



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN  
TELECOMUNICACIONES Y REDES**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO  
ENTRENADOR AUTÓMATA DE PING PONG CONTROLADO  
MEDIANTE COMANDO DE VOZ.”**

**TESIS DE GRADO**

**Previa la obtención del título de:  
INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y COMPUTACIÓN**

**Presentado por:**

**MARCO ALEXI OBANDO MORILLO  
TRANSITO ELIZABETH PAZMIÑO SOLIS**

***RIOBAMBA – ECUADOR  
2012***

Agradezco a Papito Dios por el regalo más hermoso que nos da, la vida, a mi querida institución “ESPOCH” por abrirme las puertas del saber, a mis padres Inesita, Manuelito por su dedicación y apoyo constante, a mis 8 hermanos y sobrinos por formar parte de mi vida y por que no decir de mis metas, a una persona muy especial quien formara parte de mi vida Ricardo y a todos los docentes que me brindaron sus conocimientos y como personas su amistad sincera.

A mis compañeros/ras, amigos/as me gustaría agradecer su amistad, apoyo, ánimo y compañía en las diferentes etapas de mi vida.

Gracias de todo corazón mil gracias.

*Ely.*

Agradezco a Dios por ser el centro de mi vida, por poner en el camino bendiciones inmerecidas y motivos de lucha para alcanzar la felicidad personal y una realización profesional.

Agradezco a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, a todos sus docentes que nos supieron impartir sus conocimientos de la ciencia y tecnología

A mis padres Marco y Juana que me dieron la vida, a mis hermanos y sobrinos que confiaron y siempre estuvieron incondicionalmente apoyándome.

A mi esposa por su apoyo y aliento constante en el transcurso de todo el tiempo para alcanzar la meta.

A mis hijas por ser mi fortaleza para seguir luchando por la vida.

Por último dedico a todos los seres que luchan por alcanzar sus metas y creen que la educación abre las puertas de un mejor porvenir.

*Alexi*

## *Firmas de Responsabilidad*

<b>NOMBRE</b>	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
<b>Ing. Iván Menes</b> <b>DECANO DE LA FACULTAD DE</b> <b>INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA</b>	_____	_____
<b>Ing. Pedro Infante</b> <b>DIRECTOR DE LA ESCUELA</b> <b>DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN</b> <b>TELECOMUNICACIONES Y REDES</b>	_____	_____
<b>Ing. José Guerra S.</b> <b>DIRECTOR DE TESIS</b>	_____	_____
<b>Ing. Lenin Aguirre</b> <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>	_____	_____
<b>Tlgo. Carlos Rodríguez</b> <b>DIRECTOR DEL DPTO</b> <b>DOCUMENTACIÓN</b>	_____	_____
<b>NOTA DE LA TESIS</b>	_____	

“Nosotros, **MARCO ALEXI OBANDO MORILLO** y **TRANSITO ELIZABETH PAZMIÑO SOLIS**, somos responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta tesis; y, el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.”

**Tránsito Elizabeth Pazmiño Solís**

**Marco Alexi Obando Morillo**

## *Índice de Abreviaturas*

ALU	Unidad Aritmético Lógica.
A/D.	Analógico/Digital.
ASK	(Amplitude Shift Keying) Modulación por desplazamiento de Amplitud
CI.	Circuito Integrado.
D/A.	Digital/Analógico
E/S	Entrada/Salida
EEPROM	Memoria de solo lectura programable y borrable eléctricamente.
FAMOS	Floating Gate Avalanche-Injection Metal Oxide Semiconductor
FLASH	Memoria no volátil de bajo consumo.
FSK	(Frequency Shift Keying) Modulación por desplazamiento de Frecuencia
GPR	Registros de propósito General.
HS	Cristal de alta velocidad.
HSEROUT	Salida serial de hardware asíncrono.
INTOSC	Oscilador Interno.
I/O.	Input / Output.
Led	Diodo emisor de luz
LP	Cristal para baja potencia y bajo consumo de corriente.
MCLR	Master Clear (Reset).
MHz	Megahercios.
Mbps	Mega Bits por Segundo.
MHz.	Megahercios
mA	miliamperios
ms	milisegundos
mV	mili voltios

MPSK	(Multiple Phase Shift Keying) Modulación por desplazamiento de Fase Múltiple
OSC1/CLKIN	Entrada del oscilador (cristal). Entrada de oscilador externo.
PIC	Peripheral Interface Controller.
SFR	Registros de Función Específica.
USART	Transmisor/Receptor Asíncrono Universal.
Vcc	Voltios de Corriente continúa
VCA	Voltios de corriente Alterna

# ÍNDICE GENERAL

## ÍNDICE GENERAL

## ÍNDICE DE FIGURAS

## ÍNDICE DE TABLAS

### CAPÍTULO I

MARCO REFERENCIAL -----	22 -
1. ANTECEDENTES -----	22 -
2. JUSTIFICACIÓN-----	23 -
3. OBJETIVOS-----	24 -
1.3.1. OBJETIVO GENERAL-----	24 -
1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS -----	24 -
4. HIPÓTESIS -----	24 -

### CAPÍTULO II

2. XBEE COMUNICACIÓN INALÁMBRICA-----	25 -
2.1. INTRODUCCIÓN -----	25 -
2.2. Definición -----	26 -
2.2.1. Funcionamiento XBEE. -----	26 -
2.2.2. Comunicación XBEE-----	27 -
2.4. VERSIONES DE LOS MÓDULOS XBEE-----	29 -
2.5. APLICACIONES DEL XBEE. -----	30 -
2.5.1. PLACAS DE DESARROLLO COMPATIBLES CON LOS MODULOS -----	30 -
2.5.2. Tarjeta de Desarrollo para Módulos XBee (ZigBee) Básicos y PRO -----	30 -
2.5.3. Placa XBee de Arduino -----	31 -
2.5.4. SFE XBEE EXPLORER USB-----	32 -

2.5.5.	Droids SAS XBee - DTE Serial Board (DB9)-----	33 -
2.5.6.	Criterios para la Selección de módulos XBee -----	33 -
2.6.	TRANSMISIÓN DE ONDAS DE RADIO -----	34 -
2.7.	COMPONENTES DE UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN-----	36 -
2.8.	COMUNICACIÓN INALÁMBRICA -----	37 -
2.8.1.	Aspecto histórico y generalidades-----	37 -
2.8.2.	Campos de Utilización -----	38 -
2.8.3.	Algunos problemas asociados con la tecnología inalámbrica-----	38 -
2.8.4.	Equipo inalámbrico -----	38 -
2.9.	RED INALÁMBRICA -----	39 -
2.9.1.	Categorías-----	39 -
2.9.2.	Aplicaciones-----	39 -
2.10.	MOTORES -----	40 -
2.10.1.	Servo Motores HITEC HS-311 -----	40 -
2.10.1.1.	Características-----	41 -
2.10.1.2.	Control-----	42 -
2.10.1.3.	Conexión-----	42 -
2.10.1.4.	Driver de Potencia para Control de Motores-----	43 -
 <u>CAPÍTULO III</u>		
3.	INVESTIGACIÓN DEL MODULO VRBOT -----	44 -
3.1.	INTRODUCCIÓN -----	44 -
3.2.	Aplicaciones-----	45 -
3.3.	Características-----	45 -
3.3.1.	Presentación -----	45 -
3.3.2.	Especificaciones técnicas -----	46 -
3.4.	GUI: EL INTERFACE GRAFICO DE USUARIO-----	47 -
3.5.	Estableciendo la comunicación -----	49 -

3.5.1.	Las voces SI pre definidas -----	50 -
3.5.2.	Reconocimiento de voces pre definidas SI. -----	50 -
3.5.3.	Las voces SD definidas por el usuario -----	52 -

#### CAPÍTULO IV

4.	MICROCONTROLADORES -----	54 -
4.1.	Introducción -----	54 -
4.1.1.	Definición de Microcontrolador -----	55 -
4.1.2.	Características de los Microcontroladores -----	55 -
4.1.3.	Tipos de Arquitecturas de Microcontroladores -----	56 -
4.1.4.	Arquitectura Von Neumann -----	56 -
4.2.	Arquitectura Harvard -----	57 -
4.3.	Las Gamas de Pic -----	57 -
4.4.	Gama Enana PIC12C (F) XXX -----	58 -
4.5.	Gama Baja PIC16C5X -----	58 -
4.6.	Gama Media PIC16CXXX -----	59 -
4.7.	Gama Alta PIC17CXXX -----	60 -
4.8.	Herramientas para el desarrollo de aplicaciones -----	60 -
4.9.	Ensamblador -----	60 -
4.10.	Compilador -----	61 -
4.11.	Simulador -----	61 -
4.12.	Programador -----	62 -
4.13.	Paquetes IDE -----	62 -
4.14.	Métricas Para Elegir Un Microcontrolador -----	62 -
4.15.	Estudio de la mejor alternativa de microcontrolador. -----	63 -
4.16.	MICROCONTROLADOR 16F628A -----	65 -
4.16.1.	Principales características -----	65 -
4.16.2.	Características especiales: -----	66 -

4.17.	Descripción de los terminales-----	66 -
4.17.1.	Terminales de entrada-salida (16 en total)-----	66 -
4.17.2.	PORTA: RA0-RA7: -----	66 -
4.17.3.	PORTB: RB0-RB7: -----	67 -
4.17.4.	Otros terminales -----	67 -
4.18.	Aspecto Interno del PIC 16F628 -----	67 -
4.19.	El Procesador-----	69 -
4.20.	La Memoria de Datos-----	69 -
4.21.	Direccionamiento de la Memoria de Datos.-----	70 -
4.21.1.	Direccionamiento Directo:-----	70 -
4.21.2.	Direccionamiento Indirecto:-----	70 -
4.21.3.	La memoria de Programa. -----	71 -
4.22.	El Reloj-----	71 -
4.23.	MICROCONTROLADOR 16F877A.-----	72 -
4.23.1.	Puertos paralelos de entrada / salida del Pic 16f877a.-----	73 -
4.23.2.	Puerto A (Porta) -----	74 -
4.23.3.	Puerto B (Portb) -----	75 -
4.23.4.	Puerto C (Portc)-----	76 -
4.23.5.	Puertos D y E. -----	77 -
4.23.6.	Puerto Serie Usart. -----	77 -
4.24.	Configuración de la Usart del Pic 16F877A.-----	78 -
4.25.	Proceso de Conversión Analógico/Digital.-----	78 -
4.26.	Registros de Control del Convertidor A/D del Pic 16F877A. -----	79 -
4.27.	Los Registros de Resultados del Convertidor A/D del Pic 16f877a-----	79 -
4.28.	El Módulo Temporizador del Pic 16F877A. -----	80 -

## CAPÍTULO V

5.	TÉCNICAS DE ENTRENAMIENTO DEL PING PONG-----	81 -
----	----------------------------------------------	------

5.1.	INTRODUCCION -----	81 -
5.2.	HISTORIA -----	82 -
5.3.	TECNICAS -----	83 -
5.3.1.	Introducción -----	83 -
5.3.2.	La superficie de juego -----	84 -
5.3.3.	El material de juego -----	84 -
5.3.4.	¿Cómo coger la raqueta? -----	85 -
5.4.	REGLAS -----	86 -
5.5.	GOLPES BÁSICOS -----	86 -
5.6.	APRENDIZAJE EN LA MESA -----	89 -

## CAPÍTULO VI

	DISEÑO DEL PROTOTIPO -----	91 -
6.1.	ESQUEMA GENERAL DE FUNCIONAMIENTO -----	91 -
6.2.	DISEÑO Y DESCRIPCIÓN DE LOS BLOQUES DEL SISTEMA -----	92 -
6.2.1.	Etapa de procesamiento del Transmisor -----	92 -
6.2.1.1.	Algoritmo del Transmisor -----	92 -
6.2.1.2.	Circuito Transmisor Inalámbrico en Isis/Proteus -----	93 -
6.2.2.	Etapa de Transmisión y Recepción -----	95 -
6.2.3.	Software para programar los módulos XBee -----	96 -
6.2.4.	Etapa de procesamiento del Receptor -----	100 -
6.2.4.1.	Algoritmo del Receptor -----	100 -
6.2.4.2.	Circuito Receptor Inalámbrico En Isis/Proteus -----	101 -
6.2.4.3.	Etapa de Ejecución -----	103 -
6.3.	ESTRUCTURA Y DISEÑO PROTOTIPO -----	103 -

## CAPÍTULO VII

7.	IMPLEMENTACION -----	105 -
7.1.	IMPLEMENTACIÓN DEL MÓDULO DE HARDWARE -----	105 -

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES-

RESUMEN

ABSTRACT

GLOSARIO

BIBLIOGRAFÍA

# ÍNDICE DE FIGURAS

Figura II. 1 Ejemplo de XBee. ....	- 26 -
Figura II. 2 Arquitectura de XBee.....	- 28 -
Figura II. 3 Módulos XBee. ....	- 29 -
Figura II. 4 Módulos RF XBee PRO.....	- 30 -
Figura II. 5 Tarjeta de desarrollo XBee. ....	- 31 -
Figura II. 6 Placas Xbee.....	- 32 -
Figura II. 7 SFE Xbee USB.....	- 32 -
Figura II. 8 Interfaz Droids SAS XBee – DTE .....	- 33 -
Figura II.9. Reflexión de las ondas en la ionosfera.....	- 34 -
Figura II.10.Sistema de comunicación.....	- 36 -
Figura II.11.Servomotor.....	- 41 -
Figura II. 12.Ancho de Pulso .....	- 42 -
Figura II. 13.Conexión del Servo.....	- 43 -
Figura III. 14. Módulo Vrobot. ....	- 46 -
Figura III. 15. Distribución de señales del Vrobot.....	- 46 -
Figura III. 16. Interface de TTL a RS232 mediante el MAX232.....	- 48 -

Figura III. 17. Esquema de conexiones.....	- 48 -
Figura III. 18. Montaje práctico del Vrbot.....	- 49 -
Figura III. 19. El área de trabajo .....	- 49 -
Figura III. 20. Reconocimiento de una voz.....	- 51 -
Figura III. 21. Edición de comandos.....	- 53 -
Figura VI. 22. Microcontrolador y Periféricos.....	- 55 -
Figura VI. 23. Arquitectura Von Neumann .....	- 57 -
Figura VI. 24. Arquitectura Harvard.....	- 57 -
Figura VI. 25. Diagrama de conexiones de los PIC12Cxxx de la gama enana.....	- 58 -
Figura VI. 26. Diagrama de conexiones de los PIC16C54/56 de la gama baja .....	- 59 -
Figura VI. 27. Diagrama de conexiones del PIC16C74, de la gama media.....	- 59 -
Figura VI. 28. Encapsulado del PIC 16f628 .....	- 65 -
Figura VI. 29. Diagrama de pines 16F628.....	- 66 -
Figura VI. 30. Pines del PIC 16F877A .....	- 72 -
Figura VI. 31. Arquitectura Interna del Pic 16F877A.....	- 73 -
Figura VI. 32. Registro PORTA (05H).....	- 74 -
Figura VI. 33. Registro TRISA (85H). .....	- 74 -
Figura VI. 34. Conversión Analógico/Digital del PIC 16F877A.....	- 78 -
Figura VI. 35. Registros de Control del convertidor A/D del PIC 16F877A.....	- 79 -

Figura VI. 36. Registros de Resultados del Convertidor A/D.....	- 79 -
Figura V. 37. Primeros campeonatos Ping Pong.....	- 83 -
Figura V. 38. Medidas mesa de ping pong.....	- 84 -
Figura V. 39. Raquetas y Pelota.....	- 85 -
Figura V. 40. Agarrando el mango.....	- 85 -
Figura V. 41. Posición de base.....	- 86 -
Figura V. 42. Posición Inicial .....	- 87 -
Figura V. 43. Aceleración del golpe .....	- 88 -
Figura V. 44. Tipos de efectos .....	- 88 -
Figura V. 45. Ejercicios para corte izquierdo.....	- 90 -
Figura V. 46. Ejercicios para corte derecho .....	- 90 -
Figura V. 47. Ejercicios combinados .....	- 90 -
Figura VI. 48. Diagrama General del Sistema .....	- 91 -
Figura VI. 49. Diagrama de flujo para la transmisión de información .....	- 93 -
Figura VI. 50. Diagrama esquemático del transmisor.....	- 93 -
Figura VI. 51. Diseño del transmisor. ....	- 94 -
Figura VI. 52. Transmisor.....	- 95 -
Figura VI. 53. Pantalla inicial para la programación de los módulos. ....	- 96 -
Figura VI. 54. Reconocimiento del modulo XBee.....	- 97 -

