlar el módulo Ethernet del microcontrolador, el cual está diseñado en lenguaje C, para el presente proyecto se utilizó el compilador PIC CCS COMPILER el cual modificó las librerías de Microchip para su funcionamiento.

### 3.2.2 Compilador

El compilador utilizado para la programación del microcontrolador es el PIC CCS COMPILER. Se eligió este compilador porque tiene librerías del manejo de la comunicación Ethernet de Microchip, y una gran variedad de ejemplos muy útiles.

### 3.2.3 Descripción del stack TCP/IP de Microchip

El stack TCP/IP es un conjunto de librerías que se encargan de realizar la comunicación Ethernet, es decir se encargan del empaquetado, transmisión y envío de datos.

Comparando la Figura 3.6 y la Figura 3.16 se observa cómo trabaja el STACK en las diferentes capas del modelo TCP/IP, el lo cual se explica en la sección 2.2.3.4.

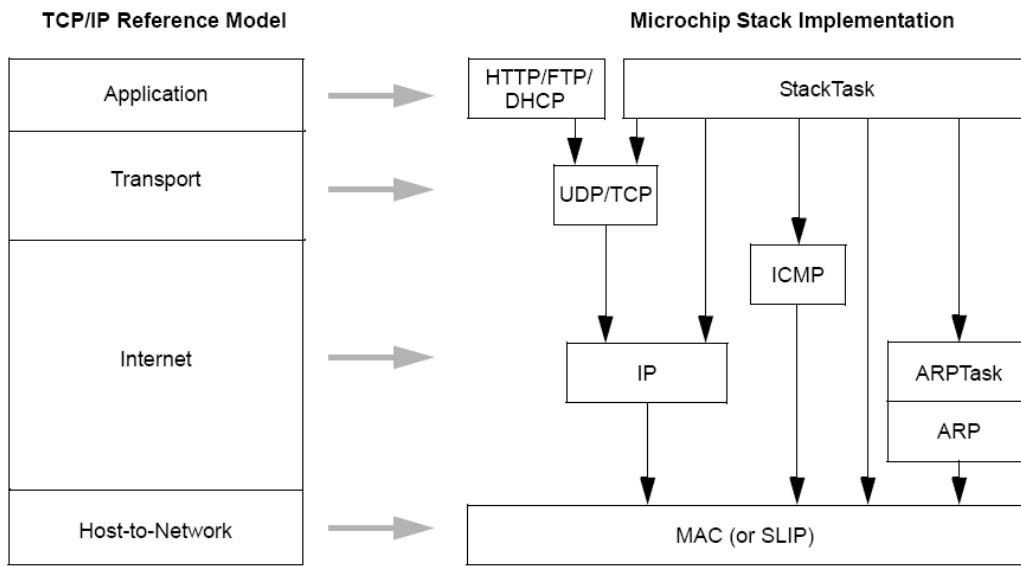


Figura 3. 17 Stack TCP/IP

### 3.2.4 Configuración de la pila del stack TCP/IP

El stack TCP/IP de Microchip se compone de diferentes librerías que independiente mente manejan un protocolo específico, para la comunicación Ethernet con el servidor se lo realiza con el protocolo de enrutamiento TCP, adicionalmente para tener un monitoreo constante de cada lector RFID se aplica el protocolo ICMP, el cual es conocido como “ping” y nos ayuda a verificar que el sistema este encendido y funcionando.

Cada librería está diseñada para configurar parámetros básicos y necesarios para la comunicación Ethernet, como son: la dirección MAC, la dirección IP el puerto de conexión.

### 3.2.5 Requerimientos del programa del microcontrolador.

- Establecer conexión Ethernet con el servidor.
- Detectar automáticamente la lectura de tags de los lectores RFID.
- Enviar los códigos leídos al servidor para su respectiva validación.
- Estar atentos a los datos enviados por el servidor.
- Activar la cerradura eléctrica, siempre y cuando esté debidamente validados los tags.
- Encender el buzzer en caso de detectar un tag validado como equipo del laboratorio, en el cual la puerta se bloquea y no puede ser activada por el pulsador o por ningún tag permitido.
- Reconexión automática con el servidor en caso de pérdida de conexión.
- Validación autónoma de 3 códigos de tags almacenados en la memoria interna del microcontrolador.

