

# Diseño de un Sistema de Control de Acceso para las Aulas de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas Utilizando Dispositivos Electrónicos y Tecnología Inalámbrica en una Red WPAN.

*Antonio Guerrero Autor, Omar Oña Director.*

*Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, Universidad Técnica del Norte*

*Ibarra, Ecuador*

tonny\_g520@hotmail.com, oronia@utn.edu.ec

**Resumen.-** El objetivo de este proyecto es diseñar un sistema de control de acceso para las puertas de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas dando seguridad, comodidad y flexibilidad a los estudiantes y docentes. Inicialmente se realiza un estudio de los dispositivos electrónicos para la creación de una placa electrónica así como también de la creación de una base de datos en SQL Server y el diseño de un software en Microsoft Visual Studio C# los cuales son las bases principales para el diseño.

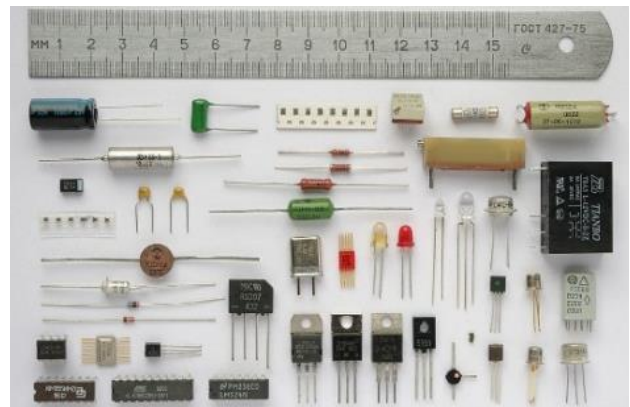


Fig. 1 Componentes electrónicos.

## I. INTRODUCCION

La electrónica es la parte de la ciencia y la tecnología que estudia el comportamiento y funcionamiento de los dispositivos electrónicos. Inicialmente, se basaba en el empleo de tubos y válvulas, pero hoy en día la situación es muy diferente, ya que en casi la totalidad de los elementos utilizados en cualquier sistema electrónico están contruidos a partir de los denominados materiales semiconductores.

El avance de la tecnología ha hecho que sea muy probable encontrarse con cientos de componentes electrónicos en espacios muy reducidos (móviles, portátiles, etc.)

## II. COMPONENTES ELECTRÓNICOS

Se denominan componentes electrónicos aquellos dispositivos que forman parte de un circuito electrónico. Se suelen encapsular, generalmente en un material cerámico, metálico o plástico, y terminar en dos o más terminales o patillas metálicas. Se diseñan para ser conectados entre ellos, normalmente mediante soldadura, a un circuito impreso, para formar el mencionado circuito.

### A. Clasificación de los Componentes Electrónicos.

De acuerdo con el criterio que se elija podemos obtener distintas clasificaciones. Seguidamente se detallan las comúnmente más aceptadas.

#### 1) Según su estructura física.

- Discretos: Son aquellos que están encapsulados uno a uno, como es el caso de los resistores, condensadores, diodos, transistores, etc.
- Integrados: Forman conjuntos más complejos, como por ejemplo un amplificador operacional o una puerta lógica, que pueden contener desde unos pocos componentes discretos hasta millones de ellos. Son los denominados circuitos integrados.

#### 2) Según el material base de fabricación.

- Semiconductores
- No semiconductores.

### 3) Según su funcionamiento.

- Activos: Proporcionan excitación eléctrica, ganancia o control.
- Pasivos: Aseguran la transmisión de las señales eléctricas o modificando su nivel.

### 4) Según el tipo energía.

- Electromagnéticos: Aquellos que aprovechan las propiedades electromagnéticas de los materiales (fundamentalmente transformadores e inductores).
- Electroacústicos: Transforman la energía acústica en eléctrica y viceversa (micrófonos, altavoces, bocinas, auriculares, etc.).
- Optoelectrónicos: Transforman la energía lumínica en eléctrica y viceversa (diodos LED, células fotoeléctricas, etc.).

Uno de los componentes electrónicos más importantes para este diseño es el microcontrolador y los módulos inalámbricos los cuales se estudian tres alternativas, ya que en la actualidad existen diferentes tipos y marcas comerciales que se dedican a la distribución de estos elementos, cada uno con diferentes características.

## III. MICROCONTROLADORES

Un microcontrolador, es básicamente un circuito integrado formado por semiconductores (transistores) interconectados entre sí, para facilitar el funcionamiento de un determinado proceso que se desee realizar de manera secuencial y automática.

### A. Fabricantes de Microcontroladores.

En el mundo de la electrónica existen varias marcas reconocidas de microcontroladores, cada una con su respectiva característica, pero su estructura básica es la misma en todas las diferentes familias de cada uno de ellos. Entre los fabricantes más reconocidos se mencionan:

- Microchip
- Intel
- Motorola
- Atmel, etc.

### B. Recursos Comunes de los Microcontroladores.

Un microcontrolador al estar integrado en un chip, su estructura fundamental y sus características básicas son muy parecidas, sin embargo cada fabricante busca enfatizar los recursos más eficientes para las diferentes aplicaciones

que se empleen. En la siguiente figura se indica la estructura interna de un microcontrolador.

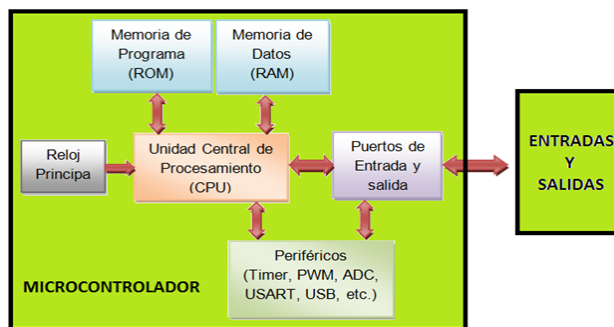


Fig. 2 Estructura interna de un microcontrolador.

### C. Recursos Especiales de los Microcontroladores.

Son módulos incorporados en un determinado microcontrolador, conocidos como fusibles del microcontrolador, que sirven de soporte para un mejor control de los periféricos los cuales se mencionan a continuación.

- Temporizadores o “timers”.
- Perro guardián o “watchdog”.
- Power up timer.
- Protección ante fallo de alimentación o “brownout”.
- Estado de reposo o de bajo consumo.

### D. Arquitectura de un Microcontrolador y Tipos de Procesadores.

Según la arquitectura interna de la memoria de un microcontrolador se puede clasificar considerando como el CPU accede a los datos e instrucciones, en 2 tipos:

#### 1) Arquitectura Von Neumann.

Fue desarrollada por Jon Von Neumann, se caracteriza por tener una sola memoria principal donde se almacenan datos e instrucciones de forma indistinta. La CPU se conecta a través de un sistema de buses (direcciones, datos y control). Esta arquitectura es limitada cuando se demanda rapidez.



Fig. 3 Arquitectura Von Neumann.

## 2) Arquitectura Harvard.

Fue desarrollado en Harvard, por Howard Aiken, esta arquitectura se caracteriza por tener dos memorias independientes una que contiene sólo instrucciones y otra, que contiene sólo datos. Ambas, disponen de sus respectivos sistemas de buses para el acceso y es posible realizar operaciones de acceso simultáneamente en ambas memorias.

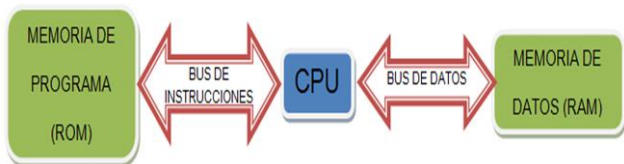


Fig. 4 Arquitectura Harvard.

## 3) Procesador segmentado.

Realiza simultáneamente dos procesos:

- La ejecución de la instrucción y
- La búsqueda del código de la siguiente instrucción.

De esta manera, se puede ejecutar una instrucción en un solo ciclo máquina. Este sistema está acompañado de una estructura Harvard, la cual permite que las instrucciones se ejecuten en un solo ciclo máquina, salvo en el salto de programa, tal como se indica en la Fig. 5.

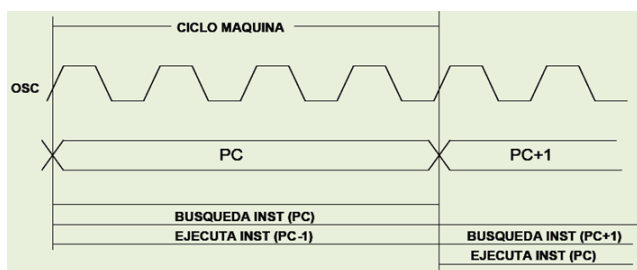


Fig. 5 Procesado segmentado.