Figura VI. 55. Modulo de configuración .....	- 97 -
Figura VI. 56. Lectura del Firmware del modulo XBee. ....	- 98 -
Figura VI. 57. Configuración del modulo XBee transmisor. ....	- 98 -
Figura VI. 58. Configuración de la velocidad de transmisión tanto el Tx. y Rx.....	- 99 -
Figura VI. 59. Configuración finalizada. ....	- 99 -
Figura VI. 60. Prueba de la configuración del modulo XBee. ....	- 100 -
Figura VI. 61. Diagrama de flujo para la recepción de información.....	- 101 -
Figura VI. 62. Diagrama esquemático del receptor .....	- 102 -
Figura VI. 63. Diseño del Receptor .....	- 102 -
Figura IV. 64. Diagrama de la etapa de ejecución .....	- 103 -
Figura VI. 65. Estructura Lateral .....	- 103 -
Figura VI. 66. Estructura del Eje Falso.....	- 104 -
Figura VI. 67. Estructura de cada Movimiento.....	- 104 -
Figura VI. 68. Dimensiones y Estructura.....	- 104 -
Figura VI. 69. Base para modulo .....	- 106 -
Figura VI. 70. Conexión del servomotor en la base.....	- 106 -
Figura VI. 71. Soporte para la canasta .....	- 106 -
Figura VI. 72. Conexión del servomotor en la base.....	- 107 -
Figura VI. 73. Conexión del servomotor en la base para la retroalimentación.....	- 107 -

Figura VI. 74.. Modulo de Transformación.....	- 108 -
Figura VII. 75. Implementación Interfaz Xbee.....	- 109 -
Figura VII. 76. Implementación Modulo Vrobot.....	- 109 -

# ÍNDICE DE TABLAS

Tabla II. I.Distribución de pines tanto para los módulos XBee/XBee-PRO-----	28 -
Tabla II. II.Ficha técnica de la tarjeta de desarrollo-----	31 -
Tabla II. III.Características de las capas de la tierra-----	35 -
Tabla II. IV.Características de las capas de la tierra -----	41 -
Tabla III. V. Distribución de señales. -----	47 -
Tabla III. VI. Resumen las características eléctricas:-----	47 -
Tabla III. VII.Grupos con las etiquetas o comandos -----	50 -
Tabla IV. VIII. Asignación cuantitativa para las métricas -----	63 -
Tabla IV. IX.Calificaciones y costos-----	64 -
Tabla IV. X.Matriz de puntos-----	64 -
Tabla IV. XI.Modulo del Temporizador del PIC 16F877A.-----	80 -

# INTRODUCCIÓN

El ser humano lleva siglos soñando con las creaciones de robots autónomas y obedientes, capaces de llevar a cabo los trabajos más duros. A finales del siglo XX ese sueño comenzó a ser real. Los robots ya han demostrado ser excelentes sustitutos de los humanos para llevar a cabo tareas repetitivas que no requieran capacidad de improvisación. Ya hay numerosos robots trabajando en minas y excavaciones petrolíferas, fabricando bienes de consumo en cadenas de montaje, explorando el espacio y combatiendo en guerras. Por otro lado hay muchos trabajos que las personas no les gusta hacer, sea ya por ser aburrido o bien peligroso, siempre se va a tratar de evitar para no hacerlo.

Mediante un microcontrolador PIC, podemos realizar diferentes máquinas electrónicas que incluso puedan sustituir el trabajo humano. Además de ello también podemos hablar de robots que puedan ayudar en áreas poco accesibles por el hombre, entre ellos tenemos un prototipo entrenador autómatas de ping pong controlado mediante comandos de voz, siendo el principal objetivo ayudar a los entrenadores de deportes en la disciplina de ping pong. La forma más usual de nuestro prototipo es entrenar a los deportistas que gustan de esta disciplina. Para ello, el microcontrolador que controla el robot, utilizará un Tx y un Rx Xbee con comunicación inalámbrica en la cual permitirá tener comunicación usuario prototipo de

donde obtendrá órdenes, para los respectivos lanzamientos. La solución a la problemática planteada se puede dividir en “hardware” y en “software”.

El presente trabajo de investigación se encuentra dividido en siete capítulos para el análisis del DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO ENTRENADOR AUTÓMATA DE PING PONG CONTROLADO MEDIANTE COMANDO DE VOZ, los que se detallan a continuación:

Capítulo I.- En este capítulo se especifica los antecedentes, la debida justificación y los objetivos de la realización de esta tesis.

Capítulo II, III y VI.- En estos capítulos teóricamente se establecen sobre Comunicación de Xbee, Investigación Del Modulo Vrobot, microcontroladores, y demás conceptos de los elementos que se utilizan posteriormente.

Capítulo V.- Este capítulo contiene las técnicas de entrenamiento de ping pong.

Capítulo VI.- Este capítulo contiene los pasos a considerar para el diseño e implementación del prototipo.

Capítulo VII.- En este capítulo se detallará la implementación del Software, Hardware así como los Resultados obtenidos en la implementación de la tesis.

Esta estructura permitirá observar y criticar las conclusiones y proponer recomendaciones fundamentadas en el proceso de investigación realizado.

# **CAPÍTULO I**

---

## **MARCO REFERENCIAL**

### **1. ANTECEDENTES**

La robótica ocupa en la actualidad un papel preponderante en el proceso de modernización e innovación de las industrias, el hogar y otras áreas como la medicina y el deporte. La mayoría de los sistemas robotizados operan en lugares donde el espacio de trabajo ha sido ideado para adecuarse al robot.

Los robots en cuanto al deporte son sistemas que tienen sus limitaciones ya que se encuentran programados para realizar una actividad a la vez. En la actualidad, encontramos

diferentes entrenadores automatizados de ping pong, e incluso se considera que se está reemplazando al entrenador (Humano) en las diferentes disciplinas del deporte. Estos diseños actúan como lanzadores consecutivos de balones o pelotas que permiten al deportista realizar breves prácticas.

La disciplina conocida como tenis de mesa surgió en el año de 1870 en Inglaterra, al descubrir las pelotas de celuloide, por el sonido que producían al impactar el pergamino y luego la madera de la mesa, el deporte se empezó a conocer como “ping-pong”, es un deporte olímpico (desde los Juegos Olímpicos de Seúl el año 1988) que practican una gran cantidad de aficionados.

Los prototipos que se encuentran en la actualidad para entrenar la disciplina de ping pong, realizan actividades como: lanzamientos pre-programados que son manipulados por medio de un control remoto por lo tanto estos diseños no son autómatas, todavía no existen verdaderos robots que puedan cubrir todas las actividades que se requieren en un determinado campo de acción. Hoy en día la tecnología provee un medio confiable y de amplia cobertura para el envío/recepción de datos mediante la comunicación inalámbrica.

## **2. JUSTIFICACIÓN**

Considerando lo anterior no cubren las características necesarias en lo que se refiere a un robot entrenador, el diseño que se propone es autómatas y comandado por voz que permitirá realizar movimientos siguiendo órdenes (información), proporcionadas por sus mismos mecanismos. Lo que se pretende es crear un prototipo que reaccione a las órdenes del usuario pero mediante comando de voz. En el mercado existen diseños costosos y se pretende hacer un robot de costo económico. Que ayudara en lanzamientos básicos conocidos como efectos del ping pong.

El desarrollo de software para la comunicación entre hardware y usuario usaremos XBEE (comunicación inalámbrica) y mediante la investigación profundizar nuestros conocimientos acorde al prototipo planteado.

### **3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

- ✓ Diseño e implementación de un prototipo entrenador autómatas de ping pong controlado mediante comando de voz.

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- ✓ Investigar y utilizar sistemas de mandos de voz.
- ✓ Calcular los grados de libertad requeridos por el prototipo.
- ✓ Diseñar e implementar la estructura mecánica.
- ✓ Investigar técnicas de entrenamiento del ping pong como elemento necesario para la implementación del sistema de lanzamiento.
- ✓ Diseñar e implementar los sistemas electrónicos requeridos por el prototipo.

### **4. HIPÓTESIS**

El diseño e implementación de un prototipo entrenador de ping pong controlado mediante comando de voz se constituirá en una herramienta de ayuda en el proceso de entrenamiento de este deporte.

## **CAPÍTULO II**

---

### **2. XBEE COMUNICACIÓN INALÁMBRICA**

#### **2.1. INTRODUCCIÓN**

Los módulos XBee y XBee-PRO OEM RF presentan una solución excepcionalmente potente para las conexiones a redes inalámbricas y aplicaciones de comunicaciones de datos. La línea de productos XBee (figura 1), se puede encontrar en diversas aplicaciones industriales y comerciales, como sensores remotos, control y manipulación de robots, control de equipos y automatización. Si bien existen bastantes módulos inalámbricos, estos son los que mantienen la relación exacta entre precio y calidad, y debido a su pequeño tamaño y fácil programación (sólo requiere una conexión serial) son ideales para cualquier proyecto.



**Figura II. 1** Ejemplo de XBee.

Los módulos XBee son módulos de radio frecuencia que trabajan en la banda de 2.4 GHz con protocolo de comunicación 802.15.4 fabricados. Son utilizados en automatización de casas, sistemas de seguridad, monitoreo de sistemas remotos, aparatos domésticos, alarmas contra incendio, plantas tratadoras de agua, en nuestro caso en robots autómatas, etc.

## **2.2. Definición**

### **2.2.1. Funcionamiento XBEE.**

Los módulos ofrecen una velocidad de comunicación desde 1200 hasta 115.200 baudios pasando por todos los valores convencionales, también disponen de varias I/O que pueden ser configuradas para diferentes funciones. Los módulos XBee pueden ser programados a través de una hyperterminal y una interface serial con un MAX3232 y una serie de comandos llamados AT. El fabricante de los módulos también facilita al usuario un software de programación llamado X-CTU. Existen dos tipos de interfaces, serial y USB que pueden ser utilizadas para programar los módulos XBee con un software propietario llamado X-CTU; con este software podemos definir de una forma rápida todos los parámetros que queramos modificar en nuestros módulos.

En la figura 2 se puede observar la ventana del software X-CTU, con el cual se programan los módulos XBee y XBee PRO, basta con hacer click sobre cualquiera de los parámetros para introducir el valor deseado.

### **2.2.2. Comunicación XBEE**

Formas de comunicación de los módulos XBEE: Una es el modo transparente en la cual se comporta como un "cable wireless" de forma que el puerto serie puede ser transmitido como si de un cable se tratara. Esta es la forma sencilla donde puedes conectar dos dispositivos cuadrando su velocidad, es decir, si la aplicación trabaja a 19200 baudios se programará a esta velocidad a los XBee, para ello MaxStream pone a disposición una herramienta software gratuita (X-CTU). La segunda forma, se trata de utilizar la API que incorpora el microcontrolador de que dispone cada modulo XBee. En esta modalidad se puede generar una red de módulos XBee, se puede programar un XBee para que trabaje como repetidor de señal (hub) además de otras funciones que permiten a los desarrolladores tener ventajas en los protocolos de comunicación. Uno de ellos muy interesante es que el modulo que empleas como emisor/receptor, "dice" si el modulo al que quieres comunicar está disponible, es decir, devuelve una respuesta cada vez que intentas comunicar con otro modulo. Toda la comunicación se hace por medio de comandos AT, por lo demás es mucho más potente y fiable que muchos módulos comerciales para comunicación serie.

### **2.3. ARQUITECTURA DEL XBEE.**

La distribución de los pines de los Módulos de Radiofrecuencia XBee y XBee-PRO son compatibles entre sí, tal y como se muestran en la figura 2 y tabla 1:

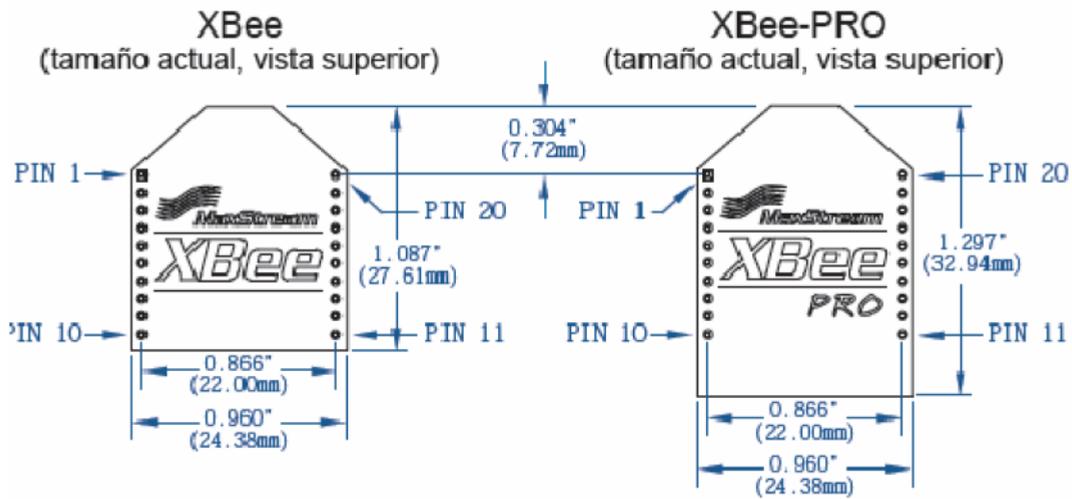


Figura II. 2 Arquitectura de XBee

Pin #	Name	Direction	Description
1	VCC	-	Power supply
2	DOUT	Output	UART Data Out
3	DIN / CONFIG	Input	UART Data In
4	DO8*	Output	Digital Output 8
5	RESET	Input	Module Reset (reset pulse must be at least 200 ns)
6	PWM0 / RSSI	Output	PWM Output 0 / RX Signal Strength Indicator
7	PWM1	Output	PWM Output. 1
8	[reserved]	-	Do not connect
9	DTR / SLEEP_RQ / DI8	Input	Pin Sleep Control Line or Digital Input 8
10	GND	-	Ground
11	AD4 / DIO4	Either	Analog Input 4 or Digital I/O 4
12	CTS / DIO7	Either	Clear-to-Send Flow Control or Digital I/O 7
13	ON / SLEEP	Output	Module Status Indicator
14	VREF	Input	Voltage Reference for A/D Inputs
15	Associate / AD5 / DIO5	Either	Associated Indicator, Analog Input 5 or Digital I/O 5
16	RTS / AD6 / DIO6	Either	Request-to-Send Flow Control, Analog Input 6 or Digital I/O 6
17	AD3 / DIO3	Either	Analog Input 3 or Digital I/O 3
18	AD2 / DIO2	Either	Analog Input 2 or Digital I/O 2
19	AD1 / DIO1	Either	Analog Input 1 or Digital I/O 1
20	AD0 / DIO0	Either	Analog Input 0 or Digital I/O 0

Tabla II. I. Distribución de pines tanto para los módulos XBee/XBee-PRO

Conexiones mínimas: VCC, GND, DOUT y DIN.

- Conexiones mínimas para la actualización del firmware: VCC, GND, DIN, DOUT, RTS y DTR.
- La dirección de la señal es especificada con respecto al módulo.
- El módulo incluye una resistencia pull-up de 50 K $\Omega$ , adjunta para RESET (activación en bajo).
- Varias de las entradas pull-ups pueden ser configuradas utilizando el comando PR.
- Los pines libres deben dejarse desconectados

Los módulos tienen 6 convertidores análogo-digital y 8 entradas digitales además de Rx y Tx., trabajan a 2.4 GHz y generan una red propia a la que se puede conectar o desconectar. Entre otras características a tener en cuenta hay que decir que son módulos microprocesados con lo cual tiene solucionados los problemas de fallo de trama, ruidos, etc. Los módulos, se comunican con un dispositivo RS232 a niveles TTL con lo cual la comunicación necesita un adaptador intermedio en el caso de un PC, pero pueden conectarse directamente a una placa de desarrollo.

## 2.4. VERSIONES DE LOS MÓDULOS XBEE

La figura 3 muestra los módulos XBEE, con alcance en interiores de hasta 30 metros y en exteriores el alcance es de hasta 100 mts, con antena dipolo; ahí también se puede observar los 3 diferentes tipos de XBEE.