### 3.2.6 Diagrama de flujo del programa del microcontrolador.

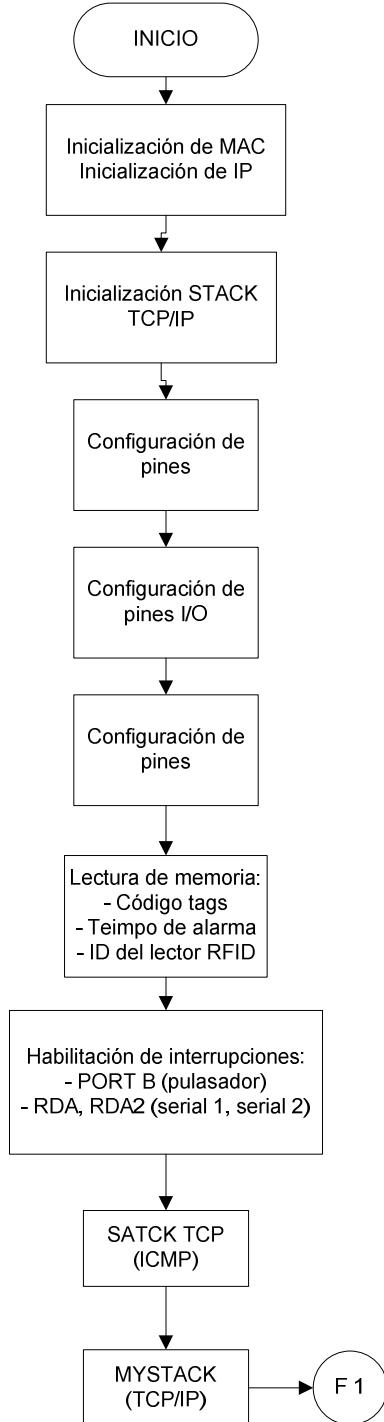


Figura 3. 18 Diagrama de flujo programa principal

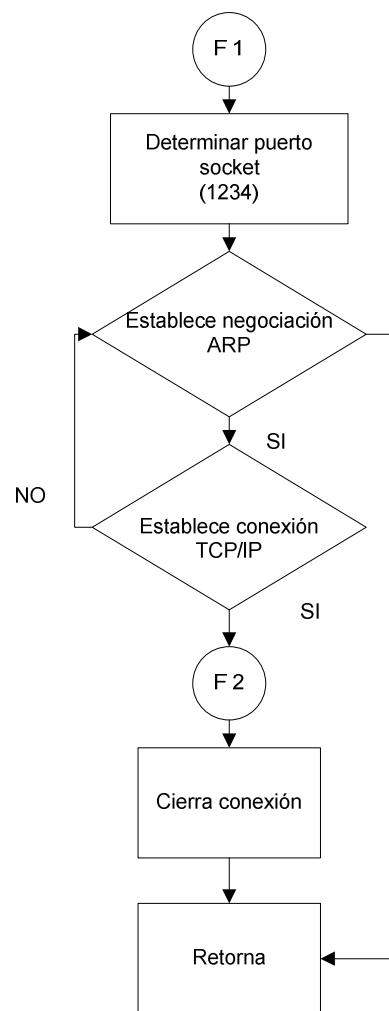


Figura 3. 19 Diagrama de flujo de la conexión TCP/IP

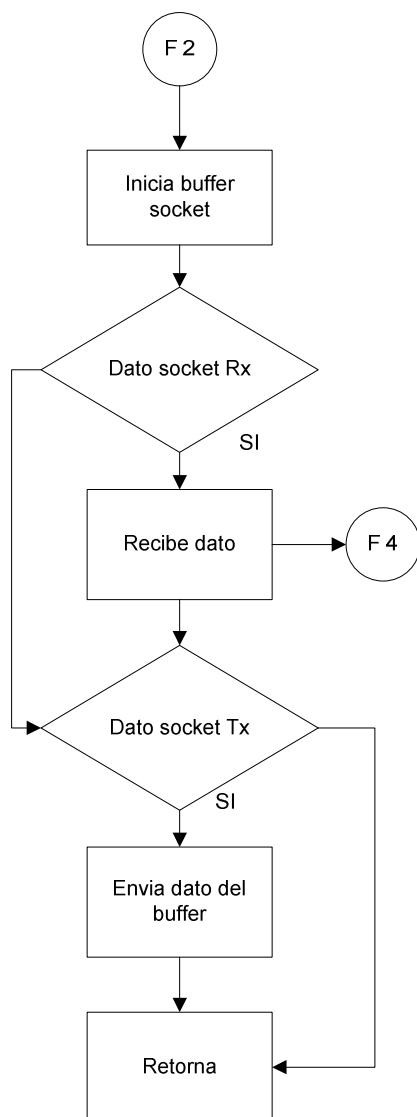


Figura 3. 20 Diagrama de flujo de envío y recepción de datos

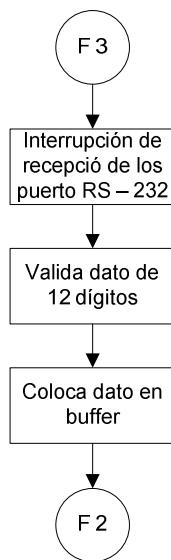


Figura 3. 21 Diagrama de flujo lectura de códigos de los RFIDs

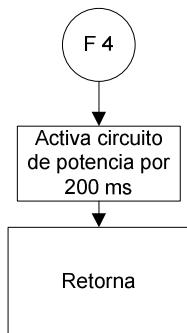


Figura 3. 22 Diagrama de flujo para activar la cerradura

## **CAPÍTULO IV**

### **DISEÑO DEL SOFTWARE DEL SISTEMA**

#### **4.1 DESCRIPCIÓN GENERAL**

En este capítulo, se describe el diseño del software necesario para el funcionamiento del sistema de control e inventario electrónico, recordemos que es un sistema compuesto de dos partes, Hardware y Software, por lo que ambas partes se complementan armoniosamente.

Se ha diseñado el Software pensando en todas las necesidades del caso, tomando en cuenta cada una de las variables involucradas, además de todas las posibilidades de uso, por lo que se desarrolló el sistema de una manera descentralizada, con lo que tenemos 2 sistemas o etapas separadas, cada uno con sus características y particularidades, los cuales son:

- Servidor de Datos
- Interfaz de usuario

Teniendo dos etapas independientes, podemos tener redundancia de nuestra Interfaz de usuario, con lo que no se “amarra” al administrador del sistema a una sola computadora, sino todo lo contrario, al haber sido desarrollada en HTML y PHP (Lenguajes de Programación

WEB) dicha aplicación puede ser abierta desde cualquier computadora y/o navegador de internet.

El sistema propuesto debe responder a algunas condiciones de funcionamiento, las cuáles básicamente se deben cumplir en el Servidor de Comunicación, en vista que este es el responsable de enviar y recibir los datos vía Ethernet desde nuestro Hardware, además de grabar dichos datos en diferentes tablas –según sea el caso– de nuestra base de datos.

A continuación se detallan las condiciones de funcionamiento del sistema:

- Debe tener el control de la apertura de la puerta de ingreso al laboratorio.
- Debe llevar un registro de todas las personas y objetos que ingresan o salen del laboratorio, al igual de un registro individual tanto de personas y objetos que ingresan y otro registro individual de personas y objetos que salen del laboratorio, dichos registros deben incluir de manera fundamental la fecha y hora del evento.
- Debe brindar la opción de permitir el acceso a los laboratorios en días no laborables, dicho permiso se debe dar mediante el código de usuario, fecha y hora.

Como dato relevante, podemos citar que cada usuario del sistema tiene asignado un código único e irrepetible, este código viene dado por la etiqueta “tag” o tarjeta RFID y este es leído por nuestro sensor RFID (pasivo y activo) y enviado hacia el sistema mediante el PIC ETHERNET. A continuación, se describe cada parte del Software del Sistema.

## 4.2 SERVIDOR DE DATOS

### 4.2.1 Servidor de Comunicación

Es una de las etapas más importantes del presente proyecto, en vista que es el nexo que une la parte física (Hardware) con la etapa final de usuario (Interfaz).

La función principal de esta etapa es la de recibir los datos enviados por el PIC-ETHERNET mediante un puerto especificado, procesarlos, para luego guardarlos en una base de datos, así mismo tiene la facultad de enviar información necesaria hacia el PIC, para el control de la apertura de la puerta, esta información es enviada y procesada por el PIC, en el caso que sea el código preestablecido para la apertura de la puerta, el PIC procede a enviar una señal de control a la etapa de Potencia del Hardware para que así se abra la cerradura eléctrica.

### 4.2.2 Lenguaje de programación

Para la elaboración de esta etapa, se usó como lenguaje de programación Visual Basic 6.0, por la facilidad de integración con bases de datos, y para recibir información vía ETHERNET.

Tenemos dos etapas fundamentales de funcionamiento del Servidor de Comunicación, la primera es la de recibir la información vía Ethernet, y la segunda es la de grabar datos en la base de datos.

Para la primera parte, se utilizó el componente “Winsock”, el cual viene incluido en las librerías de Visual Basic, y se lo configura de la siguiente manera:

- a) En la barra de menú se escoge Pestaña, luego Componentes

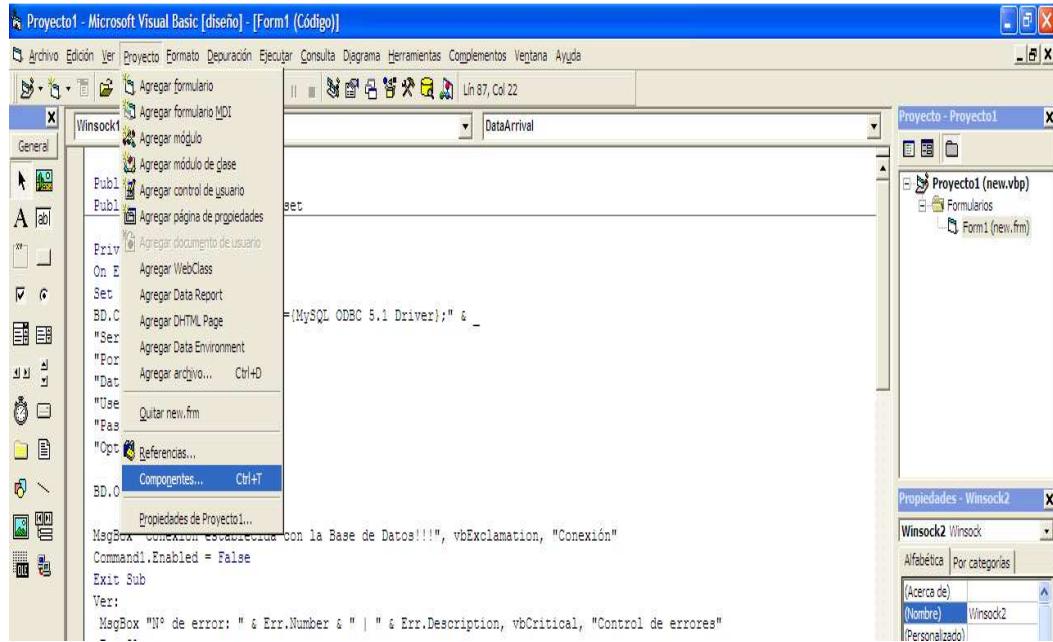


Figura 4. 23 Menú Proyecto-Componentes

- b) En componentes procedemos a buscar “Microsoft Winsock Control 6.0”, y lo seleccionamos.