## 4) Procesador según el número de instrucciones.

Las CPUs atendiendo al tipo de instrucciones que utilizarán pueden clasificarse fundamentalmente en:

- CISC (Complex Instruction Set Computer): Son procesadores con un juego de instrucciones complejas. Su repertorio de instrucciones es elevado y algunas de ellas son muy sofisticadas y potentes. Su problema es que requieren de muchos ciclos de reloj para ejecutar las instrucciones.
- RISC (Reduced Instruction Set Computer): Son microcontroladores con un repertorio de instrucciones reducido. Las instrucciones son

muy simples y suelen ejecutarse en un solo ciclo máquina. Los procesadores RISC suelen tener una estructura Pipe Line y ejecutar casi todas las instrucciones en el mismo tiempo.

- SISC (Specific Instruction Set Computer): Estos procesadores poseen un juego de instrucciones específico para cada aplicación. Están destinadas a aplicaciones muy cortas.

## E. Comparación de Microcontroladores de Diferentes Fabricantes.

Los fabricantes de microcontroladores mencionados anteriormente son los más reconocidos globalmente por lo que se ha decidido estudiar un microcontrolador, el más representativo o “popular” a nivel comercial, de cada uno de ellos. Hay que tomar en cuenta que cada fabricante clasifica a los microcontroladores por “familias de microcontroladores” ya que cada “familia” tiene características similares, variando en algunos parámetros entre sí.

TABLA I

### COMPARACION DE MICROCONTROLADORES

Parámetros		PIC18 F4550	ATmega 164P	Intel 8051
Arquitectura		RISC	RISC	CISC
Procesamiento de datos		8 bits	8 bits	8 bits
Ancho de palabra		8 bits	8 bits	16 bits
Memoria	RAM	2048 bytes	4000 bytes	128 bytes
	FLASH	32000 bytes	44000 bytes	4000 bytes
	EEPROM	256 bytes	2000 bytes	-
Tensión de alimentación	Max	5.5 V	5.5 V	21.5 V
	Min	2.0 V	4.5 V	-0.5 V
Puertos de Entrada/Salida (Pines)		5 (40 Pines)	4 (40 pines)	4 (40 pines)
Comunicación	USART	SI	SI	SI
	USB	SI	NO	NO
Lenguaje de Programación		Fácil	Fácil	Complejo
Tamaño		Mediano	Mediano	Mediano
Costo		8,00	10,50	8,50

## IV. MÓDULOS INALÁMBRICOS

Los módulos inalámbricos son dispositivos que permiten agregar conectividad sin la necesidad de utilizar el cableado a la red y expandirla. Dichos módulos son diseñados por diferentes fabricantes, al igual que en los microcontroladores, pero, cada uno de ellos pertenece a un

diferente estándar inalámbrico que especifican ciertas características de los mismos.

Estos estándares son referenciados en la IEEE 802.x, donde x especifica la tecnología con la cual se manejará la comunicación.

En 1978 la US-NSPAC (Comité consultivo de la política nacional de los estándares) definió “estándar” como: “Un sistema de reglas prescrito, condiciones o requerimientos que atañen a las definiciones de los términos; clasificación de los componentes; especificación de materiales, prestaciones u operaciones; delimitación de procedimientos; o medidas de la cantidad y calidad en la descripción de materiales, productos, sistemas, servicios o prácticas.

Los estándares son usados para garantizar seguridad, calidad, y consistencia en los equipos. Un equipo que sigue un estándar específico implica la posibilidad de interoperabilidad con otros productos y de no estar “atado” a un vendedor único.

A continuación se analizan tres diferentes tecnologías que utilizan diferentes estándares dando énfasis en las principales características de cada uno de ellos.

#### A. IEEE 802.15.4 (ZIGBEE).

Zigbee es un protocolo de comunicaciones inalámbrico basado en el estándar de comunicaciones para redes inalámbricas IEEE 802.15.4. Creado por Zigbee Alliance, una organización, teóricamente sin ánimo de lucro, de más de 200 grandes empresas (destacan Mitsubishi, Honeywell, Philips, Motorola, entre otros), muchas de ellas fabricantes de semiconductores.

##### 1) Características de 802.15.4.

- Doble capa física (2.4 GHz y 868/915 MHz)
- Velocidad de datos 250 Kbps (2.4 GHz), 40 Kbps (915 MHz) y 20 Kbps (868 MHz)
- Optimización de la energía
- El método de acceso al canal es CSMA/CA
- Bajo uso de la batería, ésta puede durar varios meses o años
- Múltiples topologías (Malla, punto a punto, estrella)
- Se puede crear una red con 65535 dispositivos conectados entre sí
- Tiene un rango de 10 a 75 m. Dependiendo del ambiente de trabajo y el equipo que se utilice. Existen dispositivos que pueden llegar hasta 1 Km de distancia.

##### 2) Topología de Red en 802.15.4.

Según el grado de funcionalidad del dispositivo, el estándar define:

- Los FFD (Full-Function Device), que son dispositivos que implementan un modelo de comunicaciones completo, que le permite comunicarse con cualquier otro dispositivo de la Red.
- Los RFD (Reduced-Function Device), que son dispositivos con unas prestaciones limitadas para la comunicación, que sólo le permiten comunicarse con un FFD.

Las redes que se pueden formar albergan tres tipos de nodos:

- Coordinador. Es un dispositivo FFD que se encarga de crear la red de nodos y de gestionar su comunicación. En cada red existe un único coordinador.
- Router. Es un dispositivo FFD que se encarga de encaminar la información entre nodos que están muy separados en la red.
- Dispositivo final. Es un dispositivo RFD que puede transmitir o recibir información, pero, que no puede realizar labores de enrutamiento. Necesariamente debe estar comunicado con un Coordinador o con un Router.

Cada red Zigbee tiene un identificador de red único, lo que permite que varias redes Zigbee puedan compartir un mismo canal de comunicaciones, y pueden configurarse según distintas topologías: estrella, árbol o malla. En todas hay un Coordinador y uno o varios dispositivos Routers y/o Finales.

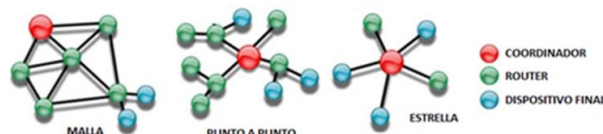


Fig. 6 Topología de red del estándar 802.15.4.

Estas topologías permiten la comunicación entre dos dispositivos que se encuentran fuera de su rango de transmisión, siempre y cuando se encuentren conectados por nodos intermedios. La topología más interesante es la topología de malla. Ésta permite que si, en un momento dado, un nodo del camino falle y no sea capaz de transmitir o recibir información, pueda seguir la comunicación entre todos los demás nodos debido a que se rehacen todos los caminos. La administración de los caminos es tarea del coordinador.

### 3) Ventajas y Desventajas de 802.15.4.

Zigbee al igual que todas las tecnologías de comunicación tiene su lado positivo y sus inconvenientes:

#### Ventajas.

- Ideal para conexiones punto a punto y punto a multipunto
- Diseñado para el direccionamiento de información y el refrescamiento de la red.
- Opera en la banda libre de ISM 2.4 GHz para conexiones inalámbricas.
- Óptimo para redes de baja tasa de transferencia de datos.
- Reduce tiempos de espera en el envío y recepción de paquetes.
- Detección de Energía (ED).
- Bajo ciclo de trabajo - Proporciona larga duración de la batería.
- Soporte para múltiples topologías de red: Estática, dinámica, estrella y malla.
- Hasta 65.535 nodos en una red.
- 128-bit AES de cifrado - Provee conexiones seguras entre dispositivos.
- Son más baratos y de construcción más sencilla.
- Zigbee tiene un bajo nivel de radiación y, por tanto, se puede utilizar en el sector médico.
- Rango de 10 m a 75m.

#### Desventajas.

- La tasa de transferencia es muy baja.
- Solo manipula textos pequeños comparados con otras tecnologías.
- Zigbee trabaja de manera que no puede ser compatible con Bluetooth en todos sus aspectos porque no llegan a tener las mismas tasas de transferencia, ni la misma capacidad de soporte para nodos.
- Tiene menor cobertura porque pertenece a redes inalámbricas de tipo WPAN.

### B. IEEE 802.11 (WI-FI).

La especificación IEEE 802.11 (ISO/IEC 8802-11) es un estándar internacional que define las características de una red de área local inalámbrica (WLAN). Wi-Fi (que significa "Fidelidad inalámbrica") es el nombre de la certificación otorgada por la Wi-Fi Alliance, anteriormente WECA (Wireless Ethernet Compatibility Alliance), grupo que garantiza la compatibilidad entre dispositivos que utilizan el estándar 802.11.

### 1) Características de 802.11.

Los estándares 802.11a, 802.11b y 802.11g, llamados "estándares físicos", son modificaciones del estándar 802.11 y operan de modos diferentes, lo que les permite alcanzar distintas velocidades en la transferencia de datos según sus rangos.

TABLA II

BANDAS DE FRECUENCIA DE WI-FI.

Estándar	Frecuencia	Velocidad	Rango
802.11a	5 GHz	54 Mbps	10 m
802.11b	2,4 GHz	11 Mbps	100 m
802.11g	2,4 GHz	54 Mbps	100 m

El estándar define dos técnicas de transmisión:

- La primera de señal de espectro expandido por secuencia directa (DSSS)
- La segunda con espectro expandido por salto de frecuencia (FHSS), el cual definió el funcionamiento y la interoperabilidad entre redes inalámbricas.