Dimensiones: Ancho: 24.38 mm, Largo: 27.61 mm y de Alto de antena: 25 mm.

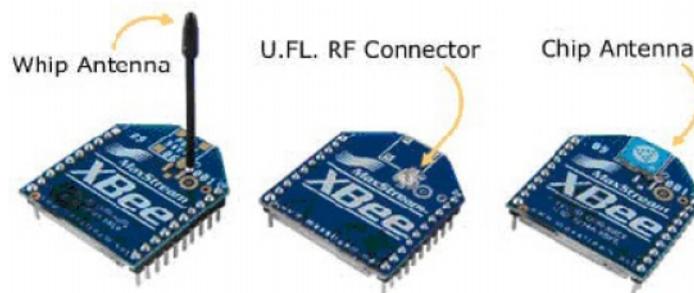


Figura II. 3 Módulos XBee.

En la figura 4 se muestran los módulos XBEE-PRO, con un alcance en interiores de hasta 100 mts y en exteriores el alcance es de hasta 1500 mts con antena dipolo, en la imagen se muestran los 3 diferentes tipos de XBEE PRO. Y sus dimensiones: Ancho: 24.38 mm, Largo: 32.94mm y de Alto de antena: 25 mm

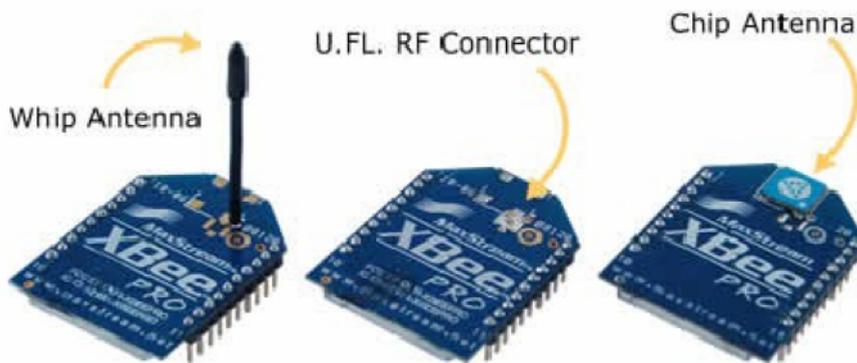


Figura II. 4 Módulos RF XBee PRO.

## 2.5. APLICACIONES DEL XBEE.

### 2.5.1. PLACAS DE DESARROLLO COMPATIBLES CON LOS MODULOS

En general los módulos de la serie, XBEE PRO permiten todas las ventajas de una red ZigBee.

Tarjetas de interfaz.

### 2.5.2. Tarjeta de Desarrollo para Módulos XBee (ZigBee) Básicos y PRO

Permite poner a funcionar los módulos XBee (figura 5), de inmediato. Solo conecta a una fuente de datos seriales RS232 a su PC y de inmediato comienza a transmitir y recibir información entre ellos. Diseñado para emplear los módulos XBee Básicos OEM y XBeePRO.



**Figura II. 5 Tarjeta de desarrollo XBee.**

Posee una interfaz serial completa DTS, RTS, TX, RX, etc., fuente regulada con protección de inversión de polaridad y una fuente regulada de 3VDC para la alimentación y protección de los módulos XBee. Tabla 2.

**Ficha Técnica**

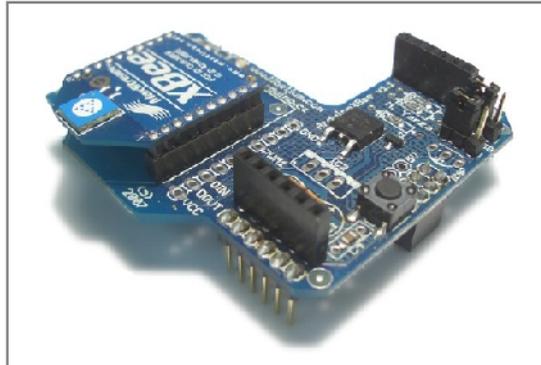
Dispone de ICD?	No
ICSP?	No
Firmware Actualizable?	Sí
Conexión del Programador	RS-232
Importa extensiones .hex?	Sí
Tipo de Socket	BAGE
Fuente de Poder	Baterías
No. de Pines	20
Voltaje de Funcionamiento	5VCD en comunicación. 3VDC en los módulos XBee
Fuente de Poder	Externa con Adaptador incluido
Medidas	95mm X 70mm
Contenido del Paquete	↳ Tarjeta de desarrollo ↳ Adaptador AC/DC ↳ Manual de usuario

**Tabla II. II.Ficha técnica de la tarjeta de desarrollo**

### 2.5.3. Placa XBee de Arduino

Placa para Arduino Diecimila USB (figura 6), que incorpora un módulo inalámbrico XBee de MaxStream. Usa un protocolo modificado de ZigBee y permite establecer

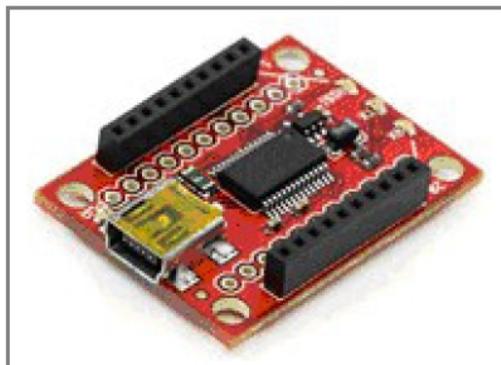
comunicaciones inalámbricas. Ésta placa encaja perfectamente en el Arduino Diecimila USB y se alimenta de ella.



**Figura II. 6 Placas Xbee**

#### **2.5.4. SFE XBEE EXPLORER USB**

El SFE XBee Explorer USB (figura 7), es muy simple de utilizar. Esta unidad trabaja con todos los módulos incluidos XBee las Series 1 y la Series 2.5, la versión estándar y Pro. Coloque el módulo XBee sobre la unidad del XBEE Explorador USB, conecte un cable mini USB, y usted tendrá acceso directo a la programación serial y a los pines en la unidad XBee.



**Figura II. 7 SFE Xbee USB**

### 2.5.5. Droids SAS XBee - DTE Serial Board (DB9)

La tarjeta de interfaz serial Droids SAS XBee – DTE (figura 8) ha sido diseñada para permitir una fácil y fiable conexión entre los módulos XBee y tus aplicaciones de Robótica. Los módulos XBee y XBeePRO son totalmente compatibles, incluso la nueva Serie 2 XBee es compatible. La construcción sólida y el regulador de tensión de alta potencia garantizan la máxima fiabilidad y el pleno rendimiento de los módulos XBee. Dos útiles LED permiten un control constante de la actividad de la tarjeta y una rápida solución de problemas. Tiene una salida de 3.3V, 3 LEDs de estado.



Figura II. 8 Interfaz Droids SAS XBee – DTE

### 2.5.6. Criterios para la Selección de módulos XBee

Se define como el cociente entre la tasa de cambio de valores de salida para el cambio de los valores de entrada.

**Linealidad.** Es la medida de la constancia de la tasa de salida con respecto a la entrada.

**Rango.** Es la medida de la diferencia entre el mínimo y el máximo valor medido.

**Tiempo de Respuesta.** Puede ser un tiempo fijo o depender de cuánto varíe la magnitud a medir. Depende de la capacidad del sistema para seguir las variaciones de la magnitud de entrada.

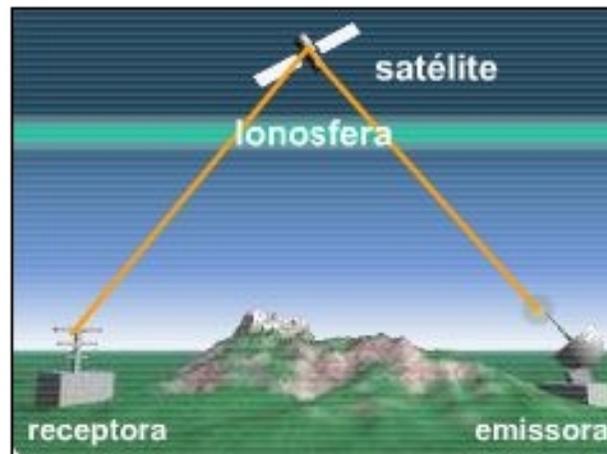
**Precisión.** Es el error de medida máximo esperado.

**Repetitividad.** Error esperado al repetir varias veces la misma medida.

**Resolución.** Mínima variación de la magnitud de entrada que puede apreciarse a la salida.

## 2.6. TRANSMISIÓN DE ONDAS DE RADIO

Las ondas electromagnéticas se propagan en línea recta. En consecuencia, si pretendemos enviar una señal de radio a larga distancia, dado que la Tierra tiene una superficie redondeada, la señal se alejará de la superficie de la Tierra y se perderá en el espacio. Sin embargo, las ondas de radio (figura 9) tienen la propiedad de reflejarse en las capas altas de la atmósfera, en concreto en la ionosfera.



**Figura II.9. Reflexión de las ondas en la ionosfera**

La primera vez que se realizó una transmisión de radio a larga distancia fue en 1901. Entonces se desconocía la existencia de la ionosfera. Fue Marconi quien dispuso un transmisor y un receptor a ambos lados del Atlántico, entre Cornualles en Inglaterra, y Terranova en Canadá. Tras el éxito del experimento, Oliver Heavyside, Kennelly

descubrieron la existencia de la ionosfera y sus propiedades como reflectante de señales de cierta banda de frecuencias.

La ionosfera (tabla 3) es la capa de la atmósfera situada entre los 90 y los 400 km de altura. Presenta la particularidad de que en ella los átomos se ionizan y liberan electrones por efecto de la luz solar. Según la concentración de iones, la ionosfera se puede dividir en varias capas, que se comportan de diferente forma ante la reflexión de las ondas. En cierto modo, al existir una nube electrónica en la ionosfera, esta se comporta como una pantalla para las señales eléctricas. No obstante, dependiendo de dicha concentración, existirá mayor o menor «blindaje» frente a las señales.

<b>Capa de Ionosfera</b>	<b>Características de la capa</b>	<b>Rango frecuencias que refleja</b>
<b>Capa D</b>	Capa apenas ionizada, únicamente refleja las frecuencias más bajas, debilitando las señales de frecuencias medias.	0-3 MHz
<b>Capas E-F</b>	Son dos capas de características similares, con igual comportamiento frente a las señales. Están situadas entre los 120 y 150 km, y reflejan las señales de frecuencia media. La reflexión de la señal depende de las variaciones en la concentración iónica entre el día, debido a la incidencia de la luz solar, y la noche, cuando decrece la concentración.	3-8 MHz
<b>Capa F'</b>	Es la capa más importante por la gran concentración de iones, cubriendo un espesor de hasta los 500 km.	8-15 MHz

**Tabla II. III. Características de las capas de la tierra**

Las ondas reflejadas en la ionosfera que vuelven a la Tierra pueden ser de nuevo emitidas hacia el espacio y sufrir una segunda reflexión en la ionosfera. De hecho, este proceso se puede repetir sucesivas veces, de manera que las ondas podrán salvar grandes distancias gracias a las continuas reflexiones. Incluso, si se emite una señal con potencia y frecuencia adecuada, es posible que las ondas circunden la Tierra.

Todas las frecuencias rebotan en la ionosfera. Las señales con frecuencias superiores a 15 MHz «escapan» a la reflexión de la atmósfera. El rango de las señales de alta frecuencia (HF), de muy alta frecuencia (VHF), de ultra-alta frecuencia (UHF), así como de frecuencias superiores como las microondas. Estas señales solo puede utilizarse para comunicaciones a corta distancia mediante estaciones terrestres repetidoras.

## 2.7. COMPONENTES DE UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN

En todo sistema de comunicación (figura 10) podemos distinguir los siguientes componentes:

- ✓ **Emisor:** es el elemento que transmite la información.
- ✓ **Receptor:** es el elemento que recibe la información.
- ✓ **Canal:** es el medio a través del cual tiene lugar el trasvase de información entre el emisor y el receptor.



Figura II.10. Sistema de comunicación

El emisor y el receptor pueden encontrarse a unos pocos metros de distancia o bien estar

alejados cientos e incluso miles de kilómetros, como ocurre en los sistemas de telecomunicaciones vía satélite o en los vuelos espaciales.

## **2.8. COMUNICACIÓN INALÁMBRICA**

La comunicación inalámbrica (wireless) en esta comunicación (Ex/Rx) no se encuentran unidos por un medio de propagación físico, se utiliza la modulación de ondas electromagnéticas a través del espacio. En este sentido, los dispositivos físicos sólo están presentes en los emisores y receptores de la señal, entre los cuales encontramos: antenas, computadoras portátiles, PDA, teléfonos móviles, etc.

### **2.8.1. Aspecto histórico y generalidades**

La comunicación inalámbrica, que se realiza a través de ondas de radiofrecuencia, facilita la operación en lugares. Las redes cableadas presentan ventaja en cuanto a transmisión de datos sobre las inalámbricas. Mientras que las cableadas proporcionan velocidades de hasta 1 Gbps (Red Gigabit), las inalámbricas alcanzan sólo hasta 108 Mbps.

Se puede realizar una “mezcla” entre inalámbricas y alámbricas, de manera que pueden funcionar de la siguiente manera: que el sistema cableado sea la parte principal y la inalámbrica sea la que le proporcione movilidad al equipo y al operador para desplazarse con facilidad en distintos campos (almacén u oficina).

Redes a larga distancia son las Redes públicas de Conmutación por Radio. Estas redes no tienen problemas en pérdida de señal, debido a que su arquitectura está diseñada para soportar paquetes de datos en vez de comunicaciones por voz.

Las transmisiones inalámbricas constituyen una eficaz herramienta que permite la transferencia de voz, datos y vídeo sin la necesidad de cableado. Esta transferencia de información es lograda a través de la emisión de ondas de radio teniendo dos ventajas: movilidad y flexibilidad del sistema en general.

En general, la tecnología inalámbrica utiliza ondas de radiofrecuencia de baja potencia y una banda específica, de uso libre para transmitir, entre dispositivos.

### **2.8.2. Campos de Utilización**

La tendencia a la movilidad y la difusión hacen que cada vez sean más utilizados los sistemas inalámbricos, y el objetivo es ir evitando los cables en todo tipo de comunicación, no solo en el campo informático sino en televisión, telefonía, seguridad, etc.

### **2.8.3. Algunos problemas asociados con la tecnología inalámbrica**

Los hornos de microondas utilizan radiaciones en el espectro de 2,45 Ghz. Es por ello que las redes y teléfonos inalámbricos que utilizan el espectro de 2,4 Ghz. pueden verse afectados por la proximidad de este tipo de hornos, que pueden producir interferencias en las comunicaciones. Otras veces, este tipo de interferencias provienen de una fuente que no es accidental. Mediante el uso de un perturbador o inhibidor de señal se puede dificultar e incluso imposibilitar las comunicaciones en un determinado rango de frecuencias.

### **2.8.4. Equipo inalámbrico**

Son los equipos de punto de acceso que normalmente vienen con antena omni 2 Dbi, muchas veces desmontables, en las cuales se puede hacer enlaces por encima de los 500 metros y

además se pueden interconectar entre sí. No debe haber obstáculos para que la señal sea excelente, ya que esto interfiere en la señal y puede haber problemas en la conexión.

## **2.9. RED INALÁMBRICA**

El término red inalámbrica (Wirelessnetwork) en inglés es un término que se utiliza en informática para designar la conexión de nodos sin necesidad de una conexión física (cables), ésta se da por medio de ondas electromagnéticas. La Tx. y la Rx. se realizan a través de puertos.

Una de sus principales ventajas es notable en los costos, ya que se elimina todo el cable Ethernet y conexiones físicas entre nodos, pero también tiene una desventaja considerable ya que para este tipo de red se debe de tener una seguridad mucho más exigente y robusta para evitar a los intrusos. En la actualidad las redes inalámbricas son una de las tecnologías más prometedoras.

### **2.9.1. Categorías**

Existen dos categorías de las redes inalámbricas.

1. **Larga distancia:** estas son utilizadas para distancias grandes como puede ser otra ciudad u otro país.
2. **Corta distancia:** son utilizadas para un mismo edificio o en varios edificios cercanos no muy retirados.