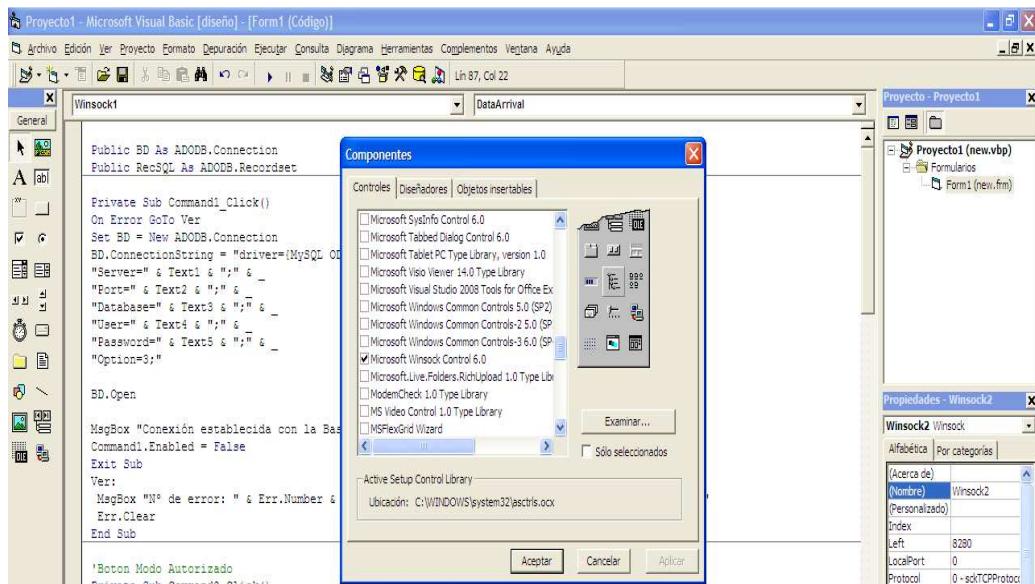


Figura 4. 24 Ventana de Componentes

- c) Se procede a ubicar dicho componente en la interfaz HMI<sup>1</sup>.



Figura 4. 25 HMI

- d) Se configura los parámetros de conexión, estos datos se pueden configurar directamente marcando este complemento y alterando sus propiedades, y otra forma es escribiéndolos en el código de programa, en nuestro caso en particular, estos datos son:

IP Remota: 192.168.1.7

Protocolo de Comunicación: UDP

Puerto Remoto: 1234

Puerto Local: 1234

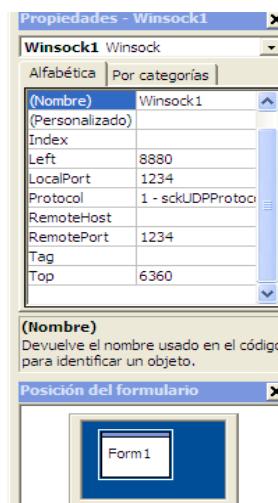


Figura 4. 26 Configuración de parámetros de conexión, mediante las propiedades del componente

```
'Boton Modo Autorizado
Private Sub Command2_Click()
If Command3.Enabled = False Then
MsgBox "No permitidas ambas opciones a la vez!!", vbExclamation, "Incorrecto"
Else
    Winsock2.Protocol = sckUDPProtocol
    Winsock2.RemoteHost = "192.168.1.7"
    'establecemos la IP a conectar-PIC
    Winsock2.RemotePort = 1024
    'establecemos el puerto a conectar
    Winsock2.LocalPort = 1025
    'Nos ponemos a escuchar
    'Winsock1.Listen
    Command2.Enabled = False
    MsgBox "Modo Autorizado Activado", vbExclamation, "Modo Autorizado Activado"
End If
End Sub
```

Figura 4. 27 Configuración de parámetros de conexión, mediante el código de programa

#### 4.2.3 Base de datos

Para la segunda etapa de funcionamiento del servidor de comunicación se utiliza directamente un “conector” que permite que desde Visual Basic se puedan realizar cualquier tipo de operación en las bases de datos MySQL.

Este conector se descarga directamente desde el Internet de la página oficial de MySQL<sup>2</sup>; luego de lo cual se lo tiene que instalar.

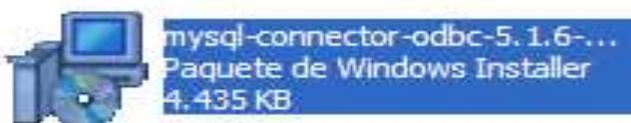


Figura 4. 28 Instalador-Conector MySQL

Con este conector instalado, procedemos a utilizar las sentencias necesarias en nuestro código de programa en Visual Basic para la conexión con la base de datos, cabe recalcar que al ser el conector original publicado para Windows no se tiene ningún problema de conexión,

ya que la base de datos MySQL tal como se detallará en este mismo capítulo, es un servidor montado y soportado por Windows XP.

Para utilizar dicho conector solo es necesario escribir las siguientes líneas en el inicio de nuestro código de programa:

```
Public BD As ADODB.Connection  
Public RecSQL As ADODB.Recordset
```

Ya para utilizar en sí el conector se lo debe de llamar mediante línea de código, de la siguiente forma:

```
Set BD = New ADODB.Connection  
BD.ConnectionString = "driver={MySQL ODBC 5.1 Driver};"
```

Para la realización de la conexión de Visual Basic con MySQL, se debe tener en cuenta de ingresar mediante el código de programa todos los datos necesarios, en nuestro caso estos datos son:

Nombre del Servidor: localhost

Puerto que trabaja el servidor: 3306

Nombre de la base de datos: tesis

Usuario: root

Password: 194508

Cabe recalcar, que el nombre del servidor se utiliza “localhost” ya que el servidor MySQL se encuentra instalado en la misma máquina donde está corriendo nuestro Servidor de Comunicación.

El puerto de Comunicación en el que trabaja el sistema, es el mismo en el que trabaja MySQL por defecto, ya que se prefiere conservar los parámetros de conexión original. En el nombre de la base de datos, ingresamos el nombre o identificador de la base de datos.

Al ser un sistema de seguridad, procedimos a proteger el acceso a la base de datos, mediante el ingreso de “usuario” y “contraseña”, dichos datos deben ser cuidados celosamente, y no divulgados ya que si la base de datos es accedida desde la Intranet en la ESPE, el sistema de seguridad se vería vulnerado.

Como parámetros de funcionamiento del sistema, tenemos que el Servidor de Comunicaciones debe permitir recibir información vía ETHERNET, grabar en las tablas pertenecientes a la base de datos utilizada, y todo esto con ciertas condiciones, antes que todo se debe tener en cuenta que este Servidor es transparente para cualquier usuario, y que solo el Administrador del sistema podrá tener acceso a él, para lo cual se plantea que todos los Servidores necesarios para el correcto funcionamiento del presente proyecto, se encuentren instalados en una PC con características propias de servidor, en un lugar que no sea de libre acceso para estudiantes o Profesores.

Mediante este servidor de comunicaciones, se puede configurar el funcionamiento del sistema, ya que posee una interfaz gráfica con la que podemos escoger si el sistema se encuentra en modo “Recibir LAN”, o en modo “Autorizado”.



Figura 4. 29 Interfaz gráfica del Servidor de Comunicación

Para el modo de “Recibir LAN”, el sistema trabaja normalmente para lo que fue diseñado, en otras palabras recibe toda la información enviada desde el PIC y la graba en una base de datos.

A continuación se presenta un pequeño flujograma que describe el funcionamiento del servidor de comunicaciones en modo “Recibir LAN”.



Figura 4. 30 Flujograma, funcionamiento del servidor de comunicación en MODO RECIBIR LAN

Cuando se configura el servidor en “Modo Autorizado”, el sistema se encuentra a escucha de los datos enviados por el PIC ETHERNET, para cuando la hora del sistema sea la misma que la configurada vía WEB, se aplique la autorización de ingreso, por lo que además cuando el código del usuario haya sido leído vía RFID en el rango de tiempo designado para el ingreso, el servidor de comunicación procederá a abrir la puerta, el rango designado de tiempo autorizado de ingreso tiene un límite superior y un límite inferior, con lo que es completamente configurable la autorización de ingreso de una persona.