El método de acceso al medio es mediante monitoreo, pero, sin detección de colisiones, CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance).

Las modulaciones que se utilizan son:

- DBPSK (Differential Binary Phase Shift Keying) y
- DQPSK (Differential Quadrature Phase Shift Keying) para velocidades de transmisión de 1 y 2 Mbps respectivamente.

Solamente permite tres canales no interferentes espaciados 25MHz en la banda de 2.4GHz, a pesar de que en el estándar se definen 14 canales de operación en esa banda. En los productos comerciales actuales, la potencia nominal de transmisión es 100mW.

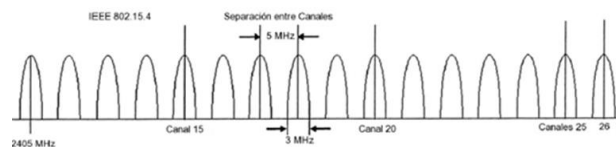


Fig. 7 Canales del estándar IEEE 802.15.4.

### 2) Topología de red en 802.11.

El estándar IEEE 802.11 define el concepto de Conjunto Básico de Servicio (BSS, Basic Service Set) que consiste en dos o más nodos inalámbricos o estaciones que se reconocen una a la otra y pueden transmitir información

entre ellos. Un BSS puede intercambiar información de dos modos diferentes:

- Cada nodo se comunica con el otro en forma directa y sin ninguna coordinación. También llamado Ad-Hoc o IBSS (Independent Basic Service Set). Este modo solo permite la transmisión entre los nodos inalámbricos y no resuelve el problema de extender una LAN cableada.

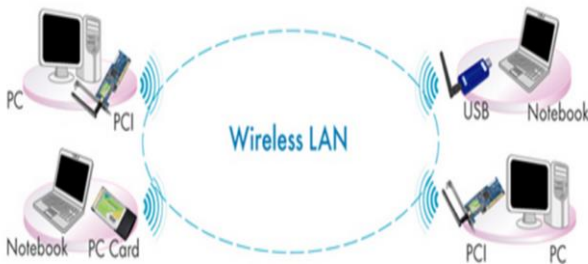


Fig. 8 Topología de red Ad-Hoc o IBSS.

- Existe un elemento llamado comúnmente AP (Punto de Access) que coordina la transmisión entre los nodos inalámbricos. Este modo es llamado modo Infraestructura, y permite vincular la red inalámbrica con la red cableada ya que el AP actúa como bridge entre las dos redes. La existencia de varios AP conectados a un DS (Sistema de Distribución) que puede ser una LAN cableada es lo que se denomina EBSS (Extended Basic Service Set). La tecnología 802.11 permite el roaming entre los distintos AP.

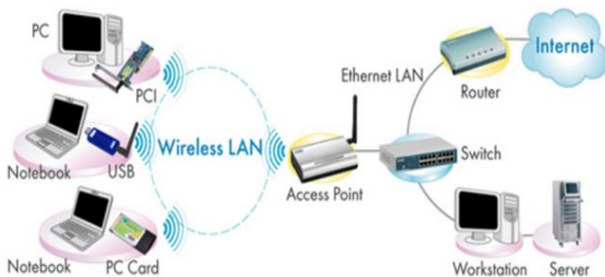


Fig. 9 Topología de red Infraestructura o EBSS.

### 3) Ventajas y Desventajas de Wi-Fi.

Wi-Fi al igual que todas las tecnologías de comunicación tiene su lado positivo y sus inconvenientes

Ventajas.

- Conectividad inalámbrica, lo que permite eliminar el cableado y dar movilidad a un equipo sin perder la comunicación en un rango determinado.

- Opera en la banda libre de ISM 2.4 GHz para conexiones inalámbricas.
- Compatibilidad con cualquier equipo de la alianza Wi-Fi.
- Permite ampliar la red por lo que su topología de red puede ser variada.
- Tiene diferentes tipos de seguridad como: AES, WEP, WAP2. etc.
- Tiene mayor cobertura por que pertenece a las redes WLAN.

Desventajas.

- Falla en la conexión
- Consumo de energía elevado
- No es compatible con otras tecnologías.
- Costo elevado de los equipos.

### C. IEEE 802.15.1 (BLUETOOTH).

Bluetooth es una tecnología de red de área personal inalámbrica (WPAN), que se define como un estándar global de comunicación inalámbrica, conocido también como estándar IEEE 802.15.1, la cual se utiliza para conectar dispositivos entre sí sin una conexión por cable. A diferencia de la tecnología IrDa, los dispositivos Bluetooth no necesitan una línea de visualización directa para comunicarse. Esto hace que su uso sea más flexible y permita la comunicación entre habitaciones en espacios pequeños, lo que le hace una tecnología de corto alcance.

#### 1) Topología de red en 802.15.1.

La estructura que maneja esta tecnología está compuesta, en su forma más básica, por lo que se denomina una Piconet y en una estructura un poco más compleja a la que se denomina una Scatternet.

- Piconet: Dos o más dispositivos Bluetooth que comparten el mismo canal de conexión conforman una Piconet. Esta se establece a través de enlaces punto - multipunto, en donde uno de los dispositivos cumple el rol de maestro mientras los demás son esclavos. Una piconet puede tener un máximo de siete esclavos activos. Si un equipo se encuentra dentro del radio de cobertura de otro, éstos pueden establecer conexión entre ellos, como se indica en la Fig. 10.

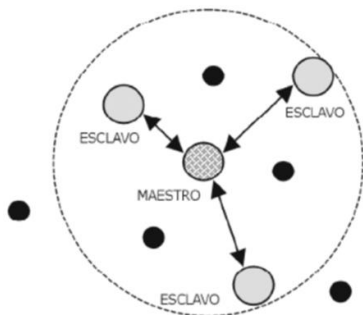


Fig. 10 Topología Piconet de una red Bluetooth.

Sin embargo, sólo aquellas unidades que realmente quieran intercambiar información comparten un mismo canal creando la piconet. Este hecho permite que se creen varias piconet en áreas de cobertura superpuestas.

- Scatternet: A un grupo de piconets se le llama scatternet. Se puede apreciar la formación de una scatternet en la que participan la piconet A y B, como se indica en la siguiente Fig. 11.

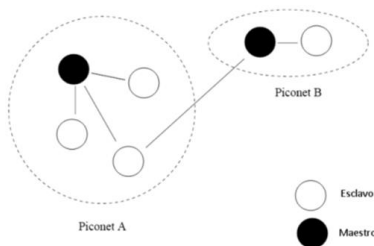


Fig. 11 Topología Scatternet de una red Bluetooth

Cuanto más piconets se añaden a la scatternet, el rendimiento del sistema de salto en frecuencia disminuye poco a poco, existiendo una reducción por término medio del 10%, por otra parte un dispositivo Bluetooth sólo puede actuar como maestro en una sola piconet, debido a que una piconet está determinada por la sincronización con el reloj Bluetooth del dispositivo maestro. En cambio, este dispositivo sí podrá hacer el papel de esclavo en diversas piconets.

## 2) Ventajas y desventajas de 802.15.1.

Bluetooth al igual que todas las tecnologías de comunicación tiene su lado positivo y sus inconvenientes:

### Ventajas.

- Opera en la banda libre de ISM 2.4 GHz para conexiones inalámbricas.
- Bluetooth se usa para aplicaciones en teléfonos móviles y la informática casera.
- Permite la transmisión de datos, imágenes y videos entre dispositivos.

### Desventajas.

- Durabilidad de la batería muy corta.
- Velocidades de transmisión muy lentas y pérdida de datos en caso de desconectarse o desincronización.
- Tiene corto alcance por lo que no permite la movilización del usuario.
- Solo permite pocos dispositivos conectarse entre sí.

## D. Selección de la Tecnología Inalámbrica Adecuada.

Como se mencionó anteriormente, se escogió una tecnología inalámbrica diferente a las que se utilizan hoy en día para las comunicaciones inalámbricas WPAN, en las cuales fueron analizadas sus principales características, mismas que son necesarias para este proyecto. Es importante destacar que una u otras tecnologías resulta un poco difícil de comparar debido a que se difiere en la utilización y servicios entregados. A continuación se comentan algunas observaciones, por lo tanto la comparativa realizada en la tabla siguiente sólo incluye campos medibles.