### **2.9.2. Aplicaciones**

✓ Las bandas más importantes con aplicaciones inalámbricas, del rango de frecuencias que abarcan las ondas de radio, son la VLF (comunicaciones en navegación y submarinos), LF (radio AM de onda larga), MF (radio AM de onda media), HF (radio AM de onda corta), VHF (radio FM y TV), UHF (TV).

- ✓ Mediante las microondas terrestres, existen diferentes aplicaciones basadas en protocolos como Bluetooth o ZigBee para interconectar ordenadores portátiles, teléfonos u otros aparatos. También se utilizan las microondas para comunicaciones con radares (detección de velocidad u otras características de objetos remotos) y para la televisión digital terrestre.
  
- ✓ Las microondas por satélite se usan para la difusión de televisión por satélite, transmisión telefónica a larga distancia y en redes privadas, por ejemplo.
  
- ✓ Los infrarrojos tienen aplicaciones como la comunicación a corta distancia de los ordenadores con sus periféricos. También se utilizan para mandos a distancia, ya que así no interfieren con otras señales electromagnéticas, por ejemplo la señal de televisión. Uno de los estándares más usados en estas comunicaciones es el IrDA (*Infrared Data Association*). Otros usos que tienen los infrarrojos son técnicas como la tomografía, la cual permite determinar la temperatura de objetos a distancia.

## **2.10. MOTORES**

Un motor eléctrico es una máquina eléctrica que transforma energía eléctrica en energía mecánica por medio de interacciones electromagnéticas.

### **2.10.1. Servo Motores HITEC HS-311**

Es un aparato destinado a vencer grandes resistencias, mediante la amplificación de fuerzas aplicadas, relativamente más pequeñas; que consta de dos bombines hidráulicas. El servomotor (figura 11) fue diseñado como un actuador mecánico en cualquier sistema de servomecanismo que tiene por objeto llevar al sistema a una lectura cero, es decir la señal de

error se redujo a cero, y existen dos tipos de servomotores, de corriente directa y de corriente alterna.



Figura II.11.Servomotor

Sus características fundamentales para cd y ca se basaron en lo siguiente: la primera radicó en que el par de salida del motor sea aproximadamente proporcional a su voltaje de control aplicado y la segunda se basa en el hecho de que la dirección del par éste determinada por la polaridad instantánea del voltaje de control. El servomotor de dc campo controlado es aquel donde el par que produjo este motor es cero cuando el amplificador de error de dc no le suministra excitación de campo, y si se invierte la polaridad del campo, se invierte la dirección del motor.

### 2.10.1.1. Características

<b>Velocidad:</b>	0.23 seg/60 grados (260 grados/seg)
<b>Par de salida:</b>	3.7 Kg-cm
<b>Dimensiones:</b>	40 x 20 x 37 mm
<b>Peso:</b>	43 gr
<b>Frec. PWM:</b>	60Hz (20ms)
<b>Rango giro:</b>	180 grados

Tabla II. IV.Características de las capas de la tierra

### 2.10.1.2. Control

Los servos se controlan aplicando una señal PWM por su cable de control. Las señales PWM (Pulse Width Modulation), Modulación por anchura de pulso (figura 12) son digitales (pueden valer 0 ó 1) y permiten que usando un único pin de un microcontrolador podamos posicionar el servo. Esto es una gran ventaja, porque si por ejemplo, disponemos de un micro con 8 pines de salida, podremos posicionar 8 servos.

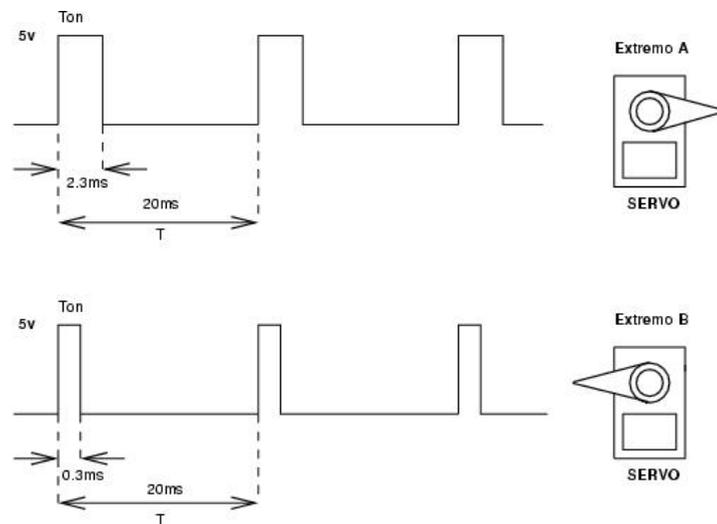


Figura II. 12. Ancho de Pulso

Cuando se deja de enviar la señal, el servo entra en un estado de reposo, y por tanto se podrá mover con la mano. Mientras se le aplique la señal, permanecerá fijado en su posición, haciendo fuerza para permanecer en ella.

### 2.10.1.3. Conexión

El servo (figura 13) dispone de un conector al que llegan tres cables. El rojo es el de alimentación (4.5-6 voltios). El negro es masa. Y el blanco es el de la señal de control

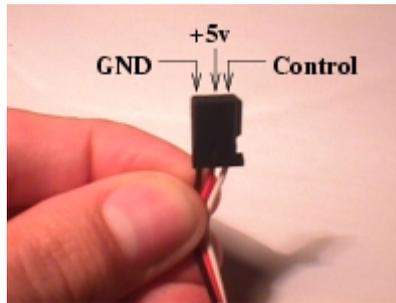


Figura II. 13. Conexión del Servo

#### 2.10.1.4. Driver de Potencia para Control de Motores

La etapa de potencia es el elemento que hace de intermediario entre las partes mecánicas y electrónicas. La necesidad de usar esta etapa intermedia radica en la escasa capacidad para suministrar corriente, ya que por sí sola no sería capaz de mover los motores. El método más sencillo para lograr la intensidad requerida es mediante el uso de un transistor de cierta potencia funcionando como un interruptor controlado por la señal lógica emitida, es lo que comúnmente llamamos driver de corriente; de este modo, el circuito digital sólo enciende y apaga el transistor, siendo este el que enciende y apaga el motor.

La mayor parte de los dispositivos electromecánicos son inductivos, como es el caso de los motores, por lo que la corriente en ellos no puede variar de forma instantánea, tendiendo a mantener durante unos instantes la corriente en circulación tras la apertura del circuito, pudiendo generarse una chispa capaz de dañar el elemento que realizó la desconexión. Para evitar esto, se añade un diodo de protección a fin desahogar la corriente residual producida por el elemento inductivo.

## **CAPÍTULO III**

---

### **3. INVESTIGACIÓN DEL MODULO VRBOT**

#### **3.1. INTRODUCCIÓN**

Se trata de un módulo para el reconocimiento de voz. Estas voces pueden estar predefinidas y grabadas internamente. Se dice que son voces independientes del micrófono (SI). También puede grabar y reconocer voces definidas por el propio usuario y en cualquier idioma. En este caso se tratan de voces dependientes del micrófono (SD), que se supone previamente han sido “enseñadas” y grabadas en la memoria interna del módulo. Esta guía está realizada a partir de la documentación que facilita el fabricante y trata de explicar las prestaciones y recursos del módulo VRbot.

VRbot., puede ser programado tanto en ensamblador como en C para la familia demicrocontroladoresPIC16F88X. Programados S.L., aunque pueden ser fácilmente adaptables a cualquier otra plataforma o lenguaje de programación.

## **3.2. Aplicaciones**

Son numerosas las posibles aplicaciones del módulo de reconocimiento VRbot. Algunas sugerencias:

- Sistemas de control de propósito general que se deseen gobernar mediante voz
- Automatización de aplicaciones en el ámbito doméstico
- Control de acceso por voz
- Sistemas robóticos controlados por voz

## **3.3. Características**

Se pueden destacar las más relevantes:

- Tiene 23 comandos y voces pre-programados (SI) en: en inglés, italiano, japonés y alemán
- Hasta 32 comandos y sus voces definidas por el usuario (SD) en cualquier idioma.
- Los comandos y voces SD se pueden organizar en hasta 16 grupos
- Se dispone de un interface gráfico de usuario (GUI) para Windows que permite una rápida familiarización con el uso del módulo.
- El módulo se puede conectar fácilmente con cualquier tipo de controlador mediante una sencilla comunicación serie.
- Dispone de un potente protocolo de comandos para el desarrollo de cualquier aplicación basada en el reconocimiento de voz.
- Alimentación de 3.3V a 5V

### **3.3.1. Presentación**

El módulo Vrobot (figura 14) se presenta totalmente montado y comprobado junto con los cables de alimentación, comunicación y micrófono, tal y como se muestra:



Figura III. 14. Módulo Vrobot.

### 3.3.2. Especificaciones técnicas

La figura 15 muestra las dimensiones físicas del módulo Vrobot.

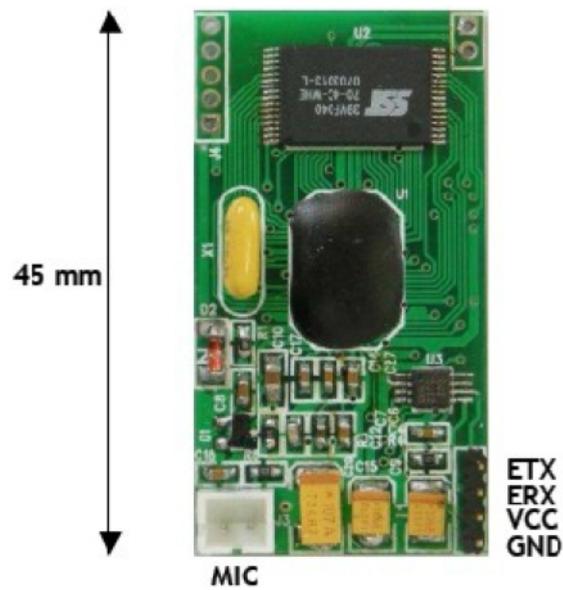


Figura III. 15. Distribución de señales del Vrobot

En la tabla 5 y 6 se explican la disposición de las señales.

Pin N°	NOMBRE	TIPO	DESCRIPCION
1	GND	-	Tierra
2	VCC	I	Entrada de alimentación
3	ERX	I	Recepción de datos serie con niveles TTL
4	ETX	O	Transmisión de datos serie con niveles TTL

Tabla III. V. Distribución de señales.

SIMBOLO	PARAMETRO	Mín.	Típ.	Máx	UNIDAD
VCC	Tensión de alimentación	3.3	5	5.5	V
Ta	Temperatura ambiente de trabajo	0	25	7'	°C
ERX	Recepción de datos serie	0	-	VCC	V
ETX	Transmisión de datos serie	0	-	VCC	V
Is	Consumo en el modo sleep		<1		mA
Io	Consumo en el modo normal de operación		12		mA

Tabla III. VI. Resumen las características eléctricas:

### 3.4. GUI: EL INTERFACE GRAFICO DE USUARIO

El VRbot GUI. Se trata de un interface gráfico de usuario que permite utilizar y analizar de forma rápida, eficaz y sencilla todas las funciones del módulo de reconocimiento VRbot.

Su instalación en el PC es muy sencilla y lo único que hay que realizar son las conexiones adecuadas de las señales ETX, ERX y alimentación. Se recuerda que las señales de comunicación de datos son compatibles con niveles de tensión TTL por lo que NO se pueden conectar directamente al puerto COM del PC. Hay que realizar el clásico circuito para la adaptación de niveles TTL a RS232, mediante el conocido circuito MAX2323 como se muestra en la figura 16.

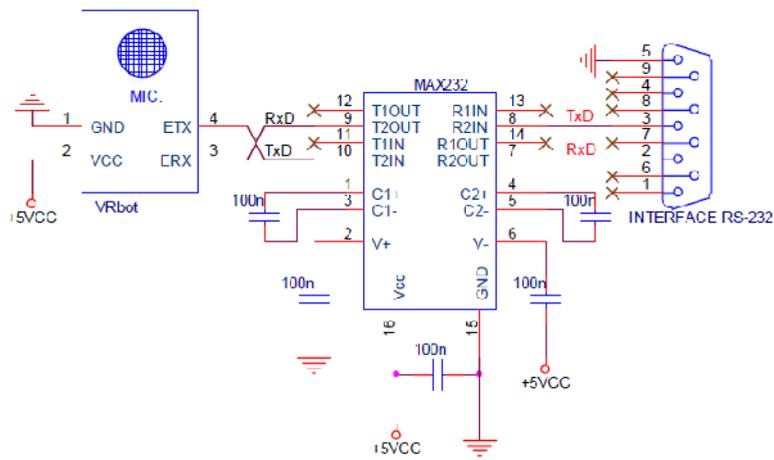


Figura III. 16. Interface de TTL a RS232 mediante el MAX232.

USB-Serial interface RS232 con el que está dotado. El mismo laboratorio también dispone de la alimentación de +5VCC necesaria. Así, en la figura 17 se muestra las conexiones realizadas y, en la figura 18, se muestra una fotografía del montaje.

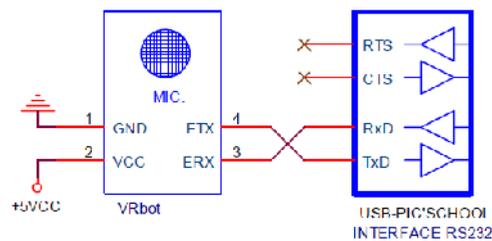


Figura III. 17. Esquema de conexiones

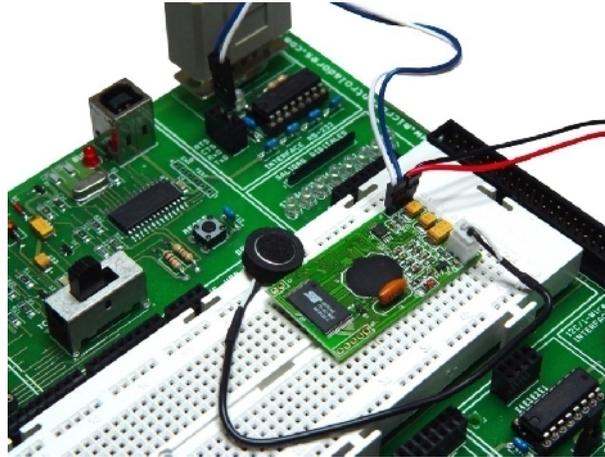


Figura III. 18. Montaje práctico del Vrobot

### 3.5. Estableciendo la comunicación

Una vez instalado el programa VRbot GUI y realizadas las conexiones eléctricas entre el módulo y el COM del PC, ejecutamos la aplicación. Nos aparecerá una área de trabajo como la mostrada en la figura 19.

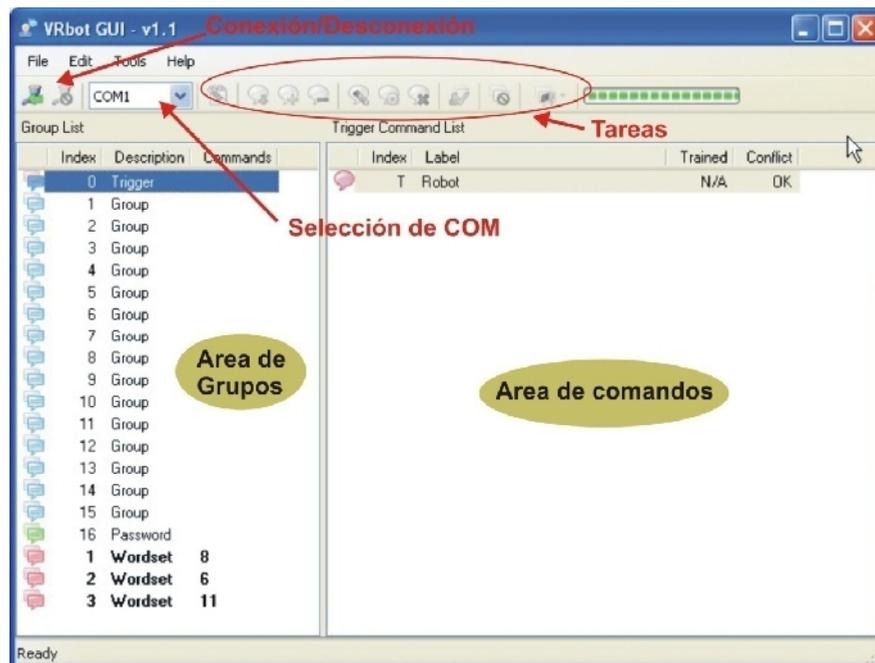


Figura III. 19. El área de trabajo

En la parte superior central existen una serie de botones con las diferentes tareas que podemos realizar con el módulo: añadir/editar/borrar comandos, enseñanza de las voces asociadas a los comandos, reconocimiento de esas voces, etc. Cada vez que se establece la comunicación el software VRbot GUI lee el contenido del módulo en su totalidad y lo traslada a las diferentes áreas de trabajo: el área de grupos y el área de comandos.