El formato de ingreso de la fecha y hora, vía WEB es el siguiente:

Año-mes-día-hora-minuto-segundo

**2010-06-25-14-35-12**

A continuación se presenta un flujograma que describe el funcionamiento del servidor de comunicaciones en “Modo Autorizado”

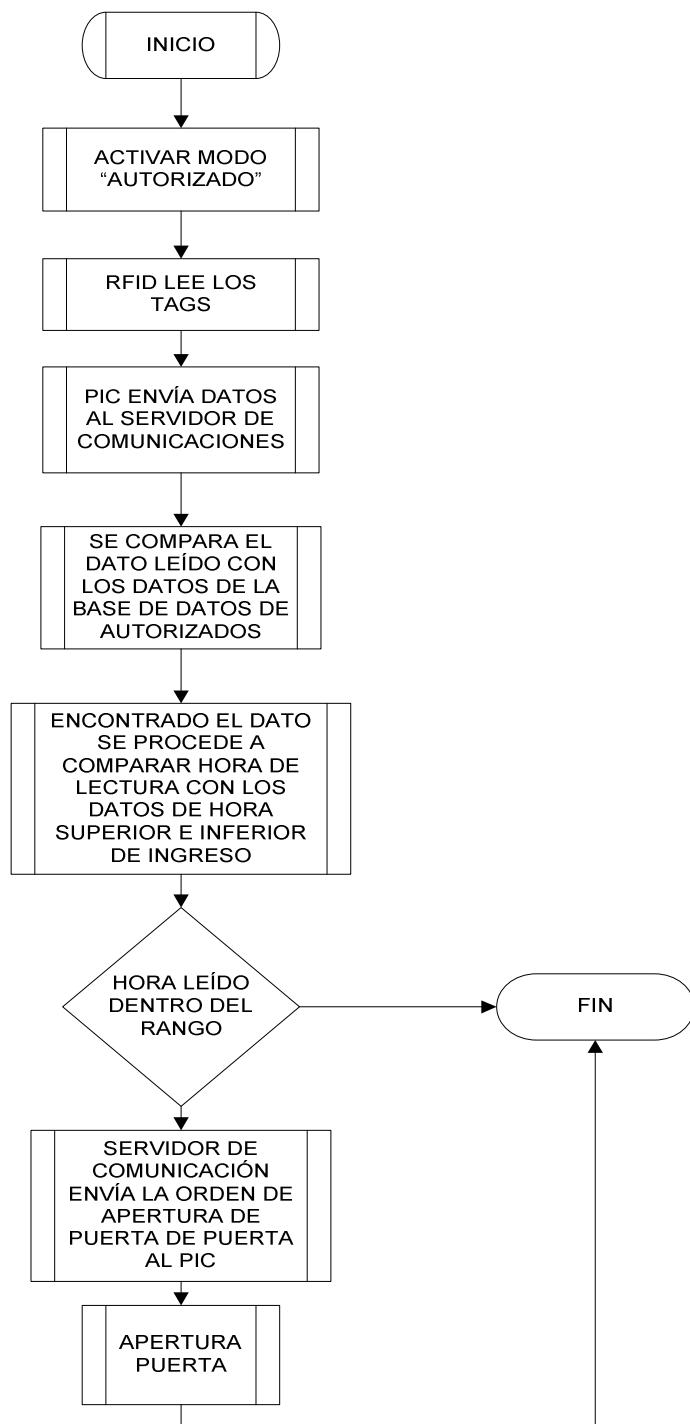


Figura 4. 31 Flujograma, funcionamiento del servidor de comunicación en MODO AUTORIZADO

#### 4.2.4 Manejo de la base de datos.

Por la naturaleza del sistema, se necesita un servidor de base de datos, el cuál debe brindar un servicio estable y confiable, basado en estas características se escogió MySQL.

Se empezó configurando el servidor de base de datos, para lo cual se utilizó un manejador gráfico conocido como “*PHPMyAdmin*”, el cual es un manejador de MySQL basado en PHP, este manejador es distribuido bajo la licencia GNU de software libre, y viene incluido en el paquete “*XAMPP*”.



Figura 4. 32 XAMPP para Windows

Tabla	Acción	Registros <sup>1</sup>	Tipo	Cotejamiento	Tamaño	Residuo a depurar
autorizados		0	MyISAM	latin1_swedish_ci	1.0 KB	-
datos_personales		5	MyISAM	latin1_swedish_ci	2.3 KB	-
idalarmas		11	MyISAM	latin1_swedish_ci	2.5 KB	-
ingreso		152	MyISAM	latin1_swedish_ci	8.3 KB	-
inventario		3	MyISAM	latin1_swedish_ci	2.1 KB	-
lectrfid		894	MyISAM	latin1_swedish_ci	36.8 KB	-
opcionid		77	MyISAM	latin1_swedish_ci	2.7 KB	-
retirado		20	MyISAM	latin1_swedish_ci	2.5 KB	-

8 tabla(s) Número de filas 1,162 MyISAM latin1\_swedish\_ci 58.2 KB 0 Bytes

Esperando a http://192.168.10.100/phpmyadmin/navigation.php?db=thesis&token=1c7ddc1d322743255a89ad57809d9577&phpMyAdmin=a6

Figura 4. 33 phpMyAdmin – Interfaz gráfica para manejo de base de datos

Mediante esta interfaz se pueden crear, editar y eliminar varios tablas y/o registros pertenecientes a una base de datos.

Se crearon cinco tablas pertenecientes a una misma base de datos, las cuales son:

- autorizados
- datos\_personales
- idalarmas
- ingreso
- inventario
- lectrfid
- opcionid
- retirado

Tabla 4. 3 Tabla de la base de datos “TESIS”

Tabla	Acción	Registros <sup>1</sup>	Tipo	Cotejamiento	Tamaño	Residuo a depurar
autorizados		0	MyISAM	latin1_swedish_ci	1.0 KB	-
datos_personales		5	MyISAM	latin1_swedish_ci	2.3 KB	-
idalarmas		11	MyISAM	latin1_swedish_ci	2.5 KB	-
ingreso		152	MyISAM	latin1_swedish_ci	8.3 KB	-
inventario		3	MyISAM	latin1_swedish_ci	2.1 KB	-
lectrifid		894	MyISAM	latin1_swedish_ci	36.8 KB	-
opcionid		77	MyISAM	latin1_swedish_ci	2.7 KB	-
retirado		20	MyISAM	latin1_swedish_ci	2.5 KB	-
8 tabla(s)	Número de filas	1,162	MyISAM	latin1_swedish_ci	58.2 KB	0 Bytes

← Marcar todos/as / Desmarcar todos      Para los elementos que están marcados:

Cada una de las tablas mencionadas anteriormente, tiene un propósito en particular, a continuación se menciona detalladamente:

- autorizados: En esta tabla de datos se guardan cuatro parámetros fundamentales para la aprobación de que los usuarios ingresen en una fecha y hora en particular, estos datos son grabados mediante la aplicación WEB.

Los datos son:

- Código: Código único de usuario
- Hora\_UP: Hora inferior del rango de autorización de entrada al laboratorio.
- Hora\_D: Hora superior del rango de autorización de entrada al laboratorio.
- Idalarm: Identificador único de sistema de seguridad, representa a un único laboratorio

Tabla 4. 4 Tabla Autorizados



The screenshot shows the phpMyAdmin interface for the 'tesis' database. The 'autorizados' table is selected. The table structure includes columns: Campo (Field), Tipo (Type), Cotejamiento (Collation), Atributos (Attributes), Nulo (Null), Predeterminado (Default), Extra, and Acción (Actions). The 'autorizados' table has five rows with the following data:

Campo	Tipo	Cotejamiento	Atributos	Nulo	Predeterminado	Extra	Acción
Codigo	varchar(12)	latin1_swedish_ci		No	Ninguna		
Hora_UP	datetime			No	Ninguna		
Hora_D	datetime			No	Ninguna		
Dif	int(11)			No	Ninguna	auto_increment	
idalarm	int(2)			No	Ninguna		

- datos\_personales: En esta tabla se almacenan los datos de identificación tanto de personas, como de equipo de laboratorio, esta tabla se llena solamente desde la aplicación WEB.

Los datos a guardar son:

- CI: Cédula de ciudadanía, este parámetro es posible ingresar solo en el caso de añadir personas al Sistema.
- Nombre: Nombre de la persona a añadir.
- Código: Código de identificación único, sea de persona o equipo.
- Comentarios: Comentarios o notas extras sobre el ingreso de la persona o equipo.
- Idalarm: Identificador único de sistema de seguridad, representa a un único laboratorio
  
- IdAlarms: En esta tabla se almacenan los registros de los laboratorios activos en el sistema, esta tabla se llena directamente desde el software de configuración de equipos.

Los datos a guardar son:

- Idalarm: Identificador único de sistema de seguridad, representa a un único laboratorio.
- Lab: Detalla el nombre del laboratorio involucrado al IdAlarm.

- Encar: Detalla en nombre de la persona encargada del laboratorio en cuestión.
  - Coment: Comentarios o notas extras sobre algún laboratorio.
- Ingreso: En esta tabla se almacenan los datos que fueron leídos por el RFID, y fueron identificados como elementos ingresados en el laboratorio. Estos datos se graban en la tabla mediante el software que hace de servidor de datos, al momento que escoge si es lectura de ingreso o salida.