TABLA III

### COMPARACIÓN DE TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS

Tecnología	Zigbee	Wi-Fi	Bluetooth
Velocidad de transición	<b>250 Kbps</b>	11 Mbps 54 Mbps	1 Mbps
Frecuencia	<b>868 - 868,8 MHz</b> <b>902 - 928 MHz</b> <b>2,4 - 2,483 MHz</b> <b>5 MHz</b>	2.4 MHz 5MHz	2.4 MHz
Modulación	<b>BPSK - OQPSK</b>	DBPSK - DQPSK	GFSK
Técnicas de transmisión	<b>DSSS</b>	DSSS y FHSS	FHSS
Canales	<b>16</b>	3	1
Necesidad de línea de vista	<b>No</b>	No	No
Alcance máximo	<b>75 m</b>	100m	10m
Potencia	<b>1mW</b>	100mW	100mW
Duración de la batería	<b>Años</b>	Energía continua	Meses
Número de dispositivos	<b>65535</b>	256	7
Topología de red	<b>Varias</b>	Varias	Varias
Seguridad	<b>AES</b>	AES, WEP, WAP, WAP2	-
Tamaño	<b>Pequeño</b>	Grande	Pequeño
Costo	<b>40 \$</b>	35 \$	25\$

## V. DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO PARA EL CONTROL DE ACCESO A LAS AULAS

La interfaz eléctrica para el control de acceso a las aulas de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas (FICA), se basa en el estudio de la estructura lógica y física que ésta tendrá para el correcto funcionamiento; tanto en la parte de la comunicación inalámbrica, como en el consumo de energía de los diferentes elementos eléctricos que ésta contenga.

El sistema consta de tres pares fundamentales:

- La interfaz gráfica.
- El circuito transmisor.
- El circuito receptor.

1) *Interfaz Gráfica*: Es una aplicación que será utilizada por el docente para proceder a utilizar un aula determinada.

2) *Circuito Transmisor*: Este permitirá realizar la comunicación entre la interfaz gráfica y el circuito receptor. En el circuito transmisor se tienen las siguientes funciones:

- Adquirir la información por medio de la interfaz gráfica diseñada.
- Procesar la información por medio del módulo inalámbrico XBEE.
- Transmitir y recibir la información procesada hacia y desde el circuito receptor respectivamente.

3) *Circuito Receptor*: Este permitirá realizar la comunicación entre el microcontrolador (implementado en este circuito) y el circuito transmisor. En el circuito receptor se tienen las siguientes funciones:

- Recibir la información enviada por parte del circuito transmisor
- Procesar la información en el microcontrolador.
- Realizar las funciones necesarias de apertura de puertas
- Transmitir los resultados obtenidos al circuito transmisor.

### A. Diagrama de Bloque

Un diagrama de bloque es una representación gráfica general de un proceso o funcionamiento interno de un sistema. A continuación en la Fig. 12 y 13 se muestran un diagrama general de los componentes y función de cada uno de los circuitos que se emplean para este diseño.



Fig. 12 Diagrama de bloque del circuito transmisor.

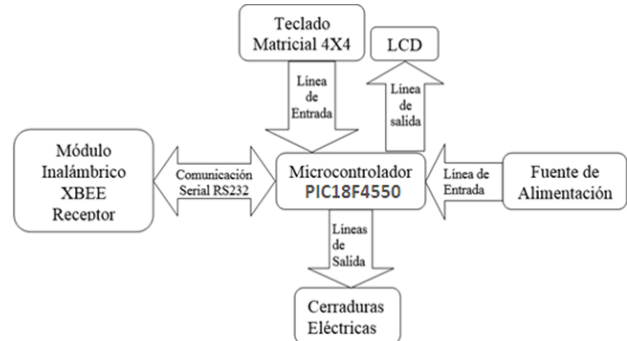


Fig. 13 Diagrama de bloque del circuito receptor.

### B. Topología de Red

Según el estándar Zigbee que permite realizar varias configuraciones en una topología de red, para el caso de este proyecto, se utiliza una topología tipo estrella por la situación geográfica de la facultad y debido a que los módulos utilizados con este tipo de tecnología no necesitan línea de vista, es decir, funcionan correctamente en lugares cerrados y tienen un alcance de aproximadamente treinta metros para poder comunicarse entre sí, el diseño de la red inalámbrica está realizado de la siguiente forma.

Cada puerta cuenta con un “dispositivo final”(módulo receptor), el cual se comunica con el “router” (módulo router) instalado en cada piso, para posteriormente enviar los datos transmitidos y recibidos hacia el “coordinador” (módulo transmisor) instalado en el computador, que cuenta con la aplicación del software diseñado para este proyecto.

Cabe recalcar que la posición física de los dispositivos “coordinador” y “routers” se ubican en un lugar estratégico para lograr la convergencia total de la red inalámbrica.



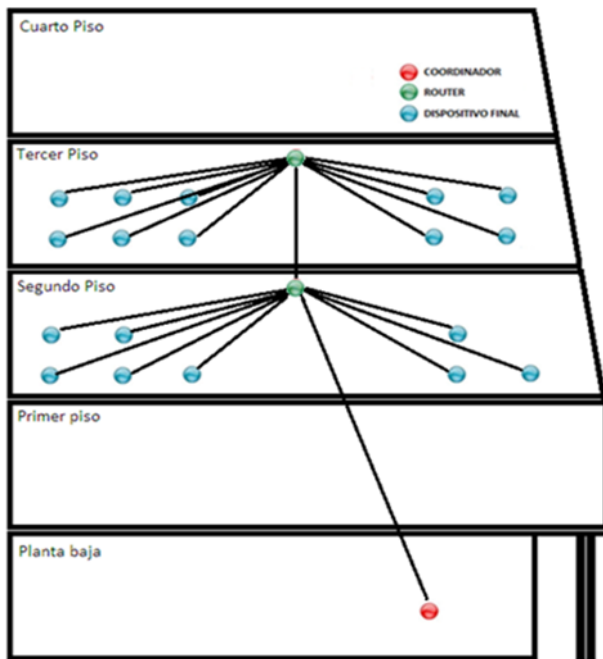


Fig. 14 Topología de red utilizando dispositivos XBEE.

### C. Tramas de Envío y Recepción.

Las lecturas de cada sistema electrónico son enviadas en texto plano y la información que contiene la trama que se transmite y recibe de cada sistema electrónico tiene el siguiente formato:

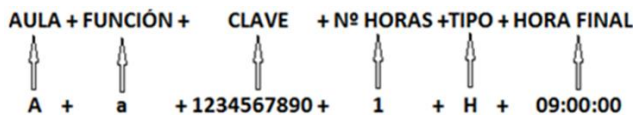


Fig. 15 Formato general de las tramas

Donde:

- AULA: Pertenece al aula que corresponde la trama.
- FUNCIÓN: tiene los siguientes caracteres:
  - a: Indica que el aula será abierta por un determinado docente.
  - c: Indica la finalización de la hora de clases por parte del docente
  - d: Verifica al docente si está registrado para utilizar esa aula
  - e: Informa al docente que le quedan 5 minutos para que finalice la hora de clases en esa aula.
  - k: Identifica una confirmación del dato enviado.
  - v: Indica que la clave del docente es correcta

- f: Indica que la clave del docente es incorrecta

- CLAVE: contiene 10 dígitos que serán ingresados por teclado, corresponde a los caracteres para ingresar al aula, en caso de ser digitados correctamente el aula será abierta, caso contrario el sistema se bloquea.
- HORAS: Indica el número de horas que el docente permanecerá en el aula.
- TIPO: Identifica si el aula será utilizada por:
  - H: El horario correspondiente a ese periodo académico en esa día.
  - R: Si el aula será utilizada por una reserva realizada con anticipación por parte del docente.
  - L: Si el aula será utilizada por un conserje para una limpieza al aula.
- HORA FINAL: Identifica el periodo de tiempo que el docente se encontrará en el aula.
- SIGNO (+): El signo “+” identifica una separación de cada uno de los datos a enviar y recibir.

### D. Funcionamiento del Sistema Eléctrico.

En este punto se analizan los parámetros eléctricos y las configuraciones físicas que son utilizadas en el circuito receptor, ya que en este es el que mayor trabajo se realiza, el mismo que será analizado por separado dependiendo el funcionamiento que realicen cada elemento electrónico.

#### 1) Recepción y transmisión de datos

Al momento de transmitir los datos se debe tomar en cuenta que tanto el voltaje que proporciona el microcontrolador y el módulo XBEE no es el mismo, hay que tener cuidado al momento de integrar estos dos elementos, es por ello que se debe realizar una configuración extra en los pines de transmisión del microcontrolador (Tx), y recepción del módulo XBEE (Rx), para poder así regular el voltaje a su valor máximo según las especificaciones.

Datos:

$$V_{m_{Tx}} = 5V$$

$$I_{m_{Tx}} = 0.17mA$$

$$V_0 = 3.3V$$

$$R_1, R_2 = ?$$

Donde:

- $V_{m_{Tx}}$  = Voltaje microcontrolador del pin de transmisor

- $I_{m_{Tx}}$  = Corriente microcontrolador del pin de transmisor
- $V_0$  = Voltaje de salida requerido para el módulo XBEE
- $R_1, R_2$  = Resistencias a calcular

$$V_{R1} = V_{m_{Tx}} - V_0$$

$$V_{R1} = 5V - 3.3V$$

$$V_{R1} = 1.7V$$

$$R_1 = \frac{V_{R1}}{I_{m_{Tx}}} = \frac{1.7V}{0.17mA} = 10K\Omega$$

$$R_2 = \frac{V_0}{I_{m_{Tx}}} = \frac{3.3V}{0.17mA} = 19,411K\Omega \cong 20K\Omega$$

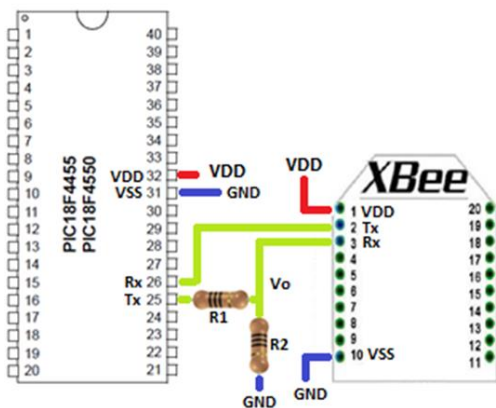


Fig. 16 Diagrama de conexión física entre el microcontrolador y el módulo XBEE Pro.