### 3.5.1. Las voces SI pre definidas

Vienen grabadas de fábrica y no pueden ser modificadas. Pueden ser reconocidas en 4 idiomas diferentes: Inglés, Italiano, Japonés y Alemán. Están almacenadas en los grupos llamados Trigger, Wordset 1, Wordset 2 y Wordset 3. La tabla 7 muestra los grupos con las etiquetas o comandos (y sus voces) que contienen y para visualizarlas basta con seleccionar, en el área de grupos, el grupo deseado.

Trigger	Wordset 1	Wordset 2	Wordset 3
0 ROBOT	0 ACTION	0 LEFT	0 ZERO
	1 MOVE	1 RIGHT	1 ONE
	2 TURN	2 UP	2 TWO
	3 RUN	3 DOWN	3 THREE
	4 LOOK	4 FORWARD	4 FOUR
	5 ATTACK	5 BACKWARD	5 FIVE
	6 STOP		6 SIX
	7 HELLO		7 SEVEN
			8 EIGHT
			9 NINE
			10 TEN

Tabla III. VII. Grupos con las etiquetas o comandos

### 3.5.2. Reconocimiento de voces pre definidas SI.

- ✓ Seleccionamos, mediante el botón “Set Language”, el idioma deseado: Inglés (por defecto), Italiano, Japonés o Alemán (elige el que mejor pronuncies).

- ✓ Seleccionamos el grupo en que se encuentran las voces a reconocer, por ejemplo el Wordset.
- ✓ Mediante el botón “Test Group” iniciamos el reconocimiento.
- ✓ Dictamos cualquiera de las voces disponibles en el grupo seleccionado.
- ✓ Si la voz es reconocida, la etiqueta o comando asociada a ella quedará resaltada.
- ✓ Repetir el proceso con diferentes voces de ese grupo o de cualquier otro.
- ✓ Si una vez se inicia el proceso de reconocimiento, se tarda un cierto tiempo en dictar la voz, aparecerá un mensaje de rebasamiento del tiempo “*Timeout expired*”.

En la figura 20 se muestra el resultado de reconocer una voz. En primer lugar en el área de grupos aparece resaltado el grupo Wordset 3 seleccionado. En el área de datos aparece resaltada en verde la etiqueta o comando correspondiente a la voz pronunciada (p.e. “FIVE”) que ocupa la posición 5 del grupo seleccionado.

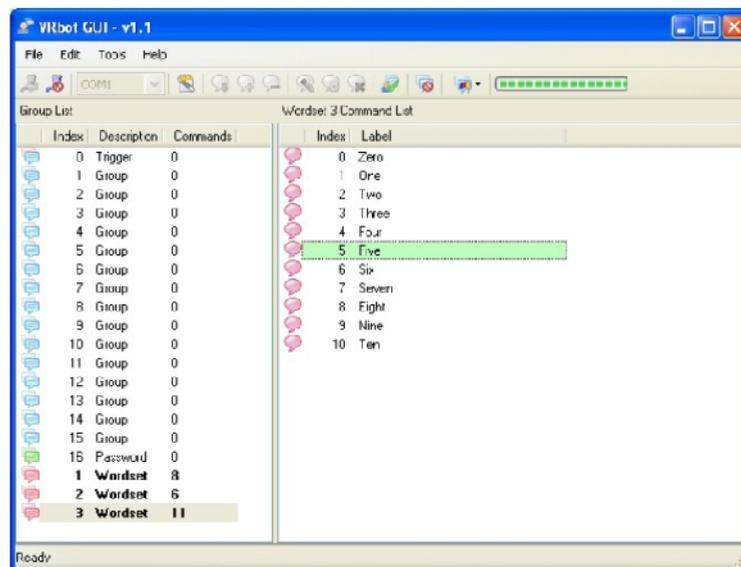


Figura III. 20. Reconocimiento de una voz

### 3.5.3. Las voces SD definidas por el usuario

Son las que puede grabar el usuario en cualquier idioma para luego ser reconocidas. El máximo de voces admitidas es de 32 y pueden ser organizadas en diferentes grupos según convenga. **Edición de etiquetas y comandos.**

Como ya se ha comentado, una etiqueta o comando no es más que una cadena ASCII que posteriormente se asociará a una voz de forma que, cuando esta sea reconocida, el sistema nos responda con ese comando asociado. En primer lugar vamos a crear o editar una serie de comandos. Para ello:

- ✓ Seleccionamos el grupo deseado (p.e. el “Group 1”)
- ✓ Mediante el botón “Add Command” y/o “Insert Command” vamos añadiendo todas las etiquetas o comandos deseados. Proponemos que sean los mostrados en la figura 21
- ✓ Podemos emplear los botones “Remove Command” y/o “Rename Command” para borrar y/o **renombrar (reeditar) una etiqueta o comando cualquiera de la lista.**
- ✓ Para las etiquetas o comandos sólo se admiten los caracteres ASCII de la A a la Z en mayúsculas.
- ✓ Se puede apreciar que a cada comando se le asigna un número que se corresponde con la posición o índice de ese comando respecto al grupo en que se encuentra.
- ✓ En el área de grupos, el grupo seleccionado, va representando el número de comandos que contiene según se van añadiendo.
- ✓ Repetir el proceso para editar los comandos que se muestran en la figura 21 y que se introducen en el grupo 16. Estos grupos y comandos asociados serán empleados en los ejemplos de programación.

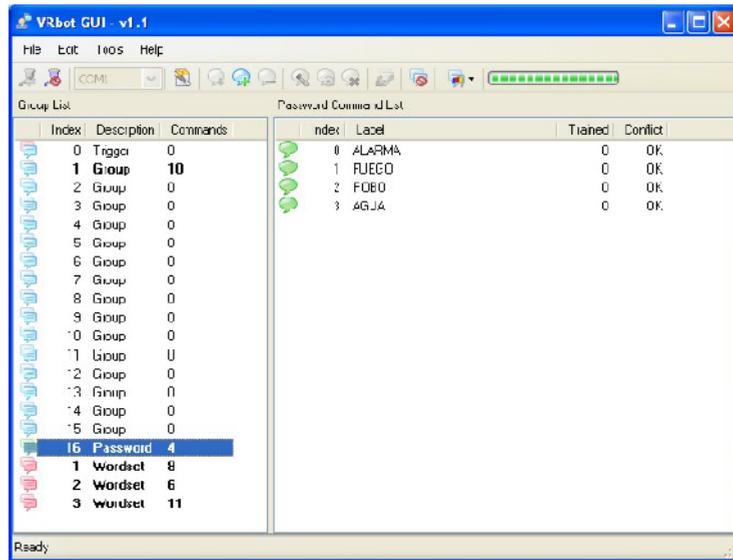


Figura III. 21. Edición de comandos

## **CAPÍTULO IV**

---

### **4. MICROCONTROLADORES**

#### **4.1. Introducción**

En el año de 1980 aproximadamente, los diferentes fabricantes de circuitos integrados iniciaron la difusión de un nuevo circuito para control, medición e instrumentación al que llamaron microcomputador en un sólo chip o de manera más exacta Microcontrolador.

El microcontrolador es un circuito integrado que contiene toda la estructura de un microcomputador o microprocesador, o sea CPU, RAM, ROM y circuitos de entrada y salida. En la actualidad existen microcontroladores más especializados que poseen además convertidores análogos digital, temporizadores, contadores y un sistema para permitir la comunicación en serie y en paralelo; pudiendo crear aplicaciones ilimitadas con los microcontroladores, todo dependerá del diseño y las funciones que debe realizar.

### 4.1.1. Definición de Microcontrolador

Microcontrolador (figura 22) se lo describe como un dispositivo electrónico capaz de llevar a cabo diferentes procesos lógicos que le permiten cumplir una determinada meta u objetivo. Dichos procesos o acciones son programados en lenguaje ensamblador o un lenguaje de alto nivel por el usuario, y son introducidos en este a través de un determinado programador hacia el microcontrolador para que realice las acciones o procesos para los cuales fue programado. Al ser el microcontrolador un sistema cerrado, todas las partes del procesador están contenidas en su interior y sólo salen al exterior las líneas que gobiernan los periféricos.

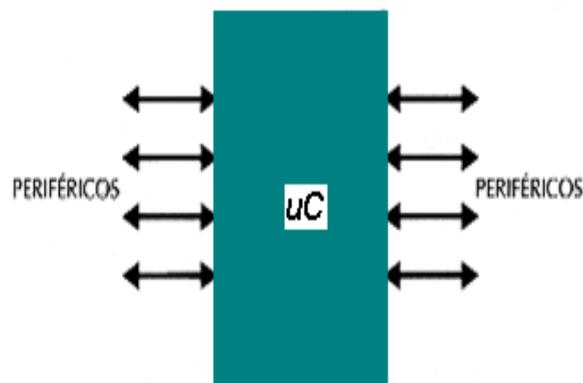


Figura VI. 22. Microcontrolador y Periféricos

### 4.1.2. Características de los Microcontroladores

Entre las principales características que gobiernan a un microcontrolador se enumeran las siguientes:

- ✓ La arquitectura del procesador sigue el modelo Harvard permitiendo a la CPU acceder simultáneamente a las dos memorias.

- ✓ La segmentación permite al procesador realizar al mismo tiempo la ejecución de una instrucción y la búsqueda del código de la siguiente. De esta forma se puede ejecutar cada instrucción en un ciclo.
- ✓ Todas las instrucciones de los microcontroladores de la gama baja tienen una longitud de 12 bits. Las de la gama media tienen 14 bits y más las de la gama alta. Esta característica es muy ventajosa en la optimización de la memoria de instrucciones y facilita enormemente la construcción de ensambladores y compiladores.
- ✓ Todas las instrucciones son ortogonales es decir cualquier instrucción puede manejar cualquier elemento de la arquitectura como fuente o como destino.
- ✓ Arquitectura basada en un “banco de registros”, esto significa que todos los objetos del sistema (puertas de E/S, temporizadores, posiciones de memoria, están implementados físicamente como registros.

### **4.1.3. Tipos de Arquitecturas de Microcontroladores**

Las diferentes arquitecturas se presentan a continuación:

### **4.1.4. Arquitectura Von Neumann**

Esta arquitectura ha sido tradicional de computadoras y microprocesadores está basada en la arquitectura Von Neumann (figura 23), en la cual la unidad central de proceso (CPU), está conectada a una memoria única donde se guardan las instrucciones del programa y los datos. El tamaño de la unidad de datos o instrucciones está fijado por el ancho del bus que comunica la memoria con la CPU.

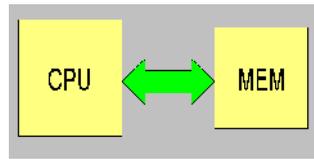


Figura VI. 23. Arquitectura Von Neumann

## 4.2. Arquitectura Harvard

La arquitectura Harvard (figura 24) se la describe como la unidad central de proceso (CPU) conectada a dos memorias (una con las instrucciones y otra con los datos) por medio de dos buses diferentes. Una de las memorias contiene solamente las instrucciones del programa (Memoria de Programa), y la otra sólo almacena datos (Memoria de Datos). Ambos buses son totalmente independientes y pueden ser de distintos anchos.

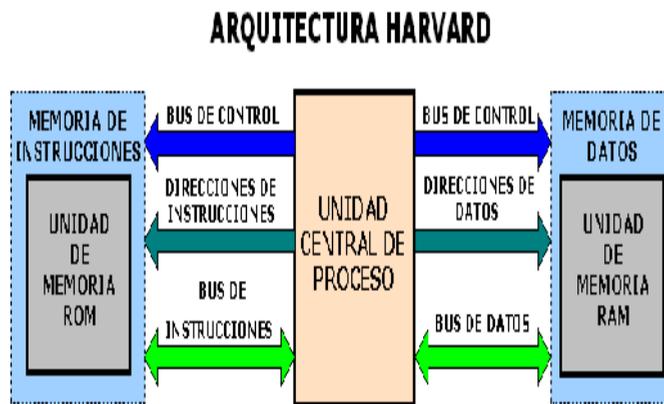


Figura VI. 24. Arquitectura Harvard

## 4.3. Las Gammas de Pic

Los microcontroladores se han agrupado dependiendo de sus capacidades y características, a continuación se muestra la forma como están distribuidos los mismos.

#### 4.4. Gama Enana PIC12C (F) XXX

Se trata de un grupo de PIC que en su aparición había acaparado la atención del mercado electrónico. Su principal característica fue su reducido tamaño, al disponer todos sus componentes de 8 patitas (figura 25). Se alimentan con un voltaje de corriente continua comprendido entre 2,5 V y 5,5 V, y consumen menos de 2 mA cuando trabajan a 5 V y 4 MHz de ciclo de reloj. El formato de sus instrucciones puede ser de 12 o de 14 bits y su repertorio es de 33 o 35 instrucciones, respectivamente.

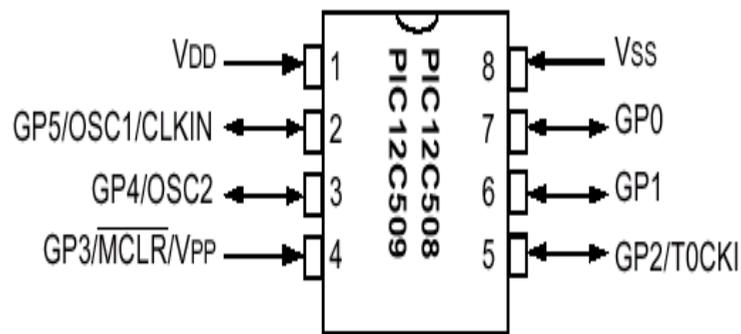


Figura VI. 25. Diagrama de conexiones de los PIC12Cxxx de la gama enana.

Aunque los PIC de gama enana sólo tienen 8 patitas, pueden destinar hasta 6 como líneas de E/S para los periféricos porque disponen de un oscilador interno R-C, con el cual trabajan.

#### 4.5. Gama Baja PIC16C5X

Se trata de una serie de PIC de recursos limitados, pero con una de las mejores relaciones costo/prestaciones. Sus versiones están encapsuladas con 18 y 28 patitas (figura 26) y pueden alimentarse a partir de una tensión de 2,5 V, lo que les hace ideales en las aplicaciones que funcionan con pilas teniendo en cuenta su bajo consumo (menos de 2 mA a 5 V y 4 MHz), con un repertorio de 33 instrucciones cuyo formato consta de 12 bits. No admiten ningún tipo de interrupción y la Pila sólo dispone de dos niveles.

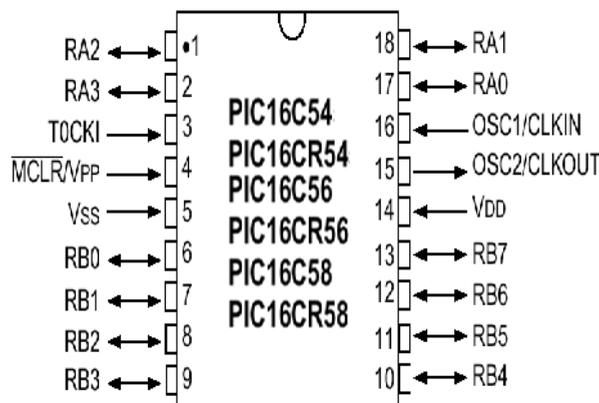


Figura VI. 26. Diagrama de conexiones de los PIC16C54/56 de la gama baja

#### 4.6. Gama Media PIC16CXXX

Es la gama más variada y completa de estos microcontroladores, la misma, abarca diferentes modelos con encapsulado desde 18 pines hasta los 68 pines (figura 27), cubriendo variadas opciones que integran abundantes periféricos y dispositivos de entrada y salida.