Los datos a guardar son:

- Código: Código de identificación único, sea de persona o equipo.
  - Hora: Hora en la que ingresó el usuario o equipo
  - Idalarm: Identificador de sistema o laboratorio
- Lectrfid: En esta tabla se guardan, absolutamente todos los datos leídos por el RFID, ya que son enviados directamente desde el Servidor de Datos hasta dicha tabla.
- Retirado: En esta tabla se almacenan los datos que fueron leídos por el RFID, y fueron identificados como elementos retirados en el laboratorio. Estos datos se graban en la tabla mediante el software que hace de servidor de datos, al momento que escoge si es lectura de ingreso o salida.

### 4.3 Interfaz WEB

La interfaz WEB es el complemento perfecto para la utilización del presente sistema, en vista que, mediante este se puede configurar el funcionamiento de nuestro servidor de comunicaciones, además de obtener información relevante con respecto al uso del sistema,

información tal como los datos leídos por nuestro Hardware, datos filtrados por eventos, es decir tenemos varias opciones de visualización de datos.

Dicha interfaz ha sido desarrollada en su totalidad, pensando en dar un verdadero servicio de administración, para lo cual se tomaron en cuenta todas las variables incluidas dentro del proceso de administración de sistemas tecnológicos, una de las variables más importantes, es la de poder monitorear y/o configurar cualquier parte del sistema vía remota, teniendo en cuenta todas las seguridades del caso, para lo cual se escogió desarrollar el sistema en HTML y PHP, ambos, formatos muy conocidos y usados en diseño de páginas WEB.

Con la interfaz de usuario, diseñada como página WEB, se garantiza que pueda ser accedida desde cualquier parte, sea interno del campus de la EPSE, o externo como por ejemplo la casa del Administrador encargado del sistema, ya que solo sería necesario abrir el puerto 80 (WEB) en el Firewall o equipo de seguridad perimetral existente en la ESPE, al trabajar directamente sobre el mencionado puerto, se garantiza que no se abrirán puertos innecesarios, ni tampoco se generarán huecos de seguridad, los cuales podrían ser perjudiciales para la seguridad de la información interna de la ESPE.

Para la elaboración de la interfaz WEB, se tomó en cuenta todas las características y funciones de nuestro servidor de comunicaciones, en vista que dicha interfaz gráfica trabaja directamente sobre este servidor.

La interfaz WEB consta de varias partes, las cuáles son:

- Pantalla de Inicio
- Pantalla de LOGIN
- Pantalla de Menú

- Ver Base de Datos de Lectura RFID
- Ver Base de Datos Ingreso
- Ver Base de Datos Retiros
- Ver Base de Datos Usuario & Equipos
- Ingresar manualmente nuevo Usuario
- Ingresar manualmente nuevo Equipo
- Eliminar registro de Usuario o Equipo
- Autorizar ingreso de usuario
- Cerrar Sistema

A continuación la descripción de cada parte de la interfaz WEB del sistema.

#### **4.3.1 Inicio**

Pantalla de Inicio: Es la pantalla inicial del sistema, consta sencillamente de varias imágenes representativas de la institución, además de una animación hecha en flash con información referente al sistema, además se incluyen los nombres de los creadores del sistema.

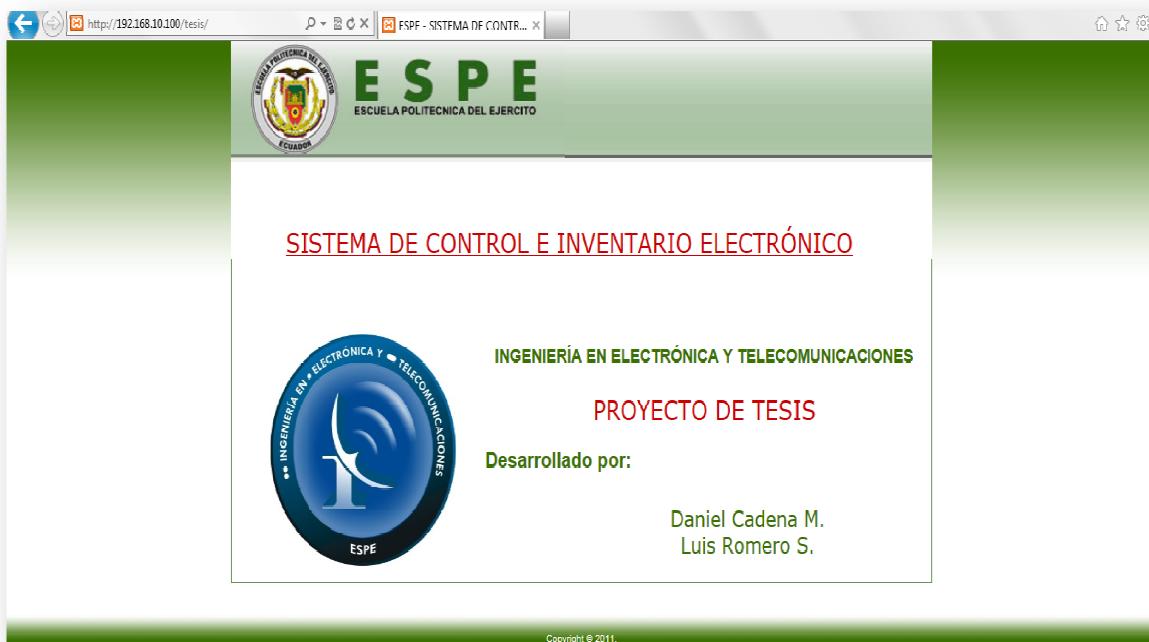


Figura 4. 34 Pantalla de inicio

#### 4.3.2 Login

Pantalla de LOGIN: Por seguridad de la información se presenta una pantalla de LOGIN, con la cual se exige para el ingreso del sistema, el ingreso de un nombre de usuario y contraseña, vale recalcar que dichos datos son de uso exclusivo del administrador del sistema.

Consta principalmente de dos campos de ingreso de texto, uno para el nombre de usuario y otro para la clave, además consta de un banner flash para realzar el diseño de la página WEB.



Figura 4. 35 Pantalla de LOGIN

#### 4.3.3 ID Laboratorios

Pantalla de ID Laboratorios: Se diseñó una interfaz adicional para permitir al usuario final escoger el laboratorio a administrar, esto para cumplir con el objetivo que el sistema optimice el manejo de información de varios laboratorios.

Dicha interfaz presenta solamente un ítem de ingreso de datos, junto a una tabla, donde muestran los laboratorios registrados en el sistema.

ID	LABORATORIO	ENCARGADO	COMENTARIOS
31	dafasdf	asdfasdf	asdf
31	networking	yo mismo	dfasdf
78	adtsd	adtsd	dfasdfdasfsad
22	asdf	lk	lkjkh
22	asdf	lk	lkjkh
23	networking	ing aguilal	adfdf prueba
0	Networking	Ing. Cabezas	Prueba Final
18	Networking	Ing. Cabezas	Prueba Final
21	alarmas	Luis Romero	prueba corregido

Figura 4. 36 Pantalla de ID Laboratorios

#### 4.3.4 Menú

Pantalla de Menú: Se diseñó un menú interactivo e intuitivo para el administrador del sistema, mediante el cual se puede acceder a cada una de las funcionalidades de nuestro servidor de comunicaciones antes descritas.



Figura 4. 37 Pantalla de MENÚ

#### 4.3.3.1 Ver Base de Datos de Lectura RFID

**Ver Base de Datos de Lectura RFID:** En este ítem, podemos encontrar todos los datos leídos por el lector RFID, cuando el servidor de comunicación se encuentra en modo “RECIBIR LAN”.

En la pantalla se muestra directamente una tabla con los campos más importantes con respecto a la lectura de dichos datos. Se presentan cuatro columnas en el siguiente orden:

- **CÓDIGO:** Presenta la información con respecto al código único, el cual identifica al usuario.

- **HORA:** Presenta la información con respecto a la fecha y hora en que fue leído el tag RFID, se presenta en el siguiente formato: año-mes-día hora-minuto-segundo (yyyy-mmdd-ddhhmm-mmdd-ssss)
- **NOMBRE:** Presenta la información con respecto al nombre de la persona a la que pertenece o identifica el tag RFID, este dato puede o no estar presente, en vista que al ser esta una tabla general de tags RFID leídos, puede ser tanto de personas como de equipos.
- **EQUIPO:** Presenta la información con respecto al identificador o nombre del equipo que identifica el tag RFID, este dato puede o no estar presente, en vista que al ser esta una tabla general de tags RFID leídos, puede ser tanto de personas como de equipos.