### 2) Visualización de los Datos

Los parámetros necesarios para la configuración de la LCD son la utilización de un potenciómetro, que permitirá simplemente regular el contraste de los caracteres mostrados en la LCD, este elemento puede ser de  $5K\Omega$ , ya que si no se utiliza, los caracteres no podrán ser visibles. Finalmente se coloca una resistencia en la alimentación de la LCD, esta puede ser de  $10\Omega$ , este último parámetro puede ser opcional.

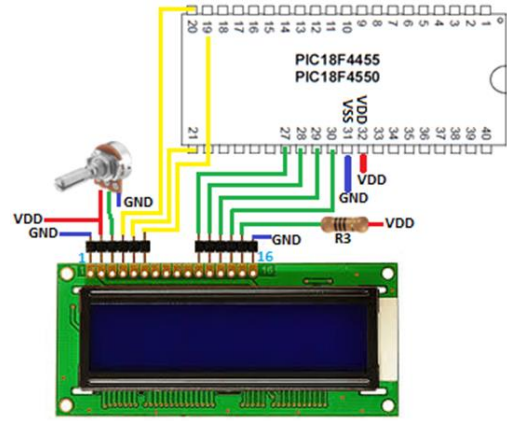


Fig. 17 Diagrama de conexión física entre el microcontrolador y la LCD.

### 3) Mecanismo de Apertura de la Puerta

Para lograr abrir la puerta del aula se utiliza un mecanismo eléctrico con un relé y un transistor BJT en configuración emisor común, este transistor es el 2N3904 ya que permite trabajar con voltajes de hasta 40V y 200mA, para ello es necesario obtener los valores de la resistencia que se coloca entre el microcontrolador y el transistor, este cálculo se explica a continuación.

Datos:

$$I_{Bmax} = 50mA$$

$$h_{FE} = 30$$

$$V_m = 5V$$

$$V_{BE} = 0.7V$$

$$R_4 = ?$$

Donde:

- $I_{Bmax}$  = Corriente máxima del transmisor en la base
- $h_{FE}$  = Ganancia del transistor
- $V_m$  = Voltaje microcontrolador
- $V_{BE}$  = Voltaje base – emisor
- $R_4$  = Resistencia a calcular

$$I_B = \frac{I_{Bmax}}{h_{FE}} = \frac{50mA}{30} = 1.67mA$$

$$V_m = I_B * R_4 + V_{BE}$$

$$I_B * R_4 = V_m - V_{BE} = 5V - 0.7V$$

$$I_B * R_4 = 4.3V$$

$$R_4 = \frac{4.3V}{I_B} = \frac{4.3V}{1.67mA} = 2.57K\Omega \cong 2.7K\Omega$$

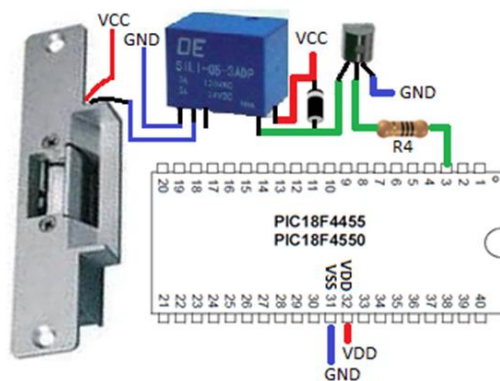


Fig. 18 Diagrama de conexión física entre el microcontrolador, el relé y la cerradura.

#### 4) Seguridad del aula (Autenticación)

El utilizar el teclado matricial en el circuito receptor ayuda a dar seguridad al aula, el diagrama de conexión de este método es muy sencillo, ya que al configurar el microcontrolador de una forma especial, permite que solo sea necesaria la conexión de las filas y las columnas del teclado, siendo estos los siguientes:

Las filas se encuentran numeradas del 1 al 4 para poder diferenciar de las columnas que se encuentran abreviadas con las letras A, B, C y D.

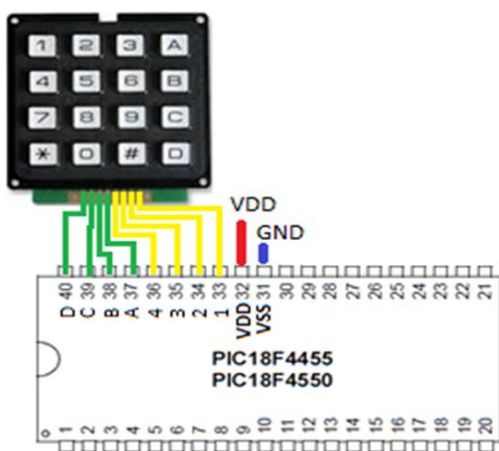


Fig. 19 Diagrama de conexión física entre el microcontrolador y el teclado.

#### 5) Información del tiempo restante en el aula (Alarma)

Este circuito se utiliza para poder informar, mediante un sonido, al docente que su tiempo está a punto de terminar. Los parámetros de este tiempo son configurados previamente en el microcontrolador, dando así una mejor forma de utilización de las aulas. La configuración física de este es similar al de la apertura de la puerta ya que se utilizan los mismos elementos y configuraciones por lo tanto no es necesario calcular nuevamente los valores de su resistencia.

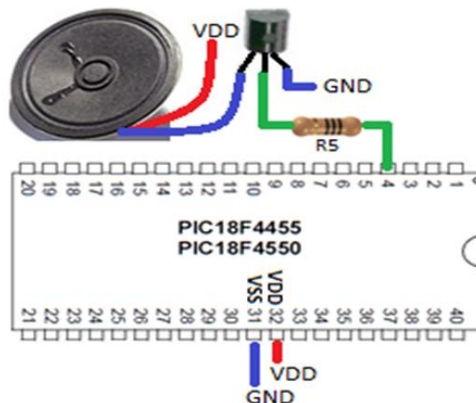


Fig. 20 Diagrama de conexión física entre el microcontrolador y el parlante.

#### 6) Interrupción de la Hora de Clase y Utilización del Aula por un Conserje (Pulsadores)

Este módulo permite utilizar un aula sin necesidad de registrarse en el sistema, de ante mano este método será utilizado únicamente por los conserjes que realizan funciones diferentes a los docentes de la facultad, e interrumpir las horas de clases de un docente si él así lo amerite.

Datos:

$$V_{in} = 5 \text{ V}$$

$$I_{mic} = 25 \text{ mA}$$

$$R_6 = ?$$

Donde

- $V_{in}$  = Voltaje de entrada.
- $I_{mic}$  = Corriente máxima del microcontrolador.
- $R_6$  = Resistencia a calcular.

$$\text{Si, } I_R \ll I_{mic}$$

$$I_R = \frac{I_{mic}}{50} = \frac{25 \text{ mA}}{50}$$

$$I_R = 0,5 \text{ mA}$$

$$I_R = \frac{V_{in} - 0}{R_6} = \frac{5}{R_6}$$

$$R_6 = \frac{5}{I_R} = \frac{5}{0,5 \text{ mA}}$$

$$R_6 = 10 \text{ K}\Omega$$

Mientras mayor sea el valor de la resistencia  $R_6$ , mayor será el flujo de corriente en el pin del microcontrolador, es decir, al utilizar un valor de resistencia mayor este impide el

paso de corriente hacia el terminal común, permitiendo que fluya con mayor intensidad hacia el pin del microcontrolador, por ello se colocará un valor típico que es de 10 K $\Omega$ , el cual se encuentra entre los cálculos realizados con el caso C. En la Fig.21 se indica la conexión de este módulo en el circuito.

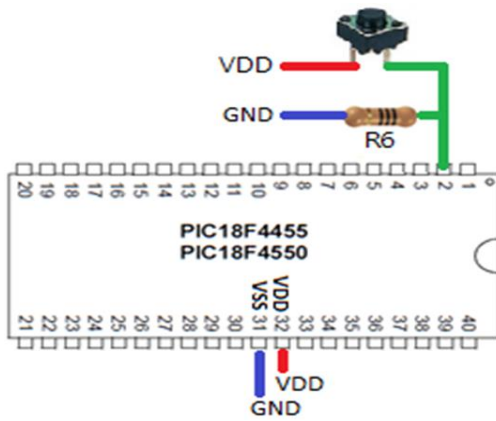


Fig. 21 Diagrama de conexión física entre el microcontrolador y el pulsador

### 7) Indicadores de Estado del Circuito

Este módulo permite visualizar el estado actual del circuito, se utiliza para poder verificar si el aula está siendo utilizada o no físicamente por un docente en un aula determinada.