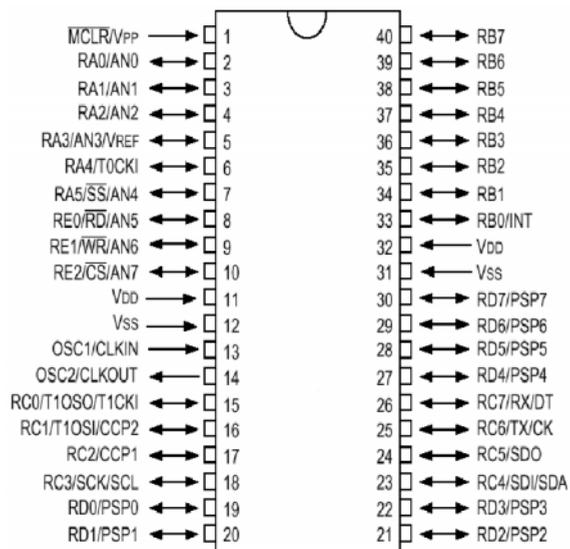


Figura VI. 27. Diagrama de conexiones del PIC16C74, de la gama media

Al tener mayor cantidad de pines se puede controlar mayor cantidad de dispositivos con un solo chip, todo dependerá de la capacidad de memoria del mismo y de la forma de

programación con la que se haya realizado dicho programa de control. En esta gama sus componentes añaden nuevas prestaciones a las que poseían los de la gama baja, haciéndoles más adecuados en las aplicaciones complejas. Admiten interrupciones, poseen comparadores de magnitudes analógicas, convertidores A/D, puertos serie y diversos temporizadores.

#### **4.7. Gama Alta PIC17CXXX**

Se alcanzan las 58 instrucciones de 16 bits en el repertorio y sus modelos disponen de un sistema de gestión de interrupciones vectorizadas muy potente. También incluyen variados controladores de periféricos, puertas de comunicación serie y paralelo con elementos externos, un multiplicador hardware de gran velocidad y mayores capacidades de memoria, que alcanza los 8 k palabras en la memoria de instrucciones y 454 bytes en la memoria de datos. Quizás la característica más destacable de los componentes de esta gama es su arquitectura abierta, que consiste en la posibilidad de ampliación del microcontrolador con elementos externos.

#### **4.8. Herramientas para el desarrollo de aplicaciones**

Para el desarrollo de las diferentes funciones que realiza el microcontrolador existen diferentes programas que facilitan el desarrollo de las mismas, las principales herramientas de ayuda al desarrollo de sistemas basados en microcontroladores son:

#### **4.9. Ensamblador**

La programación en lenguaje ensamblador permite desarrollar programas muy eficientes, ya que otorga al programador el dominio absoluto del sistema, aunque este lenguaje por su larga forma de programación ha sido reemplazo por lenguajes de alto nivel que permiten realizar

la programación de forma más rápida y eficiente. Al ser el primer tipo de lenguaje que se utilizó sigue siendo usado para la enseñanza y aprendizaje del manejo de microcontroladores, ya que el programador decide qué tipo de lenguaje utilizar para el desarrollo de su aplicación.

#### **4.10. Compilador**

La programación en un lenguaje de alto nivel (como el C) permite disminuir el tiempo de desarrollo de una determinada aplicación. No obstante, si no se programa con cuidado, el código resultante puede ser mucho más ineficiente que el programado en ensamblador.

Es por ello que se utiliza un determinado compilador que depende del lenguaje de alto nivel con el que estemos programando, el cual nos ayuda a determinar si las sentencias de dicho código están correctamente escritas o caso contrario procede a señalar el error.

#### **4.11. Simulador**

Son capaces de ejecutar en un PC programas realizados para el microcontrolador. Los simuladores permiten tener un control absoluto sobre la ejecución de un programa, siendo ideales para la depuración de los mismos. Su gran inconveniente es que es difícil simular la entrada y salida de datos del microcontrolador. Tampoco cuentan con los posibles ruidos en las entradas, pero, al menos, permiten el paso físico de la implementación de un modo más seguro y menos costoso, puesto que ahorraremos en grabaciones de chips para la prueba.

## 4.12. Programador

Es un dispositivo físico o hardware que es conectado a un PC con el cual se permite grabar en el microcontrolador el programa desarrollado, el diseño del mismo depende del software que se utilice para su manejo.

Existen diferentes tipos de programadores los mismos que tienen conexión a la PC mediante el puerto paralelo, el puerto serial o el puerto USB necesarios para la comunicación con el microcontrolador.

## 4.13. Paquetes IDE

Actualmente existen paquetes de software denominados "Entornos de Desarrollo Integrado", IDE, que suelen funcionar bajo Windows y que incluyen editores de texto para el ensamblador o el compilador, permiten la simulación del programa y también pueden integrar el control de emuladores y programadores de dispositivos.

## 4.14. Métricas Para Elegir Un Microcontrolador

Entre las características que ofrecen los microcontroladores se debe tomar en cuenta para su elección:

- ✓ **Sencillez de programación, manejo y grabación:** El encapsulado se recomienda que sea de tipo DIP para facilitar el modo de grabación y realizar las pruebas en un Bread Board.
- ✓ **Capacidad de Memoria:** El microprocesador debe tener la memoria de programa (Memoria Flash) en un rango entre 16 Kb y 32 Kb.
- ✓ **Alta velocidad**

- ✓ **Bajo precio:** Esta métrica tiene gran importancia para que permita introducir al mercado el producto con mayor facilidad.
- ✓ **Disponibilidad:** Se refiere a la facilidad de encontrarlo en nuestro país.
- ✓ **Tamaño:** El factor más importante.

#### 4.15. Estudio de la mejor alternativa de microcontrolador.

Aplicamos el Método Ponderado para elegir los microcontroladores. Para lo cual asignamos pesos o valores para la ponderación de 1 a 10 (tabla 8).

<b>Métricas o factores</b>	<b>Valores para la ponderación</b>	<b>Ponderación</b>
Programación, manejo y grabación	10	0.23
Velocidad	8	0.19
Memoria	7	0.16
tamaño	10	0.23
Bajo precio y disponibilidad	8	0.19
<b>Total</b>	43	1.00

**Tabla IV. VIII. Asignación cuantitativa para las métricas**

Asignamos calificaciones o costos según la información presentada de los microcontroladores (tabla 9).

<b>Factor</b>  <b>Alternativa</b>	<b>Sencillez, manejo y programación</b>	<b>Velocidad</b>	<b>Memoria</b>	<b>Tamaño</b>	<b>Bajo precio y disponibilidad</b>
16f628A	8	7	7	10	8
16F877A	8	8	8	8	7
PIC17CXXX	8	9	9	6	5

**Tabla IV. IX. Calificaciones y costos**

Con la información de la tabla 9 obtenemos la matriz de puntos para determinar los microcontroladores adecuados, de la tabla 10 determinamos que los microcontroladores adecuados para el proyecto son el PIC16F628A y el PIC16F877A.

<b>Factores</b>	<b>Ponderación</b>	<b>16F628A</b>		<b>16F877A</b>		<b>17CXXX</b>	
		<b>Calif</b>	<b>Calif. P</b>	<b>Calif.</b>	<b>Calif. P</b>	<b>Calif.</b>	<b>Calif. P</b>
Sencillez, manejo y programación	0.23	8	1.84	8	1.84	8	1.84
Velocidad	0.19	7	1.33	8	1.52	8	1.52
Memoria	0.16	7	1.12	8	1.28	9	1.38
Tamaño	0.23	10	2.3	8	1.81	6	1.21
Bajo precio y disponibilidad	0.19	8	1.52	7	1.54	5	1.10
<b>total</b>			<b>8.11</b>		<b>7.99</b>		7.05

**Tabla IV. X. Matriz de puntos**

Por consiguiente se ha elegido Pic16F628A para el transmisor y el Pic16F877A para el receptor

## 4.16. MICROCONTROLADOR 16F628A



Figura VI. 28. Encapsulado del PIC 16f628

### 4.16.1. Principales características

- ✓ Set de instrucciones reducido (RISC). Sólo 35 instrucciones.
- ✓ Las instrucciones se ejecutan en un sólo ciclo de máquina excepto los saltos que requieren 2 ciclos.
- ✓ Opera con una frecuencia de reloj de hasta 20 MHz (ciclo de máquina de 200 ns)
- ✓ Memoria de programa: 2048 posiciones de 14 bits.
- ✓ Memoria de datos: Memoria RAM de 224 bytes (8 bits por registro).
- ✓ Memoria EEPROM: 128 bytes (8 bits por registro).
- ✓ Stack de 8 niveles.
- ✓ 16 Terminales de I/O que soportan corrientes de hasta 25 mA.
- ✓ 3 Timers.
- ✓ Módulos de comunicación serie, comparadores, PWM.

#### 4.16.2. Características especiales:

- ✓ La memoria de programa se puede reescribir hasta 1000 veces.
- ✓ La memoria EEPROM se puede reescribir hasta 1000000 de veces.
- ✓ Los datos almacenados en la memoria EEPROM se retienen por 40 años y no se borran al quitar la alimentación al circuito.
- ✓ 10 fuentes de interrupción, algunas de ellas son:
  - Señal externa (RB0).
  - Desborde de TMR0 y TMR1.
- ✓ Cambio en el estado de los terminales RB4, RB5, RB6 o RB7.
- ✓ Ciclo de escritura en la memoria EEPROM completado

#### 4.17. Descripción de los terminales

##### 4.17.1. Terminales de entrada-salida (16 en total)

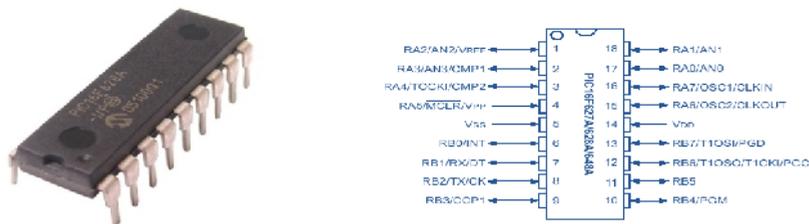


Figura VI. 29. Diagrama de pines 16F628

##### 4.17.2. PORTA: RA0-RA7:

- ✓ Los terminales RA0-RA3 y RA6 – RA7 son bidireccionales y manejan señales TTL.
- ✓ El terminal RA5 es una entrada Schmitt Trigger que sirve también para entrar en el modo de programación cuando se aplica una tensión igual a Vpp (13,4V mínimo).

- ✓ El terminal RA4 como entrada es Schmitt Trigger y cómo salida es colector abierto. Este terminal puede configurarse como reloj de entrada para el contador TMR0.

#### **4.17.3. PORTB: RB0-RB7:**

- ✓ Los terminales RB0-RB7 son bidireccionales y manejan señales TTL.
- ✓ Por software se pueden activar las resistencias de pull-up internas, que evitan el uso de resistencias externas en caso de que los terminales se utilicen como entrada (permite, en algunos casos, reducir el número de componentes externos).
- ✓ RB0 se puede utilizar como entrada de pulsos para provocar una interrupción proveniente del exterior.
- ✓ RB4-RB7 están diseñados para detectar la interrupción por cambio de estado, por ejemplo, cuando se pulsa una tecla de un teclado matricial.

#### **4.17.4. Otros terminales**

- ✓ VDD: Positivo de alimentación. 2 a 5,5 Vcc.
- ✓ VSS: Negativo de alimentación.
- ✓ MCLR: Master Clear (Reset). Si el nivel lógico de este terminal es bajo (0 Vcc), el microcontrolador permanece inactivo.
- ✓ OSC1/CLKIN: Entrada del oscilador (cristal). Entrada de oscilador externo.
- ✓ OSC2/CLKOUT: Salida del oscilador (cristal).

### **4.18. Aspecto Interno del PIC 16F628**

Nuestro PIC pertenece a la familia de la gama media con una compactación de código superior a la de sus competidores, incorpora tres características de avanzada que son:

- ✓ Procesador tipo RISC (Computadores de Juego de Instrucciones Reducido).
- ✓ Procesador segmentado.
- ✓ Arquitectura HARVARD.

Con estos recursos el PIC es capaz de ejecutar instrucciones solamente en un ciclo de instrucción, salvo las de salto, que tardan el doble. El juego de instrucciones se reduce a 35 y sus modos de direccionado se ha simplificado al máximo.

Con la estructura segmentada se pueden realizar simultáneamente las dos fases en que se descompone cada instrucción. Al mismo tiempo que se está desarrollando la fase de ejecución de una instrucción se realiza la fase de búsqueda de la siguiente. La separación de los dos tipos de memoria son los pilares de la arquitectura Harvard, gracias a esto se puede acceder en forma simultánea e independiente a la memoria de datos y a la de instrucciones.

Al tener memorias separadas permite que cada una de ellas tenga el ancho y tamaño más adecuado. De esta manera en el PIC 16F628A el ancho de los datos es de un byte, mientras que la de las instrucciones es de 14 bits.

Otra característica de los PICs 16F628A es el manejo de los bancos de registros, los cuales participan de forma muy activa cuando se ejecutan las instrucciones. En línea general, los registros se clasifican como de uso general (GPR – General Purpose Registers) y los especiales (SFR – Special Function Registers).

Los registros de uso general pueden ser usados a voluntad por el usuario, sin existir restricciones. Pueden servir para almacenar resultados que se reciben desde el registro W (works), datos que provienen de las puertas de entradas, etc.

Los registros de uso específicos no pueden ser usados como los anteriores. La verdad, que son ellos los que controlan prácticamente todo el funcionamiento de los microcontroladores, pues toda la configuración necesaria para el perfecto funcionamiento del microcontrolador es hecho a través de algún tipo de SFR.

#### **4.19. El Procesador**

El procesador responde a la arquitectura RISC, que se identifica porque el juego de instrucciones se reduce a 35, donde la mayoría se ejecutan en un ciclo de reloj, excepto las instrucciones de salto que necesitan dos ciclos.

La ALU (Unidad Aritmético Lógica), ubicada dentro del procesador efectúa las operaciones lógicas - aritméticas con dos operandos, uno que recibe desde el registro W (registro de trabajo) y otro que puede provenir de cualquier registro o del propio código de la instrucción. El resultado de la operación puede almacenarse en cualquier registro o en el propio W.

#### **4.20. La Memoria de Datos**

Formada por dos bloques bien diferenciados:

- ✓ El primero, es una memoria del tipo RAM (SRAM), dividida en cuatro bancos, los cuales contienen los registros de uso general (GPR), y los registros de uso específicos (SFR).
- ✓ Los registros especiales SFR ocupan los primeros 32 lugares de cada banco.
- ✓ Los registros generales GPR son 224 de 8 bits cada uno, y se pueden acceder de forma directa o indirecta a través del registro FSR.
- ✓ El segundo, es una memoria EEPROM, que puede almacenar datos que no se deseen perder una vez que se quita la alimentación, su acceso está controlado por unos registros especiales.

- ✓ Esta memoria es del tipo SRAM, formado por registros de 8 bits y organizada en dos áreas:
- ✓ Registros de funciones especiales, controlan el funcionamiento del dispositivo.
- ✓ Registros de propósito general, sirven para guardar datos temporalmente mientras se ejecuta el programa.

La memoria a su vez se divide en cuatro bancos (banco 0 al banco 3), para cambiar de banco se utilizan los bits 5 y 6 (RP0 y RP1 respectivamente) del registro STATUS.

## **4.21. Direccionamiento de la Memoria de Datos.**

### **4.21.1. Direccionamiento Directo:**

Es el modo más empleado. El operando que utiliza la instrucción en curso se referencia mediante su dirección, que viene incluida en el código OP de la misma, concretamente en los 7 bits de menos peso.

### **4.21.2. Direccionamiento Indirecto:**

En este modo se emplea los registros INDF (posición 00h de la memoria de datos) y el registro FSR (File Select Register ubicado en la posición 04h de la memoria de datos).

La forma que funciona el direccionamiento indirecto es que la dirección de memoria del registro al que se accede se introduce en el registro FSR. Los 7 bits de menos peso apuntan la posición y de más peso, junto con el bit IRP del registro STATUS, seleccionan el banco. Este modo permite acceder a 256 direcciones. Cuando se quiere acceder a un registro cuya

dirección esta almacenada en el registro FSR, se usará el registro INDF. Este registro no está implementado físicamente, por lo que no se accede directamente a él.

Por ejemplo; la instrucción: movwf INDF, esta instrucción traslada el contenido del registro W al registro apuntado por FSR.

### **4.21.3. La memoria de Programa.**

Es una memoria no volátil de tipo Flash, lo que permite que se borre y escriba eléctricamente. En el PIC16F628A se pueden almacenar hasta 2048 instrucciones de 14 bits cada uno.