Figura 4. 38 Pantalla Lectura RFID

#### 4.3.3.2 Ver Base de Datos Ingresos

Ver Base de Datos Ingresos: En este ítem, podemos encontrar todos los datos referentes a las personas u equipos que han ingresado al laboratorio, cabe recalcar que esta información se la obtiene de la tabla principal de lectura RFID.

En la pantalla se muestra directamente una tabla con los campos más importantes con respecto a la lectura de dichos datos.

Se presentan cuatro columnas en el siguiente orden:

- CODIGO: Presenta la información con respecto al código único, el cual identifica al usuario.
- HORA: Presenta la información con respecto a la fecha y hora en que fue leído el tag RFID, se presenta en el siguiente formato: año-mes-día hora-minuto-segundo (yyyy-mmdd-hhmm-mmdd-ssss)
- NOMBRE: Presenta la información con respecto al nombre de la persona a la que pertenece o identifica el tag RFID, este dato puede o no estar presente, en vista que al ser esta una tabla general de tags RFID leídos, puede ser tanto de personas como de equipos.
- EQUIPO: Presenta la información con respecto al identificador o nombre del equipo que identifica el tag RFID, este dato puede o no estar presente, en vista que al ser esta una tabla general de tags RFID ingresados, puede ser tanto de personas como de equipos.

ID	LABORATORIO	ENCARGADO	COMENTARIOS
34	dafasdf	asdfasdf	asdf
34	networking	yo mismo	dfasdf
78	adsfd	adsfd	dfasfdasfsedd
22	asdt	jk	lkjkhn
22	asdf	jk	lkjkjh
23	networking	ing aguilar	adfd prucba
0	Networking	Ing. Cabezas	Prueba Final
18	Networking	Ing Cabezas	Prueba Final
21	alarmas	J uis Romero	prueba corregido
23	kimono	kimono	kimono

Figura 4. 39 Pantalla Tabla de Ingreso

#### 4.3.3.4 Ver Base de Datos Retiros

Ver Base de Datos Retiros: En este ítem, podemos encontrar todos los datos referentes a las personas o equipos que han salida del laboratorio, cabe recalcar que esta información se la obtiene de la tabla principal de lectura RFID.

En la pantalla se muestra directamente una tabla con los campos más importantes con respecto a la lectura de dichos datos.

Se presentan cuatro columnas en el siguiente orden:

- CODIGO: Presenta la información con respecto al código único, el cual identifica al usuario.

- **HORA:** Presenta la información con respecto a la fecha y hora en que fue leído el tag RFID, se presenta en el siguiente formato: año-mes-día hora-minuto-segundo (yyyy-mm-mm-ddhhhh-mm-mm-ssss)
- **NOMBRE:** Presenta la información con respecto al nombre de la persona a la que pertenece o identifica el tag RFID, este dato puede o no estar presente, en vista que al ser esta una tabla general de tags RFID leídos, puede ser tanto de personas como de equipos.
- **EQUIPO:** Presenta la información con respecto al identificador o nombre del equipo que identifica el tag RFID, este dato puede o no estar presente, en vista que al ser esta una tabla general de tags RFID retirados, puede ser tanto de personas como de equipos.



Figura 4. 40 Pantalla Tabla de Retiro

#### **4.3.3.5 Ingresar Nuevo Usuario**

En este ítem, podemos ingresar registros al sistema pertenecientes a un nuevo usuario.

En la pantalla se muestra directamente los espacios de ingreso de los datos más importantes para el registro.

Se presentan tres columnas en el siguiente orden:

C.I: Permite el ingreso de cédula de ciudadanía.

NOMBRE: Permite el ingreso del Nombre completo.

CODIGO: Presenta la información con respecto al código único, el cual identifica al usuario.

ID-ALARMAS: Permite el ingreso del parámetro ID, identificador de laboratorio o sistema perteneciente.

Comentarios: Permite el ingreso de comentarios auxiliares a los datos ingresados.



Figura 4. 41 Pantalla Ingreso de usuarios

#### 4.3.3.6 Eliminar Registro de Usuario

En este ítem, podemos eliminar registros del sistema pertenecientes a un usuario.

En la pantalla se muestra directamente, la base de datos, de los usuarios registrados en el sistema, para que mediante el ingreso del código, sea factible eliminarlos de dicha base de datos.



Figura 4. 42 Pantalla Eliminar Usuarios

#### 4.3.3.7 Autorizar Ingreso de Usuario

En este ítem se puede autorizar el ingreso al laboratorio, solamente ingresando el código del usuario, además de los límites de tiempo para el ingreso.

En la pantalla se muestra directamente, la base de datos, de los usuarios registrados en el sistema, para que mediante el ingreso del código, sea factible autorizar el ingreso al laboratorio.



Figura 4. 43 Pantalla Autorizar Ingreso de Usuarios

#### 4.3.3.8 Ver Base de Equipos Registrado-Inventario

En este ítem, podemos encontrar todos los datos referentes a los equipos u objetos registrados en el sistema, cabe recalcar que esta información es ingresada directamente en el sistema por el administrador del mismo, ya que es responsabilidad de este último, el buen uso del mismo.

En la pantalla se muestra directamente una tabla con los campos más importantes con respecto a la lectura de dichos datos.

Se presentan tres columnas en el siguiente orden:

EQUIPO: Presenta la información con respecto al nombre del equipo perteneciente al laboratorio o inventario, además de estar asociado al tag RFID.

CODIGO: Presenta la información con respecto al código único, el cual identifica al usuario.

COMENTARIOS: Presenta información extra, referente al usuario, como alguna descripción, etc.



Figura 4. 44 Pantalla Tabla Datos de usuarios registrados

#### 4.3.3.9 Ingresar Nuevo Equipo

En este ítem, podemos ingresar registros al sistema pertenecientes a un nuevo equipo.

En la pantalla se muestra directamente los espacios de ingreso de los datos más importantes para el registro.

Se presentan tres espacios de ingreso de datos en el siguiente orden:

**EQUIPO:** Permite el ingreso del nombre o identificador del equipo.

**CODIGO:** Presenta la información con respecto al código único, el cual identifica al equipo.

**COMENTARIOS:** Permite el ingreso de comentarios auxiliares a los datos ingresados.

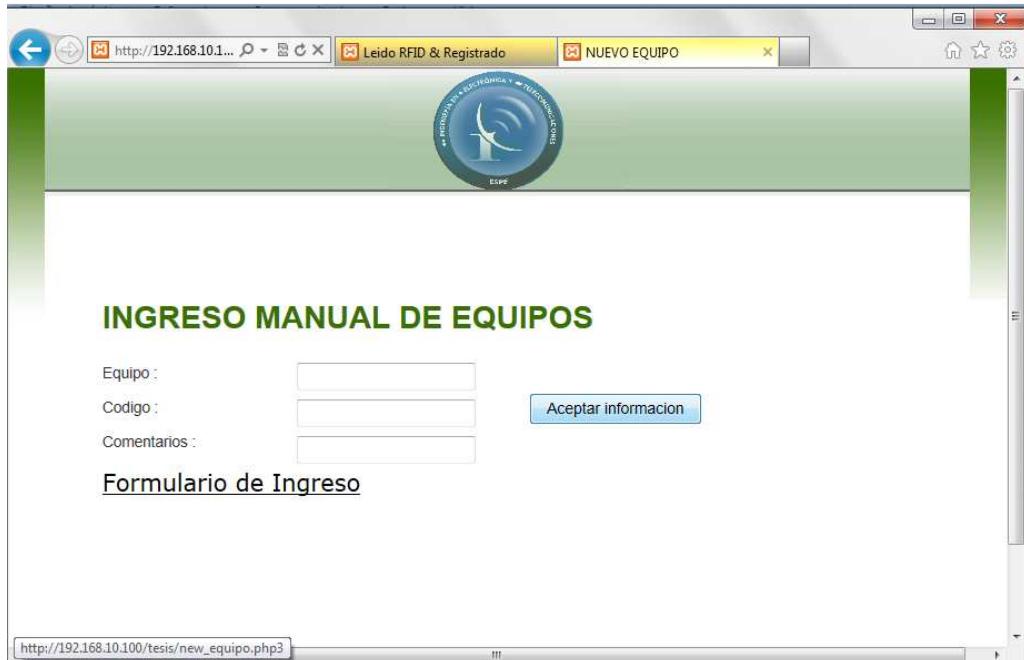


Figura 4. 45 Pantalla Ingreso de Equipos

#### 4.3.3.10      Eliminar Registro de Equipos:

En este ítem, podemos eliminar registros del sistema pertenecientes a equipos, se debe tomar en cuenta que al eliminar el equipo del sistema, automáticamente se borra el equipo del inventario.