A continuación se calcula el valor de la resistencia que será necesaria para poder encender un diodo led, tomando en cuenta que cada uno de los diodos led tiene diferentes características, ya que dependiendo del color que se utilice este soporta diferente voltaje y amperaje, por lo tanto se toma un rango general de estos elementos siendo este de 10 a 20mA y de 1.5 a 2.2 V según lo especifica en su datasheet.

Datos:

$$I_{d_{max}} = 20 \text{ mA}$$

$$V_{d_{max}} = 2.2 \text{ V}$$

$$V_m = 5 \text{ V}$$

$$R_7 = ?$$

Donde

- $I_{d_{max}}$  = Corriente máxima que circula por el diodo led
- $V_{d_{max}}$  = Voltaje máximo que circula por el diodo led
- $V_m$  = Voltaje del microcontrolador
- $R_7$  = Resistencia a calcular

$$V_m = V_{d_{max}} + V_{R_7}$$

$$V_m = V_{d_{max}} + R_7 * I_{d_{max}}$$

$$R_7 = \frac{V_m - V_{d_{max}}}{I_{d_{max}}}$$

$$R_7 = \frac{5 \text{ V} - 2.2 \text{ V}}{20 \text{ mA}}$$

$$R_7 = 0.14 \text{ K}\Omega = 140 \Omega \cong 220 \Omega$$

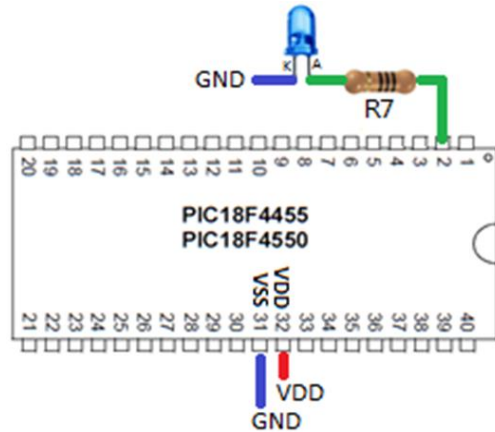


Fig. 22 Diagrama de conexión física entre el microcontrolador y el indicador Led.

Cada una de estas configuraciones es necesaria para que el circuito receptor de cada una de las puertas funcione correctamente. La alimentación en ciertos módulos es diferente, para ello se toma en cuenta que las denominaciones: VDD, VCC y GND representan a esta alimentación siendo: VDD un voltaje de 5V, VCC un voltaje de 12V y GND las respectivas conexiones a tierra del circuito, ya que como se pudo apreciar en él se realizan varias funciones.

### E. Diseño de los Circuitos Transmisor y Receptor

Para el circuito transmisor, se conectan directamente entre los dos módulos y se incrementa un diodo y su respectiva resistencia, para verificar si el módulo está siendo alimentado correctamente o no, dependiendo del estado de dicho módulo.

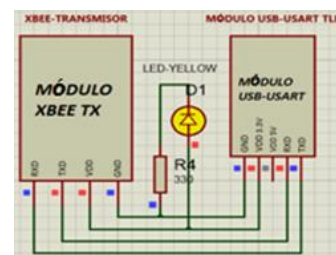


Fig. 23 Diseño del circuito transmisor.

En el circuito receptor, se conectan todos los elementos electrónicos estudiados anteriormente, donde el proceso de funcionamiento es recibir los datos por medio del módulo XBEE, los mismos que serán recibidos por el microcontrolador, éste procesa los datos mediante diferentes métodos de programación, para posteriormente visualizarlos en la LCD ingresando datos por el teclado para poder abrir la puerta, adicionalmente, se incorporan pulsadores para poder tener acceso a las aulas, sin tener que usar la interfaz gráfica, este parámetro será utilizado sólo por los conserjes de la facultad, ya que ellos no necesitan registrarse previamente, pero se generan reportes de los ingresos.

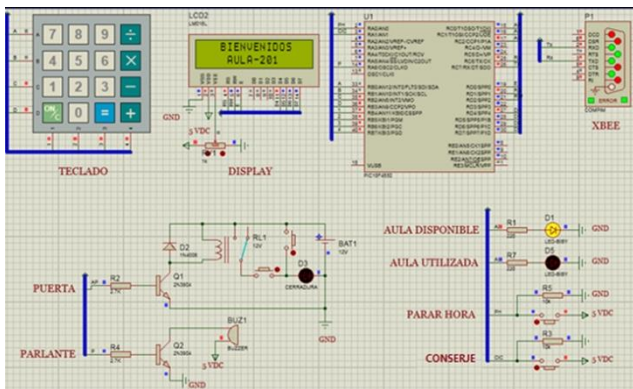


Fig. 24 Diseño del circuito receptor.

#### F. Diseño de la Placa de los Circuitos Transmisor y Receptor en Eagle

El diseño de las pistas de cada uno de los circuitos se realizó en el programa Eagle, el cual permite diseñar los diagramas electrónicos de un proyecto, para posteriormente montar en una baquelita los dispositivos que ésta contenga. Se decidió utilizar este software para este diseño debido a que tiene una licencia gratuita.

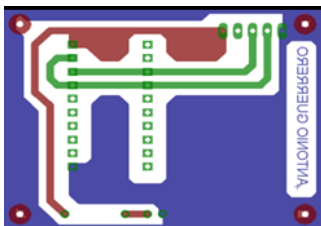


Fig. 25 Pista del circuito transmisor.

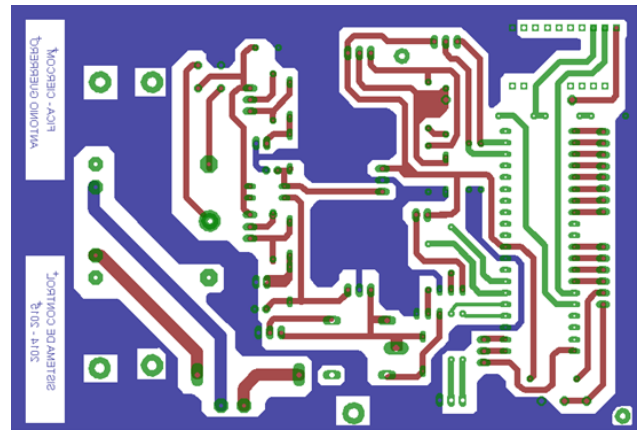


Fig. 26 Pista del circuito receptor.

#### G. Circuitos Transmisor y Receptor

En este punto se indican las imágenes del trabajo o el hardware final del proyecto, para proceder a realizar el software (interfaz gráfica), el cual hará funcionar a estos circuitos, las placas de los mencionados circuitos son los siguientes.



Fig. 27 Circuito transmisor.



Fig. 28 Circuito receptor.

## VI. DISEÑO DE LA BASE DE DATOS DEL SISTEMA DE INGRESO A LAS AULAS

Para poder diseñar una base de datos se debe tomar en cuenta ciertos parámetros importantes como son:

- El diseño conceptual
- La elección del Sistema de Gestor de Base de Datos (SGBD)
- El diseño Lógico
- El diseño Físico

## VII. DISEÑO DE LA INTERFAZ GRÁFICA DEL SISTEMA DE INGRESO A LAS AULAS

El diseño de la interfaz gráfica de este proyecto está basado dependiendo del uso que se le dé a las diferentes aulas, para ello se cuenta con diferentes modos de ingreso a los cuales se les denominan:

- Administrador
- Usuario
- Eventual

1) *Administrador*: Es el encargado de gestionar la aplicación y la base de datos según sea necesario, el cual permitirá realizar acciones como eliminar, crear, modificar, ya sea los datos de un docente como los datos de las aulas y materias, permitiéndole cambiar diferentes parámetros.

2) *Usuario*: Es aquel que tendrá ciertos permisos en la aplicación, es decir, sólo se le permite modificar y verificar los datos propios, así como ver las aulas que se encuentran disponibles en ese momento y utilizar una aula disponible en caso de necesitarla fuera de su horario normal.

3) *Eventual*: Es aquel que puede ver las diferentes aulas que se encuentran disponibles u ocupadas en un periodo determinado.

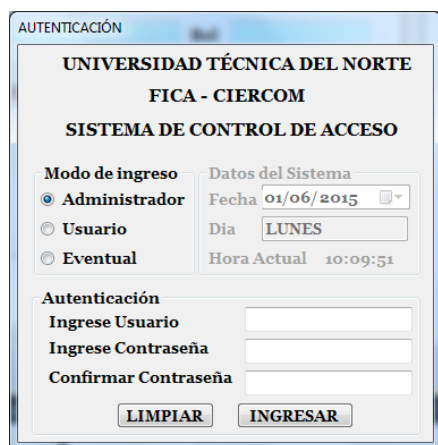


Fig. 29 Interfaz gráfica.