## **4.22. El Reloj**

Para que el PIC pueda procesar las instrucciones, es necesario un reloj cuya frecuencia es parámetro fundamental en el momento de establecer la velocidad de ejecución de las instrucciones y en el consumo de energía. El tiempo en que tarda en ejecutarse una instrucción se llama ciclo de la instrucción.

En los PICs, un ciclo de instrucción emplea 4 períodos de reloj. Todas las instrucciones del PIC se realizan en un ciclo de instrucción, salvo las de salto, que tardan el doble. El PIC 16F628A posee 8 formas de configurar al oscilador. Un circuito RC como oscilador brinda una solución económica. El tipo LP empleado en aplicaciones de bajo consumo. El modo XT solo usa un cristal, el HS emplea cristales de alta velocidad. Por último el oscilador interno INTOSC configurable a alta o baja velocidad.

Los microcontroladores PIC(Peripheral Interface Controller), son fabricados por la empresa MICROCHIP Technology INC. Cuya central se encuentra en Chandler Arizona, esta empresa ocupa el primer lugar en venta de microcontroladores de 8 bits desde el año

2002. Su gran éxito se debe a la gran variedad (más de 180 modelos), gran versatilidad, gran velocidad, bajo costo, bajo consumo de potencia, y gran disponibilidad de herramientas para su programación.

### 4.23. MICROCONTROLADOR 16F877A.

En la elaboración de esta tesis se utilizó el microcontrolador 16F877A, a continuación describiremos las características del microcontrolador, el mismo que es uno de los elementos primordiales es la base del modulo de adquisición de datos y el que interpreta las ordenes desde el pulsador, en la figura 30 se muestra los pines del PIC.

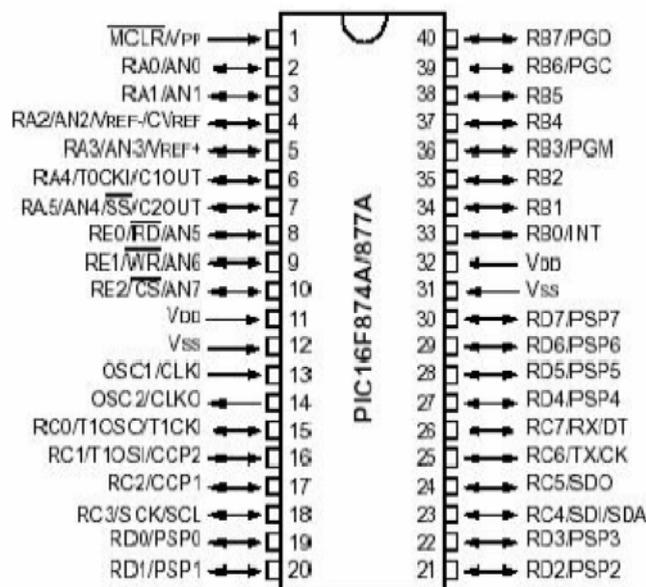


Figura VI. 30. Pines del PIC 16F877A

Obviamente no todos los pines fueron utilizados en el PIC16F877A, solamente los necesarios. Los pines correspondientes a la alimentación, oscilador de cristal de 20 MHz, tierra, y algunos pines correspondientes al Puerto B.

En la Figura 31, se muestra la Arquitectura Interna del PIC 16F877A.

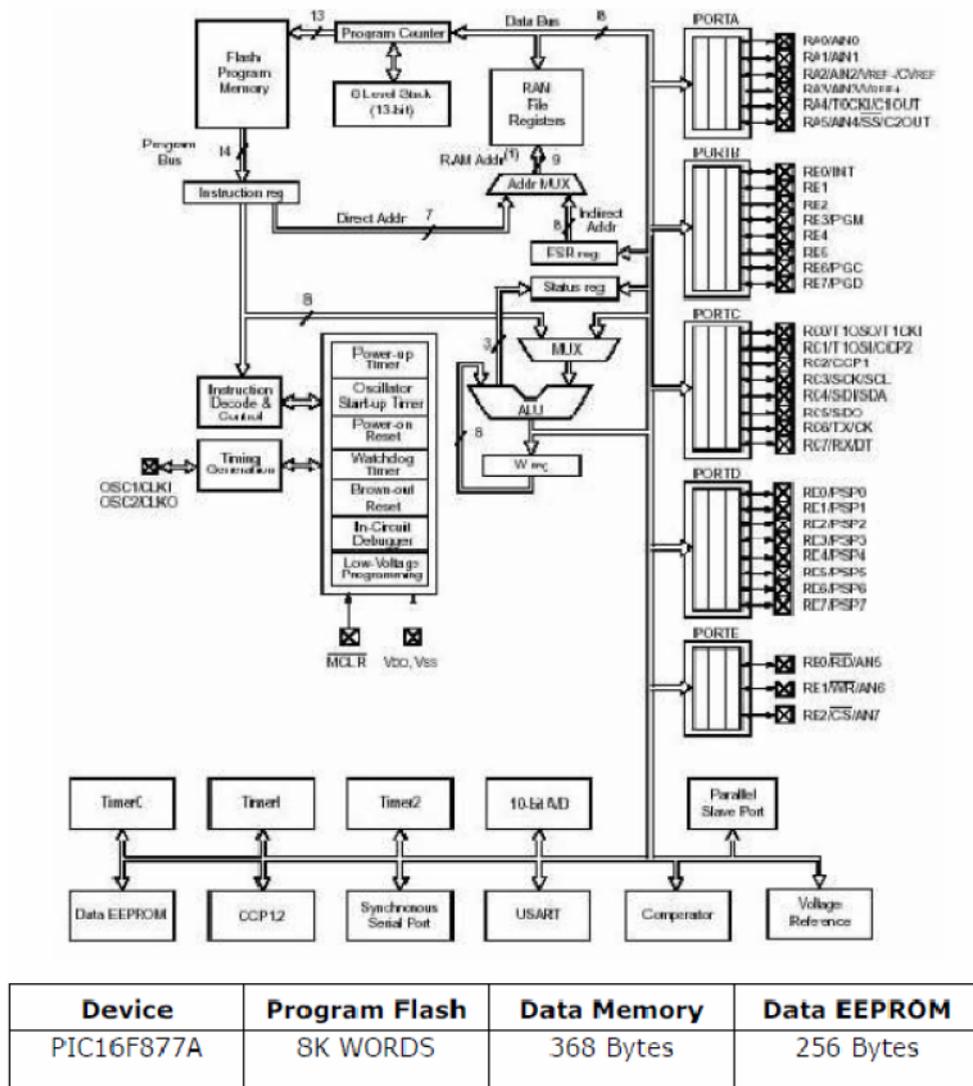


Figura VI. 31. Arquitectura Interna del Pic 16F877A.

#### 4.23.1. Puertos paralelos de entrada / salida del Pic 16f877a.

El circuito integrado PIC16F877 posee 5 puertos de entrada / salida, denominados PORTA, PORTB,..., PORTE, configuradas para trabajar como entradas o como salidas a selección del programador.

### 4.23.2. Puerto A (Porta)

El puerto A posee 6 líneas bidireccionales, los 3 registros asociados a este puerto son:

Registro PORTA (05H). Registro de estado del Puerto A. Cada uno de los 6 bits menos significativos (RA5,..., RA0) de este registro están asociados a la línea física correspondiente del puerto. Al hacer una lectura este registro se lee el estado de todas las patitas del puerto. Todas las escrituras al registro son operaciones del tipo “lee modifica escribe”, es decir, toda escritura al puerto implica que el estado de las patitas es leído, luego es modificado y posteriormente se escribe en la figura 32, se muestra el Registro PORTA

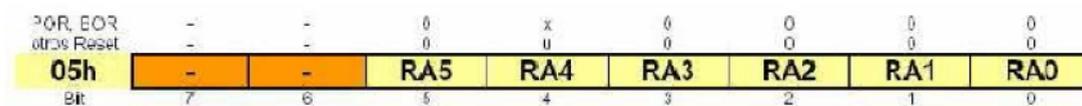


Figura VI. 32. Registro PORTA (05H).

Registro TRISA (85H). Cada bit de este registro configura la dirección en que fluye la Información de la patita correspondiente del puerto A, así, para  $k = 0,1,\dots,5$ . Bit  $k$  de TRISA = 1 configura la patita  $RA_k$  del puerto A como Entrada Bit  $k$  de TRISA = 0 configura la patita  $RA_k$  del puerto A como Salida en la figura 33. Se muestra el Registro TRISA (85H).



Figura VI. 33. Registro TRISA (85H).

Todas las patitas del puerto A poseen diodos de protección conectados a Vdd (contra altos voltajes de entrada) y a Vss (contra voltajes negativos) además, manejan niveles de entrada tipo TTL y como salidas se comportan como drivers tipo CMOS. Excepto la patita RA4, la cual como entrada posee un Disparador Schmitt y como salida es de Drenaje abierto, además RA4 sólo posee un diodo de protección conectado a Vss.

Registro ADCON1 (9FH). Las patitas RA0, RA1, RA2, RA3 y RA5 están multiplexadas con las entradas analógicas AN0,..., AN4, de manera que antes de utilizarlas debemos configurar si serán usadas como entradas analógicas o como entradas/salidas digitales.

### **4.23.3. Puerto B (Portb)**

El puerto B es un puerto digital de 8 bits, todas sus patitas son bidireccionales y trabaja en forma similar al puerto A. Tiene tres registros asociados: El registro de datos PORTB, el registro de dirección de los datos TRISB y el registro OPTION\_REG.

Registro PORTB (06H, 106H). Los ocho bits que contiene reflejan directamente el estado de las ocho patitas del puerto B RB0,..., RB7.

Registro TRISB (86H, 186H). En forma similar a TRISA, al poner un 0 en un bit de TRISB se configura la patita RB correspondiente como salida y al poner un 1 en un bit de TRISB se configura la patita RB correspondiente como entrada.

Las Patitas RB4,..., RB7. Estas cuatro patitas del puerto B tienen la capacidad de generar una solicitud de interrupción a la CPU cuando están configuradas como entradas. El estado de estas patitas es comparado con el último estado que tenían durante la última lectura a PORTB, los bits que indican que hay una diferencia entre estos valores por cada patita están

conectados a una puerta OR cuya salida activa el bit RBIF del registro INTCON solicitando con esto una interrupción.

Esta interrupción es especialmente útil para despertar al dispositivo de su estado de SLEEP cuando alguna de las cuatro líneas es activada, por ejemplo, en respuesta a la presión de una tecla. Esta característica de solicitud de interrupción cuando se detecta un cambio junto con las resistencias “pullup” configurables para estas cuatro patitas, las hacen ideales para Descripción Detallada del PIC16F877 el manejo de teclados en dispositivos portátiles que requieren “dormirse” durante largos ratos para economizar baterías y “despertarse” cuando una tecla es presionada. En las siguientes figuras se muestra el alambrado interno de las patitas del puerto B.

#### **4.23.4. Puerto C (Portc)**

El puerto C consta de 8 líneas bidireccionales. Trabaja en forma similar a los dos puertos anteriores y tiene asociados los registros:

Registro PORTC (07H). Es el registro de datos cuyos 8 bits RC7, RC6,..., RC0 reflejan directamente el valor lógico de las líneas físicas del puerto C.

Registro TRISC (87H). Registro de control de dirección de las líneas del puerto C. Poniendo un 1 en un bit del registro TRISC se configura la línea correspondiente como entrada y poniendo un 0 se configura la línea correspondiente como salida.

#### **4.23.5. Puertos D y E.**

El Puerto D es un puerto de 8 líneas configurables como entradas o salidas mediante el registro **TRISD** (88H) y cuyas líneas pueden ser acezadas mediante el registro **PORTD** (08H). Cuando se configuran como entradas éstas poseen un disparador Schmitt.

El Puerto E sólo posee 3 líneas configurables como entradas o salidas mediante el los 3 bits menos significativos del registro **TRISE** (89H). Sus líneas pueden ser acezadas mediante los 3 bits menos significativos del registro **PORTE** (09H).

El Puerto D puede configurarse para trabajar simultáneamente con sus 8 bits como un puerto esclavo (Parallel Slave Port) de comunicación paralela bidireccional con líneas de protocolo proporcionadas por las tres líneas del Puerto E, para ello se deberá activar el bit PSPMODE (TRISE<4>).

#### **4.23.6. Puerto Serie Usart.**

La USART (Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter) es uno de los dos periféricos contenidos en el PIC que le permiten realizar comunicación en serie. El otro es el MSSP (Master Synchronous Serial Port).

La USART, también conocida como SCI (Serial Communications Interface) puede configurarse como una unidad de comunicación en serie para la transmisión de datos asíncrona con dispositivos tales como terminales de computadora.

#### 4.24. Configuración de la Usart del Pic 16F877A.

La USART del PIC puede ser configurada para operar en tres modos:

- ✓ Modo Asíncrono (full duplex (transmisión y recepción simultáneas)).
- ✓ Modo Síncrono – Maestro (half dúplex).
- ✓ Modo Síncrono – Esclavo (half dúplex).

En este modo Asíncrono la USART usa un formato estándar NRZ asíncrono, el cual para la sincronización usa: 1 bit de inicio (I), 8 o 9 bits de datos y 1 bit de paro (P). Mientras no se están transmitiendo datos la USART envía continuamente un bit de marca. El modo asíncrono se selecciona limpiando el bit SYNC del registro TXSTA (98H). Cada dato es transmitido y recibido comenzando por el LSB (bits menos significativos)

#### 4.25. Proceso de Conversión Analógico/Digital.

En la figura 34, se muestra el diagrama de tiempo y los eventos que tienen lugar durante el proceso de una conversión analógico / digital.

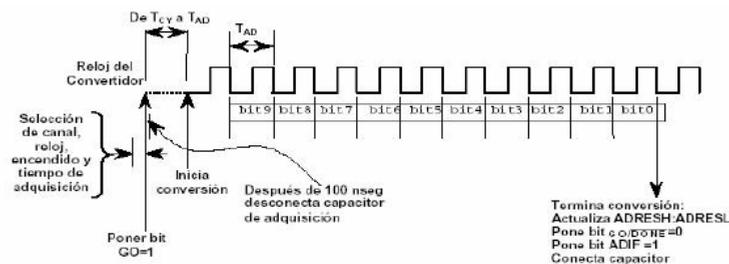


Figura VI. 34. Conversión Analógico/Digital del PIC 16F877A.

#### 4.26. Registros de Control del Convertidor A/D del Pic 16F877A.

Los registros de control relacionados con la operación del convertidor, son los siguientes Registro ADCON0 (1Fh) y Registro ADCON1 (9Fh). En la figura 35 se muestra la estructura de los Registros de Control del convertidor A/D.



Figura VI. 35. Registros de Control del convertidor A/D del PIC 16F877A.

#### 4.27. Los Registros de Resultados del Convertidor A/D del Pic 16f877a

El par de registros ADRESH: ADRESL (1Eh:9Eh) son cargados con el dato (D) resultante de una conversión analógico / digital al terminar ésta. Cada uno de estos registros es de 8 bits, por lo tanto, juntos pueden guardar hasta 16 bits. Sin embargo, como el resultado D es de 10 bits, el módulo de conversión A/D permite justificarlo (alinearlo) en la parte izquierda o derecha de los 16 bits disponibles, para elegir alguna de las dos opciones se usa el bit ADFM (ADCON1<7>) como se muestra en la siguiente figura 36.