En la pantalla se muestra directamente, la base de datos, de los equipos registrados en el sistema, para que mediante el ingreso del código, sea factible eliminarlos de dicha base de datos.



Figura 4. 46 Pantalla Eliminación de Usuarios

## CAPÍTULO V

### ANÁLISIS DEL SISTEMA

#### 5.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

En Este capítulo se analizan diversos aspectos con relación al diseño e implementación del presente proyecto de tesis.

El presente análisis, tiene como objetivo comprobar la potencialidad y probabilidad de la explotación del presente proyecto a todo ámbito, tanto para la ESPE como para su venta en un futuro, además de comparación con otros sistemas semejantes provenientes del extranjero.

##### 5.1.1 Comparativa entre tecnologías RFID-Código de barras- RuBee

**Rubee:** El estándar **IEEE 1902.1** o **RuBee** de IEEE que define el uso de los dos niveles inferiores de la arquitectura OSI (capas física y de enlace de datos), especificando sus normas de funcionamiento en una WLAN. En general, los protocolos de la rama 802.x definen la tecnología de redes de área local.

Es un protocolo inalámbrico bidireccional, que utiliza señales magnéticas de onda larga (LW) para enviar y recibir paquetes de datos cortos (128 bytes) en una red regional.

El protocolo es similar a la familia de protocolos IEEE 802 también conocidos como WiFi (IEEE 802.11), WPAN (IEEE 802.15.4) y Bluetooth (IEEE 802.15.1). RuBee se diferencia en que utiliza una señal portadora de baja frecuencia (131 kHz). Como resultado, se obtiene una velocidad de transferencia lenta para según qué tipo de aplicaciones (1200 baudios), en comparación con otros protocolos.

**Código de barras:** El código de barras es un código basado en la representación mediante un conjunto de líneas paralelas verticales de distinto grosor y espaciado que en su conjunto contienen una determinada información. De este modo, el código de barras permite reconocer rápidamente un artículo en un punto de la cadena logística y así poder realizar inventario o consultar sus características asociadas. Actualmente, el código de barras está implantado masivamente de forma global.

Es un sistema que permite la identificación de las unidades comerciales y logísticas de forma única, global y no ambigua. Este conjunto de barras y espacios codifican pequeñas cadenas de caracteres en los símbolos impresos.

La correspondencia o mapeo entre la información y el código que la representa se denomina simbología. Estas simbologías pueden ser clasificadas en dos grupos atendiendo a dos criterios diferentes:

- *Continua o discreta:* los caracteres en las simbologías continuas comienzan con un espacio y en el siguiente comienzan con una barra (o viceversa). Sin

embargo, en los caracteres en las simbologías discretas, éstos comienzan y terminan con barras y el espacio entre caracteres es ignorado, ya que no es lo suficientemente ancho.

- *Bidimensional o multidimensional:* las barras en las simbologías bidimensionales pueden ser anchas o estrechas. Sin embargo, las barras en las simbologías multidimensionales son múltiplos de una anchura determinada (X). De esta forma, se emplean barras con anchura X, 2X, 3X, y 4X.

Como se puede observar en las definiciones mencionadas en los párrafos anteriores, las tecnologías mencionadas permiten detección de personas y objetos a distintos rangos de distancias, basadas en diferentes tecnologías de comunicación, incluyendo distintas características técnicas, a comparación de las mencionadas anteriormente, RFID es una tecnología de comunicación inalámbrica que permite el almacenamiento y la recuperación de datos remotos, los cuales se encuentran en etiquetas de radio frecuencia sean estas activas o pasivas, utilizando una frecuencia tal que no se ve afectada por otros tipos de tecnología inalámbrica, ya que basa su funcionamiento sobre frecuencias poco comunes, esta es la principal diferencia con Rubee, la cual como se explica en los párrafos anteriores, trabaja en frecuencias bajas, denominadas como “Onda Corta”, lo que permite llegar a largas distancias de cobertura pero poca inmunidad a interferencia electromagnética, además que su funcionamiento se basa en las dos primeras capas del Modelo OSI.

La tecnología Rubee, si permite identificación de objetos y personas, dicha identificación al momento se encuentra en estudio, ya que es una tecnología nueva, la cual no es soportada por todos los fabricantes y mucho menos compatible entre dispositivos que tengan esta tecnología, ya que no le rige un protocolo de bajo nivel que permita integración con otros dispositivos o lectoras del mismo tipo.

Por esta razón, los costos de dicha tecnología soy muy altos, además que es una tecnología no común en sistemas de seguridad. Recordemos que RFID es una tecnología ya probada, la cual está siendo aprovechada por todos los fabricantes de equipos de seguridad, teniendo así, compatibilidad entre equipos de distintas marcas, sin utilizar aun un protocolo de alto nivel para garantizar interconexión o funcionamiento entre distintas marcas, el único requisito es tanto que las lectoras como los tags o etiquetas RFID, funcionen en la misma frecuencia. Gracias al protocolo de comunicación serial” Wiegand”, las lectoras RFID pueden ser interconectadas entre sí, además de ser conectadas con varios paneles o tarjetas capturadoras de datos.

En cuanto a la tecnología de “código de barras”, esta es una forma de grabación y lectura de códigos de distinción única para cada persona y objeto perteneciente a un sistema, vale recalcar que basa su funcionamiento y uso en la lectura de un código único, en muchos casos impreso, mediante un sensor óptico, del ancho y forma de las barras pertenecientes a un código, lo cual involucra que la distancia de reconocimiento mediante la lectora óptica, es bastante corta, ya que por conceptos de óptica la imagen puede variar en función de la luz presente y del ángulo de captación de imágenes, por lo que el alcance se reduce a unos pocos centímetros, en muchos casos de hasta 4 cm.

Por los motivos expuestos en el párrafo anterior, este sistema se reduce a una dependencia de un equipo lector óptico a cortas distancias, el cuál lee siempre y cuando una persona u objeto sea acercado hacia dicho lector, por lo que se corre el riesgo que el sistema sea vulnerado, ya que como se mencionó en el párrafo anterior, el código en la mayoría de los casos se encuentra impreso, sobre una etiqueta de papel adhesivo la que puede ser modificada mediante un objeto con tinta de color parecida a la usada en la impresión del código de barras, además que al ser de papel, puede este ser roto, o falsificado con facilidad.

Como se ha mostrado en párrafos anteriores, otras tecnologías de identificación y/o señalización de personas y objetos, son superadas tecnológicamente tanto en características técnicas, como en uso y sencillez de aplicación y póstuma ampliación por la tecnología de identificación inalámbrica RFID.

### **5.1.2 Comparativa entre el proyecto presentado y otro sistema comercial**

Se propuso buscar en el mercado local, soluciones similares en características tanto de funcionamiento como tecnológicas, dicha acción fue bastante difícil en vista que un sistema/equipo cerrado que brinde las mismas características es muy complejo, ya que el presente proyecto, fue desarrollado adaptándose a las exigencias de los laboratorios del DEEE-ESPE.

Se puede caracterizar el presente proyecto, como la mezcla de un control de accesos junto a un control de activos, a continuación se describen dos modelos independientes que realizan cada uno con sus funciones en particular.

- Control de Accesos: SOYAL: Controladora AR716E1 Y LECTORA AR289
- Control de Activos: INVENGO: XCRF – 502E READER

Cada uno de los equipos mencionados anteriormente, son equipos con características similares a los presentados en el presente proyecto, pero con la diferencia, que son de diferentes marcas, y no permiten integración entre ellos, con lo que no se garantiza un óptimo funcionamiento para el caso específico en uso de Laboratorios.

Cada equipo, tiene su propio protocolo de comunicación e interfaz física para permitir dicha comunicación, por esta razón se tiene distinto software de manejo, por lo que lograr una solución completa no es factible, ya que se tienen dos dependencias distintas al nivel de equipos.