### A. Prioridades de los Modos de Ingreso al Sistema de Control

Las prioridades de cada uno de los modos de ingreso se asignan dependiendo del trabajo que cada uno de los docentes realiza, los cuales son:

- Ingresar a un nuevo docente o funcionario
- Buscar, modificar y eliminar los datos de un docente o funcionario
- Ingresar o modificar parámetros de las diferentes aulas y materias impartidas en las diferentes carreras de la facultad.
- Crear horarios de clases basándose a los parámetros de distribución de aulas impartidas en la facultad.
- Modificar los datos personales del docente según su registro.
- Utilizar un aula asignada correspondiente al horario designado o reservada previamente.
- Reservar un aula disponible en un determinado tiempo.
- Ver un mapa de aulas disponibles o utilizadas.
- Verificar los reportes de cada uno de los docentes que ingresaron a las diferentes aulas.

## VIII. ANÁLISIS ECONÓMICO Y FACTIBILIDAD

Es necesario indicar que el presente proyecto no generará ningún tipo de ingresos para la institución, por esta razón se realizará un análisis de indicadores de gestión - desempeño que permitirán determinar la factibilidad de la implementación de este proyecto.

### A. Costos

Costo es el valor en efectivo o equivalente de un recurso necesario para manufacturar un bien o brindar un servicio. Al costo se lo clasifica de la siguiente manera:

- Materia Prima Directa
- Mano de Obra Directa
- Costos Indirectos de Fabricación

1) *Materia Prima*: Son los elementos sobre el cual se ejerce una labor con el objeto de transformarlo en el producto terminado analizado, la materia prima es cuantificable y medible en forma unitaria. Seguidamente se presenta cada material que se utilizará en la elaboración de los circuitos eléctricos.

TABLA IV

COSTO DEL CIRCUITO TRANSMISOR.

CIRCUITO TRANSMISOR			
DESCRIPCIÓN	CANT.	V. UNIT.	V. TOTAL
Módulo XBEE Pro S1	1	35,20	35,20
USB a UART 5-Pin CP2102	1	17,60	17,60
Diodo Led	1	0,09	0,09
Resistencia	1	0,04	0,04
Caja plástica 5x5 cm	1	0,88	0,88
Construcción del circuito (Baquelita, Asido, etc.)	1	0,44	0,44
SUB TOTAL			54,24
12 % IVA			6,51
TOTAL			60,75

TABLA V

COSTO DEL CIRCUITO RECEPTOR.

CIRCUITO RECEPTOR			
DESCRIPCIÓN	CANT.	V. UNIT.	V. TOTAL
Transformador 9V a 500mA	1	3,52	3,52
Rectificador de onda completa	1	0,44	0,44
Diodo Led	2	0,09	0,18
Diodo electrolítico 1000uF/25 V	1	0,35	0,35
Diodos 1N4007	7	0,08	0,55
Diodo Zenner 3.3V	1	0,13	0,13
Resistencias	15	0,04	0,53
Baterías recargables	3	7,48	22,44
Regulador LM317T	3	0,53	1,58
Regulador LM7805	1	0,44	0,44
Regulador LM7812	1	0,53	0,53
Disipadores de calor	3	0,44	1,32
Módulo XBEE Pro S1	1	35,20	35,20
microcontrolador PIC18F4550	1	8,80	8,80
Teclado Matricial 4x4	1	4,40	4,40
LCD Liquido 2x16	1	7,92	7,92
Potenciómetro 10K	1	0,35	0,35
Fusible	1	0,44	0,44
Construcción del circuito (Baquelita, Asido, etc.)	1	0,44	0,44
Pulsadores pequeños	2	0,09	0,18
Zócalo de 20x2	1	0,35	0,35
Zócalo de 10x2	1	0,18	0,18
Relé 5V	1	0,79	0,79
Parlante (Buzer)	1	0,22	0,22

Transistor 3904	2	0,09	0,18
Caja plástica 10x15 cm	1	4,40	4,40
SUB TOTAL			95,86
12 % IVA			11,50
TOTAL			107,36

TABLA VI

COSTO DEL CIRCUITO RECEPTOR PARTE MECÁNICA.

CIRCUITO RECEPTOR MECÁNICO			
DESCRIPCIÓN	CANT.	V. UNIT.	V. TOTAL
Pulsadores pequeños	2	0,09	0,18
Cerradura electrónica	1	28,89	28,89
Cable UTP	3	0,35	1,05
Canaleta	2	1,50	3,00
SUB TOTAL			33,12
12 % IVA			3,97
TOTAL			37,09

TABLA VII

COSTO DEL CIRCUITO ROUTER.

CIRCUITO ROUTER			
DESCRIPCIÓN	CANT.	V. UNIT.	V. TOTAL
Baterías recargables	1	9,73	9,73
Módulo XBEE Pro S1	1	35,20	35,20
Construcción del circuito (Baquelita, Asido, etc.)	1	0,44	0,44
Diodo Led	1	0,09	0,09
Resistencia	1	0,04	0,04
Caja plástica 5x5 cm	1	4,40	4,40
SUB TOTAL			49,90
12 % IVA			5,99
TOTAL			55,89

Como se puede apreciar en las tablas anteriores, el valor total de cada uno de ellos se relaciona a un solo circuito, por ende, tomando en consideración los requerimientos del proyecto y la topología de red, la cantidad total de circuitos en cuanto a materia prima se refiere, se aprecia en la Tabla VIII.

TABLA VIII

INVERSIÓN DE LOS EQUIPOS ELECTRÓNICOS.

INVERSION DE EQUIPOS ELECTRONICOS			
DESCRIPCIÓN	CANT.	V. UNIT.	V. TOTAL
Circuito Transmisor	1	60,75	60,75
Circuito Receptor	18	107,36	1932,48
Circuito Receptor Mecánico	18	37,09	667,62
Circuito Router	2	55,89	111,78
TOTAL MATERIA PRIMA			2772,63

Es necesario recalcar que el presente proyecto de investigación cuenta con costos adicionales detallados a continuación:

2) *Mano de Obra Directa*: Es la mano de obra consumida en las áreas que tienen una relación directa con la producción o la prestación de algún servicio.

TABLA IX

COSTO DE LA MANO DE OBRA DIRECTA

DETALLE	CANT.	C. UNIT.	C. TOTAL	OBSERVACIONES
Instalación del circuito transmisor	1	\$ 10,00	\$ 10,00	La instalación se realizará únicamente con un operador
Instalación del circuito receptor	18	\$ 20,00	\$ 360,00	
Instalación del circuito receptor mecánico	18	\$ 40,00	\$ 720,00	
Instalación del circuito router	2	\$ 10,00	\$ 20,00	
TOTAL MANO DE OBRA			\$ 1110,00	

3) *Costos Indirectos de Fabricación (CIF)*: Son todos los costos que intervienen de forma indirecta en la fabricación del bien o producto.

TABLA X

COSTOS INDIRECTOS DE FABRICACIÓN.

DETALLE	Costo \$	OBSERVACIONES
Energía Eléctrica	\$360,00	Este costo está proyectado a un año.

Mantenimiento	\$500,00	El mantenimiento de los circuitos se realizará una vez al año
Software/ Microsoft Visual Studio 2010	\$0,00	El software es donado por la institución pues el presente proyecto es para su uso
Software/ Microsoft SQL Server 2008	\$0,00	El software es donado por la institución pues el presente proyecto es para su uso
TOTAL CIF	\$860,00	

B. Estado de Costos de Producción

A continuación se presenta el Estado de costos proyectado para un año.

TABLA XI

ESTADO DE COSTOS DE PRODUCCIÓN.

	Inventario Inicial Materia prima y materiales	\$ -	
(+)	Compras Materia Prima y Materiales	\$ 2772,63	
(=)	Disponible de Materia Prima y Materiales	\$ 2772,63	
(-)	Inventario Final Materia Prima y Materiales	\$ -	
(=)	Costo Real Materia Prima y Materiales	\$ 2772,63	
	Mano de Obra	\$ 1110,00	
(=)	Costo de Mano de Obra Directa	\$ 1110,00	
	Costos Indirectos de Fabricación		
(+)	Energía Eléctrica	\$ 360,00	
(+)	Mantenimiento y Reparación	\$ 500,00	
(-)	Costos Indirectos de Fabricación	\$ 860,00	
(=)	COSTO DE PRODUCCIÓN		\$ 4.742,63

Como se puede observar el costo al que asciende el presente proyecto es de cuatro mil setecientos cuarenta y dos dólares americanos con sesenta y tres ctvs. (\$4.742,63).

C. Inversión

La inversión es todo desembolso de recursos financieros para adquirir bienes concretos durables o instrumentos de



producción, denominados bienes de equipo, y que la empresa utilizará durante varios años para cumplir su objeto social

#### D. Factibilidad

A continuación se presentan indicadores de desempeño para medir la factibilidad del presente proyecto, con la finalidad de que este sea ejecutado por la Facultad de Ingeniería de Ciencias Aplicadas, para mejorar y satisfacer las necesidades de sus docentes y alumnos.

1) *Indicadores de Desempeño*: Son herramientas de gestión que proveen un valor de referencia, a partir del cual se puede establecer una comparación entre las metas planteadas y el desempeño logrado.

- **Indicador de Eficacia**: Este indicador mide lo planificado y lo obtenido, como también en qué medida la institución está cumpliendo con sus objetivos.
- **Indicador de Eficiencia**: Mide los costos respecto de beneficios recibidos como también el nivel de actividad y recursos utilizados.
- **Indicador de Economía**: Es la capacidad de un proyecto o programa para generar y movilizar adecuadamente los recursos financieros.

A continuación se presenta de manera detallada los siguientes indicadores:

TABLA XII

#### INDICADORES DE DESEMPEÑO

PRODUCTO ESTRATÉGICO AL QUE SE VINCULA	Indicador	Fórmula de Cálculo	Fórmula	%
Servicios Asistenciales	Eficacia / Resultado	Nº de docentes, alumnos y empleados de la FICA que sienten comodidad y seguridad con el nuevo circuito eléctrico / Nº de docentes, alumnos y empleados de la FICA	$=\frac{1500}{1560} * 100$	96,15%
Implementación de un circuito eléctrico en las puertas de la FICA				
Servicios Asistenciales	Efectividad/Resultado	Nº de personal encargado del manejo del sistema a implementarse / Nº de personal encargado del manejo del Sistema actual	$=\frac{2}{5} * 100$	40,00%
Implementación de un circuito eléctrico en las puertas de la FICA				
Servicios Asistenciales	Efectividad/Resultado	Nº de personas beneficiadas / Población objetivo	$=\frac{1560}{1560} * 100$	100%
Implementación de un circuito eléctrico en las puertas de la FICA				
Servicios Asistenciales	Eficiencia/Resultados	Nº de instalaciones de circuitos eléctricos/Horas hombre trabajadas	$=\frac{18}{32} * 100$	56%
Implementación de un circuito eléctrico en las puertas de la FICA				
Servicios	Eficiencia/Resultados	Minutos de espera	$=\frac{2}{10} * 100$	20%

Asistenciales		para ingresar al aula de clases con el circuito eléctrico/ Minutos de espera para ingresar al aula de clases sistema actual		
Implementación de un circuito eléctrico en las puertas de la FICA				
Servicios Asistenciales	Economía/Resultados	Costos de Materiales / Costo Total	$=\frac{2772,63}{4.742,63} * 100$	58,46%
Implementación de un circuito eléctrico en las puertas de la FICA				

Con lo anteriormente expuesto se puede observar que los porcentajes en los índices de eficacia, eficiencia, efectividad y economía son bastante favorables para poder ejecutar el presente trabajo, pues la implementación del sistema de control de acceso en cada aula es muy beneficioso para la Facultad de Ingeniería de Ciencias Aplicadas de la Universidad Técnica del Norte; pues de esta manera facilitará la organización interna de la facultad y se minimizarán recursos como: el tiempo perdido al momento de ingresar a las aulas, la utilización de hojas mediante el control de asistencia de los docentes, pérdida de bienes en la facultad.

## IX. CONCLUSIONES

En el presente proyecto se logró diseñar un sistema de control de acceso para las aulas de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas de la Universidad Técnica del Norte, el cual es capaz de automatizar el ingreso a las aulas por parte de los docentes, tomando datos de la transmisión y recepción en una topología de red WPAN, dicho sistema funciona mediante una interfaz gráfica diseñada también en el software Microsoft Visual Studio 2010 C#.

La implementación de un nuevo sistema de control para las aulas en la facultad es de suma importancia ya que, como se demuestra en este proyecto, el sistema es capaz de optimizar el proceso de ingreso a las mismas reduciendo los tiempos de ingreso, es más seguro que la utilización de las cerraduras tradicionales, permitiendo eliminar las rejas que se encuentran en la edificación y así poder llevar un registro exacto de las personas que hacen uso de las aulas.

El diseño de la red inalámbrica es estructurado de tal manera que, permita una futura expansión mediante la inclusión de nuevos equipos en ladre, logrando de esta manera ampliar el área de cobertura y la cantidad de circuitos electrónicos que realizan el trabajo de apertura en las puertas.

Los circuitos electrónicos fueron diseñados para brindar una interfaz confiable y de fácil manipulación tanto para estudiantes, docentes y personal que labora en la facultad.

La interfaz gráfica cuenta con los manuales correspondientes a cada modo de ingreso, lo cual facilita el

uso del sistema, siendo más fácil de manejar. Este sistema fue diseñado tomando en cuenta los requerimientos necesarios estudiados en capítulos anteriores.

En la actualidad los sistemas electrónicos de control de acceso están sustituyendo a las tradicionales cerraduras manipuladas manualmente por llaves, es por esta razón que el proyecto fue desarrollado para este tipo de sistemas, además de poseer características óptimas para la implementación en cualquier lugar en el que se desee controlar el acceso a una área determinada.

## RECONOCIMIENTOS

Un agradecimiento especial al Sr. Giovanni Romero por el apoyo aportado en el proceso del presente trabajo de titulación. A la Universidad Técnica del Norte por haberme permitido realizar el presente proyecto en las instalaciones de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas (FICA).

## REFERENCIAS

- [1] Anibal, B. S. (17 de Noviembre de 2012). Estructura y Elementos de los Microcontroladores.
- [2] Collaguazo, G. (2010). *Scribd*. Obtenido de Scribd: <http://es.scribd.com/doc/244728217/MICROCONTROLADORES-pdff#scribd>
- [3] Jara Werchau, P., & Nazar, P. (2009). *Departamento de Ingeniería en Sistemas de Información*. Obtenido de Estándar IEEE 802.11 X de las WLAN: [http://www.edutecne.utn.edu.ar/monografias/standard\\_802\\_11.pdf](http://www.edutecne.utn.edu.ar/monografias/standard_802_11.pdf)
- [4] kioskea. (Junio de 2014). *kioskea.net*. Obtenido de <http://es.kioskea.net/contents/70-bluetooth>
- [5] Kioskea. (Junio de 2014). *Kioskea.net*. Obtenido de Introducción a Wi-Fi (802.11 o WiFi): <http://es.kioskea.net/contents/789-introduccion-a-wi-fi-802-11-o-wifi>
- [6] Maroné, J. (s.f.). *EXA UNICEN*. Obtenido de EXA UNICEN: [http://www.exa.unicen.edu.ar/catedras/tmicrocon/Material/3\\_Overview\\_Microcontroladores\\_ATMEL.pdf](http://www.exa.unicen.edu.ar/catedras/tmicrocon/Material/3_Overview_Microcontroladores_ATMEL.pdf)
- [7] Pascual, A. E. (Octubre de 2007). *Estándares en Tecnologías Inalámbricas*. Obtenido de [http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless\\_es/files/02\\_es\\_estandares-inalambricos\\_guia\\_v02.pdf](http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless_es/files/02_es_estandares-inalambricos_guia_v02.pdf)
- [8] Revista de la Asociación de Ingenieros del ICAI. (2012). Gestión de redes inteligentes domésticas mediante ZigBee Smart Energy. *ANALES DE MECÁNICA Y ELECTRICIDAD*, 28-33.
- [9] Salguero, A. (2001). *Indicadores de Gestión y Cuadro de Mando*. Juan Bravo, Madrid - España: Diaz de Santos S.A.
- [10] Sánchez, S. (2013). *Microcontroladores y sus Aplicaciones*. Obtenido de Microcontroladores y sus Aplicaciones: <https://microcontroladoresv.wordpress.com/microcontroladores-pic-y-sus-variedades/>
- [11] Saucedo, C. I. (29 de Febrero de 2012). *Universidad Nacional Autónoma de México*. Obtenido de Eficiencia y seguridad en Bluetooth y Zigbee: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/229/A6.pdf?sequence=6>
- [12] Toapanta, D., & Jaramillo, A. (2009). *Construcción de una fuente digital variable regulada entre 2V a 20VDC*. Quito.
- [13] Torres, C., & Aguirre, P. (Diciembre de 2010). *Repositorio Digital UTN*. Obtenido de Repositorio Digital UTN: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/752/13/04%20RED%20002%20CAPITULO%20II.pdf>



**Omar Oña, Director.**

Profesional en Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones. Actualmente es profesor de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas (FICA) en la Universidad Técnica de Norte en la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación (CIERCOM), en áreas tales como electrónica, sistemas digitales y otros campos relacionados. Tiene experiencia en el campo de Asesoría Técnica, mantenimiento preventivo y correctivo de equipos de computación, instalación y mantenimiento de redes. A través de su servicio ha trabajado constantemente e incondicional en el desarrollo de proyectos de electrónica y telecomunicaciones.



**Antonio Guerrero, Autor.**

Realizó sus estudios secundarios en el colegio “Mariano Suárez Veintimilla” de la ciudad de Ibarra logrando el bachillerato en “Comercio y Administración Especialidad Informática”, los estudios universitarios los realizó en la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas (FICA) de la Universidad Técnica del Norte en la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación (CIERCOM). Actualmente trabaja en la empresa se servicio de internet SAITEL de la ciudad de Ibarra en el área de soporte técnico.