A continuación se presenta a detalle un análisis completo de costos de equipos de otras marcas, con características similares a los desarrollados en el presente proyecto de tesis.

Anexo a la presente monografía, se puede encontrar el catálogo técnico de los equipos mencionados en los párrafos anteriores.

## 5.2 ANÁLISIS DE COSTOS

A continuación se detallan los costos de los materiales para el diseño del presente proyecto.

### 5.2.1 Hardware del sistema

Tabla 5. 5 Costos de hardware

Ítem	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Cable Multipar	8 (m)	\$0,40	\$3,20
Lector RFID ID-20	1 (unidad)	\$18	\$18
Baquela de suelda	1	\$3	\$3
PIC 18F97J60	1	\$22	\$22
Componentes Electrónicos varios-	1	\$20	\$20

Placa Principal			
PIC 18F2550	1	\$18	\$18
Componentes Electrónicos varios- RFID Activo	1	\$8	\$8
Tarjetas RFID pasivo	4	\$1,50	\$6
PIC 10N232	1	\$4,50	\$4,50
Total			\$104,7

### 5.2.2 Instalación

Tabla 5. 6 Costos de instalación

Ítem	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Cerradura Electromagnética	1	\$60	\$65
Brazo Tensor para puerta	1	\$25	\$25
Canaleta de una pulgada	16 (m)	\$1,40	\$22,40
Gastos instalación	1	\$10	10
Cable Multipar	8 (m)	\$0,40	\$3,20
Total			\$127,60

### 5.2.3 Software

En relación a costos de software, no se tuvieron costos representativos, en vista que el software fue desarrollado en su totalidad bajo Visual Basic, un lenguaje de programación ya conocido.

#### **5.2.4 Relación costo-beneficio del Proyecto**

Con relación a la información de los costos para la realización del presente proyecto, tal y como se puede observar en el ítem anterior, tenemos un costo neto de materiales de \$204 por lo que dicho costo es el representativo del costo total del sistema.

Sistemas completos de control e inventario electrónico, con características similares al detallado en el presente proyecto, no existen en el mercado, ya que el sistema presentado posee características avanzadas en relación a comunicaciones y con relación a funciones y cobertura de productos.

A continuación se detallan, sistemas individuales con características parecidas al sistema planteado:

Tabla 5. 7 Sistemas similares en el mercado

Marca	Modelo	Precio Distribuidor	Características
SOYAL	Controlador AR716Ei y la lectora AR829	\$440	Controladora para 16 puertas TCP/IP; Lectora RFID
INVENGO	XCRF-502E Reader	\$980	Lectora RFID activa, alcance hasta 10m, salida TCP/IP, Puerto de conexión Serial.

Software de Monitoreo y control	Propia por cada marca	\$1500	Permite control de hasta 100 controladores vía TCP/IP.
<b>TOTAL</b>		\$2920	

Teniendo en cuenta que los costos de instalación, son los mismos, tenemos que el Proyecto de Tesis desarrollado, cumple con condiciones de funcionamiento parecidos, por un valor mínimo de aproximadamente el 10% del costo de equipos y software importados.

Razón por la cual, el proyecto tiene validez tanto técnica como económica, la cual sustenta la explotación y futuro uso del sistema, para cualquier caso.

El beneficio de un sistema de seguridad completo como el propuesto en el presente proyecto, es el tener control absoluto sobre la entrada y salida de personas y equipos al laboratorio, garantizando así bienestar tanto para los usuarios del laboratorio, como para los administradores del mismo.

#### 5.4 CONCLUSIONES

Se realizó un estudio de las tecnologías de identificación por radio frecuencia, estableciendo las diferencias entre el RFID activo y RFID pasivo, teniendo así para cada una de estas su particularidad, ventaja y uso. El RFID activo es utilizado para aplicaciones que requieran de un área de cobertura superior a un metro, mientras que el RFID pasivo es aplicado para aplicaciones de corta distancia ya que no tiene una fuente de energía independiente que genere señales de radio frecuencia de mayor alcance.

Se estudió los elementos de las capas del modelo TCP/IP para entender y utilizar el STACK de Microchip para la comunicación Ethernet del microcontrolador.

Se diseñó un sistema un prototipo de un sistema de seguridad electrónica para los laboratorios del D.E.E.E. con los siguientes parámetros:

- Sistema de seguridad basado en tecnología Ethernet.
- Control de acceso para ingreso al laboratorio con tecnología RFID pasiva y control de dispositivos con tecnología RFID activa.
- Interfaz WEB para el control de acceso.
- Reconexión automática del microcontrolador hacia el servidor en caso de interrupción de comunicación.
- Memoria de 3 códigos de tags en el microcontrolador para funcionalidad de tarjeta máster, es decir que no se necesita que estén registradas en el servidor para tener acceso, si no están grabadas internamente en la memoria del microcontrolador.

Se implementó el prototipo diseñado en el laboratorio de Networking y el software del servidor en el servidor ubicado en el cuarto de equipos satisfactoriamente, realizando el control de acceso de personal y control de los dispositivos del laboratorio con un alcance de este de 1.5 metros.

Se realizaron las pruebas necesarias de funcionamiento del sistema llegando a cumplir exitosamente los parámetros establecidos inicialmente como se puede ver en el video adjunto a este documento, siendo eficiente en el control de acceso tanto de personal como de los dispositivos del laboratorio.

El programa del PIC 18F97J60 está diseñado para recibir datos de lectores RFID que envíen de 10 a 12 dígitos siendo esto una gran ventaja ya que es compatible con la mayoría de lectores RFID en el mercado que cumplen con esta característica.

En las pruebas de funcionalidad del presente proyecto se determino las siguientes ventajas y desventajas del mismo que se exponen a continuación:

**Ventajas:**

- Sistema con comunicación Ethernet con el servidor, con reconexión automática en caso de pérdida de comunicación.
- El rango de lectura del lector RFID activo puede sobrepasar el alcance de 1,5 metros instalando una antena de mayor tamaño en los tags.
- La interfaz WEB para el control y monitoreo del control de acceso permite tener una mayor accesibilidad ya que el administrador o administradores pueden ingresar desde cualquier host de la red, siendo así el sistema de monitoreo multiusuario y no centralizado.
- La comunicación serial del PIC con los lectores RFID es de 10 a 12 dígitos siendo compatible el hardware con otros lectores RFID del mercado.

**Desventajas:**

- En el caso que se pierda la energía eléctrica total de las instalaciones el sistema diseñado no funciona ya que la activación de la cerradura es eléctrica y no se tiene una fuente energía alterna.
- Si se pierde la comunicación Ethernet del microcontrolador con el servidor solo funcionan las tarjetas máster, permite el acceso pero no se lleva un registro del mismo.

**5.4 RECOMENDACIONES**

Para que el sistema brinde un 100 % de disponibilidad de funcionamiento se recomienda instalar un sistema de energía eléctrica de respaldo en caso de pérdida de energía eléctrica en las instalaciones.

Al término del presente proyecto se recomienda, realizar réplicas del diseño para optimizar su funcionamiento en todos los laboratorios del Departamento de Eléctrica y Electrónica de la ESPE.

Se puede recomendar que para usos avanzados del presente proyecto, se incremente en el hardware una memoria programable, para así dar la característica de STAND-ALONE en el control de accesos, ya que cuando se pierda comunicación con el servidor, el equipo almacene toda la información obtenida y luego la envíe hacia el servidor para tener la información actualizada en la base de datos.

Se recomienda que en un futuro para la explotación del presente sistema, se desarrolle el mismo proyecto con opciones de conectividad inalámbrica a la red interna del Departamento de Eléctrica y Electrónica de la ESPE, en vista que así se garantiza que el sistema no tenga vulnerabilidades físicas, como desconexiones de cableado.

Se recomienda que en un futuro para la explotación y desarrollo del presente proyecto, se permita configurar todas las opciones de cada equipo, desde una interfaz WEB almacenada dentro de sí, esta es una característica muy aplicada aún sobre el microcontrolador utilizado.

Se recomienda la comercialización del presente proyecto, ya que en el mercado ecuatoriano no se disponen de sistemas con características similares, tanto en control de accesos, como en control de inventario electrónico, ya que la tecnología RFID activa y pasiva está ligado a una sola tarjeta controladora y no a varias tarjetas como se dispone en el mercado, lo cual influye en costos del sistema.