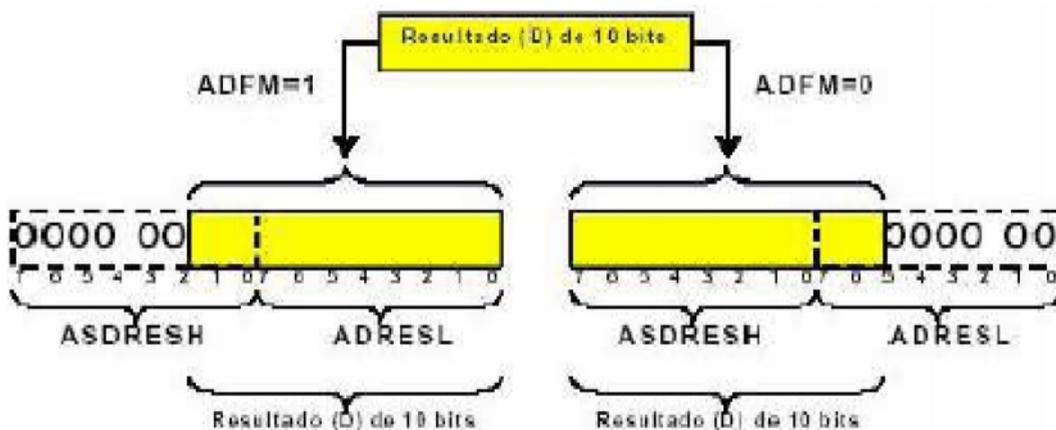


Figura VI. 36. Registros de Resultados del Convertidor A/D

#### 4.28. El Módulo Temporizador del Pic 16F877A.

Este módulo consta de tres contadores/temporizadores denominados TMR0, TMR1 y TMR2, dos módulos CCP (Captura, Comparación y PWM (Modulación de ancho de pulso) denominados CCP1 y CCP2.

Módulo	Características
<b>TMR0</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- TMR0 es un Contador/Temporizador de 8 bits.</li><li>- Leíble y escribible.</li><li>- Reloj interno o externo.</li><li>- Selección de flanco activo en el reloj externo.</li><li>- Solicitud de interrupción opcional en el desbordamiento (de FFh a 00h)</li></ul>
<b>TMR1</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- TMR1 es un Contador/Temporizador de 16 bits</li><li>- Leíble y escribible</li><li>- Reloj interno o externo</li><li>- Solicitud de interrupción opcional en el desbordamiento</li><li>- Re inicialización opcional desde los módulos CCP</li></ul>
<b>TMR2</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- TMR2 es un Contador/Temporizador de 8 bits</li><li>- Dispone de un registro de periodo de 8 bits (PR2)</li><li>- Leíble y escribible</li><li>- Solicitud de interrupción opcional al coincidir TMR2 y PR2</li><li>- Posibilidad de generar impulsos al módulo SSP (puerto serie síncrono)</li></ul>
<b>CCP1 y CCP2</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Modo de captura</li><li>- Modo de comparación</li><li>- Modo PWM (modulación de ancho de pulso)</li></ul>

Tabla IV. XI.Modulo del Temporizador del PIC 16F877A.

## **CAPÍTULO V**

---

### **5. TÉCNICAS DE ENTRENAMIENTO DEL PING PONG**

#### **5.1. INTRODUCCION**

En sus comienzos el Tenis de Mesa era simplemente un juego pasivo, siendo los jugadores defensivos y limitándose a enviar la pelota por encima de la red. En estos primeros tiempos, tanto el corte de derecha como el de izquierda eran los golpes más empleados. Se ejecutaban desde cerca de la línea de fondo de la mesa.

La modificación de la altura de la red y la aparición de la denominada Regla de Activar hicieron posible la práctica de los golpes de ataque y el paso del juego pasivo a un lugar secundario.

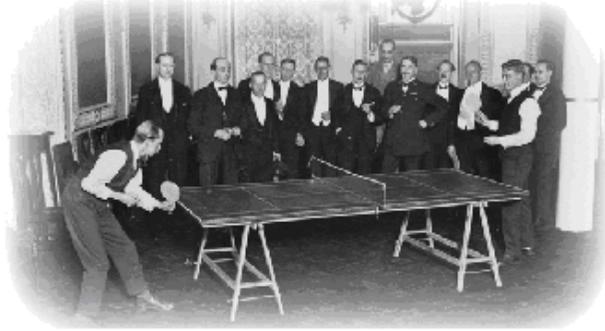
Los cortes de derecha y de revés practicados cerca de la línea de fondo de la mesa (a unos 50 cm.) se han convertido en la actualidad en un elemento técnico pasivo que sirve para impedir que el adversario ejecute golpes de ataque y al mismo tiempo para crear unas condiciones favorables que permitan ejecutar un juego activo.

## **5.2. HISTORIA**

El tenis de mesa no tiene un origen claro y concreto. Parece ser que surgió casi por casualidad en algún club de tenis del Reino Unido, durante la década de 1870, en un día lluvioso en el que no se podía jugar en el exterior, entonces idearon una especie de tenis en miniatura, utilizando una mesa de billar. En 1891, James Gibb utilizó una mesa de madera dividida por una red sujeta por unos pequeños postes y jugando a 21 puntos, utilizaba pelotas de goma; poco después, el propio Gibb encontró en Estados Unidos unas pelotas pequeñas de celuloide que tuvieron mucho éxito. James llamó a este juego "gossima" y Wiames Gibb sugirió el nombre de "ping pong" por el sonido que hacía la pelota al impactar con las raquetas y con la mesa. Sin embargo, este nombre se registró como marca comercial en Estados Unidos, por lo que, finalmente, se optó por la denominación actual de "tenis de mesa".

En 1901 se celebraron en Inglaterra los primeros torneos y se constituyó la Asociación Inglesa de Ping Pong, que cambió su denominación en 1927, por Asociación Inglesa de Tenis de Mesa. En 1922 este nuevo deporte ya se conocía en Suecia, Francia, Gales, Centro Europa, etc. En 1926, en Londres, se constituyó la Federación Internacional de Tenis de Mesa (International Table Tennis Federation, ITTF), emprendiendo la tarea de organizar el primer Campeonato del Mundo, en el que participaron Hungría, Austria, Inglaterra, India, País de Gales, Checoslovaquia y Alemania. El primer vencedor fue el húngaro R. Jacobi. La

participación femenina fue muy baja, pues se redujo a catorce jugadoras: 11 inglesas, 2 austríacas y 1 húngara.



**Figura V. 37. Primeros campeonatos Ping Pong**

El nombre, se utiliza ping-pong cuando se habla de juego para afición a tenis de mesa cuando los jugadores lo practican de manera más técnica o profesional.

## **5.3. TECNICAS**

### **5.3.1. Introducción**

Muy pocos son los que se dedican a los debutantes, esperando que el jugador sepa para entonces entrenarlo, lo que tiene el fallo de que el jugador esté viciado en sus golpes y movimientos, siendo muy difícil corregirlo. Indudablemente se nota el jugador que ha tenido en sus inicios un entrenador que le enseñe la técnica básica. Lo ideal es que un entrenador se dedique como máximo a diez jugadores, pues aparte de enseñarles en la mesa, debe de conocer lo mejor posible, tanto en su carácter como en otras facetas de su vida, pues esto le facilitará la enseñanza, siendo muy difícil que se pueda dedicar con éxito a un número más elevado. Cada mesa debe admitir como máximo a cuatro jugadores, pues un número mayor dificultará notablemente los entrenamientos.

### 5.3.2. La superficie de juego

La mesa de juego es una superficie rectangular de 2,74 m de largo por 1,52 m de ancho, elevada a 0,76 m del suelo (figura 38). Puede ser de cualquier material, pero debe cumplir ciertas características básicas, como ser completamente plana y de color oscuro (generalmente azul o verde), uniforme y mate; y debe proporcionar un bote de 23 cm cuando se deja caer una pelota desde una altura de 30 cm.

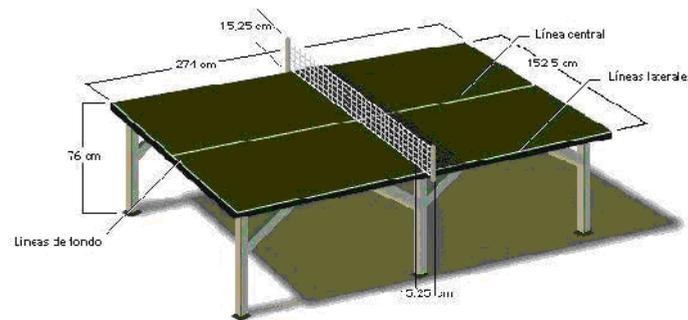


Figura V. 38. Medidas mesa de ping pong

Está delimitada por sus cuatro lados por una línea de 2 cm de ancho, y una línea central de 3 cm de anchura, paralela a las líneas laterales, determina los lados de saque en dobles. La red divide el campo, a lo ancho, en dos partes iguales, y debe estar tensada por unos postes a una altura de 15,25 cm. La zona de juego es el área alrededor de la mesa reservada para los jugadores y los árbitros en competición. Sus dimensiones deben ser: de 10 a 14 m de largo, de 5 a 7 m de ancho y de 2,75 a 4 m de altura, según la competición.

### 5.3.3. El material de juego

La pelota (figura 39) debe ser esférica y de celuloide, de color amarillo o blanco, mate y tener un peso de 2,7 g y un diámetro de 40 mm. La raqueta o pala (figura 39) puede ser de cualquier dimensión, forma y peso, pero un 85 % de su masa, como mínimo, debe ser una sola pieza de madera; en la actualidad, las raquetas llevan capas de fibra de carbón, vidrio o

papel comprimido. Por norma, la empuñadura de la raqueta va recubierta con corcho para favorecer su manejo.

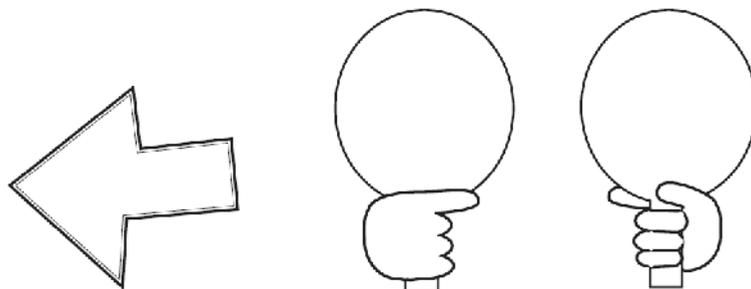


**Figura V. 39. Raquetas y Pelota**

Uno o dos lados de la raqueta estarán cubiertos de goma de color rojo vivo por un lado y negro por el otro y sin alteraciones que puedan impedir el desarrollo normal de un partido.

### **5.3.4. ¿Cómo coger la raqueta?**

Con la palma de la mano extendida, colocamos el mango en la palma como se muestra en la figura 40, agarrando el mango con todos los dedos, menos el dedo gordo y el índice, de forma que parezca que hacemos una pistola con esos dos dedos. El índice se deja estirado, y el dedo gordo se baja un poco para que no tape la goma.



**Figura V. 40. Agarrando el mango**

## 5.4. REGLAS

El juego es a 11 tantos, y se gana por dos tantos de diferencia (ej: 14-12 o 15-13)

Se puede sacar por toda la mesa, no tiene por qué ser cruzado (sólo en los dobles).

No existe la “media”. Si un saque se falla, es tanto para el contrario.

Si el saque toca la red y después entra, el saque se repite, no es punto para nadie.

El saque se cambia cada dos saques válidos del mismo jugador.

Es buena si la pelota da en la superficie de la mesa o en la esquina, no en el lateral.

## 5.5. GOLPES BÁSICOS

Los golpes básicos que se realizan en el tenis de mesa son los mismos que se emplean en el tenis:

**El saque de derecha:** El saque básico de derecha se realiza colocando el cuerpo ligeramente flexionado y perpendicular respecto a la mesa, con la bola sobre la palma de la mano extendida y la mano de saque preparando la pala por encima de la altura de la bola. El movimiento ha de ser coordinado, con la mano soltando la bola hacia arriba y la de saque golpeando hacia abajo y hacia adelante, para colocar el primer bote cerca del ángulo de la propia mesa y de modo que pase al otro lado de la red.

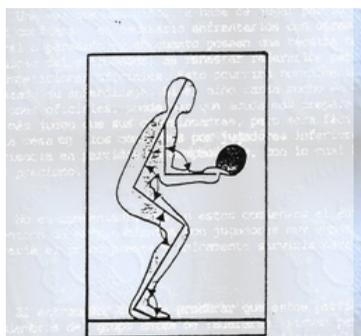
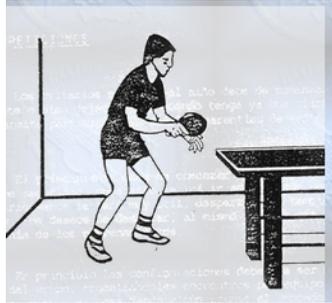


Figura V. 41. Posición de base.

**El saque de revés:** El saque básico de revés se ejecuta con un movimiento parecido, pero colocando el cuerpo un poco flexionado y frontal respecto a la mesa y la mano derecha agarrando la pala a la altura del pecho.



**Figura V. 42. Posición Inicial**

**El golpe de derecha:** Se utiliza cuando se golpea la pelota por el lado hábil y por la cara de la raqueta en la que se apoya el pulgar. El jugador se coloca con la pierna de apoyo retrasada, a la vez que lleva el brazo que sostiene la pala hacia atrás con un giro de hombros. El golpe de derecha puede ser muy variado según el efecto y la fuerza.

**El revés:** Se emplea cuando la pelota llega por el lado en el que el jugador es menos diestro, y se ejecuta cruzando la mano hábil por delante del cuerpo y golpeando con la cara de la raqueta en la que se apoya el índice extendido. El jugador se coloca con la pierna derecha adelantada, y la rotación de los hombros permite la aceleración en el golpe.



Figura V. 43. Aceleración del golpe

**El golpe de bote pronto:** Se golpea la bola justo después del bote. Este golpe se emplea para romper el ritmo y acelerar el contraataque o para impedir el efecto después del bote de la bola del contrario.

**Los golpes con efecto:** Los golpes con efecto transmiten a la pelota un movimiento de rotación para que describa una trayectoria extraña o inesperada. El golpe "liftado" imprime una rotación hacia adelante que provoca que la pelota caiga más rápida sobre la mesa; se golpea de abajo arriba. El golpe cortado imprime una rotación hacia atrás que hace que la pelota, al botar, no salga despedida como se esperaba; se golpea de arriba abajo.

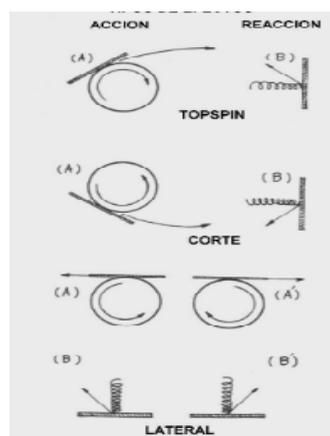


Figura V. 44. Tipos de efectos

## **5.6. APRENDIZAJE EN LA MESA**

El aprendizaje en la mesa puede comprender los siguientes métodos:

1.- Método verbal – explicativo:

El entrenador antes de que el principiante ejecute un golpe en la mesa, explicará convenientemente la forma correcta de hacerlo y la técnica más adecuada, procurando su comprensión por parte del niño.

2.- Método ejecutivo:

El niño realizará en la mesa el golpe explicado por el entrenador, el cual previamente procurará, por sí o por medio de otro jugador experimentado, ejecutar repetidamente el golpe para su perfecta asimilación por el niño. Estas demostraciones ayudarán a que el principiante comprenda el gesto, y es primordial, ya que el niño a esta edad suele actuar imitando.

3.- Método audiovisual:

Este método actúa como complemento de los dos anteriores y consiste en la proyección de películas que ayudan al principiante en la comprensión técnica y ejecución del golpe.

Podríamos hacer las siguientes fases dentro del aprendizaje básico de los golpes:

1º.- Aprendizaje de un golpe.

2º.- Ejecución del golpe en situaciones diferentes.

3º.- Conexión de los golpes que se vayan aprendiendo.

4º.- Perfeccionamiento de los golpes aprendidos.

### EJERCICIOS PARA EL CORTE

Por otra parte emplear unos programas que combinen ejercicios físicos y deporte.

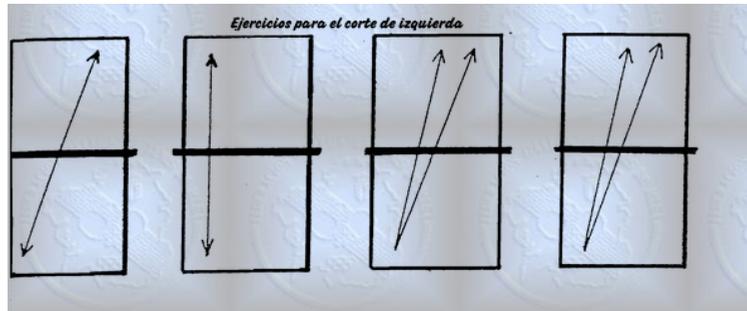


Figura V. 45. Ejercicios para corte izquierdo

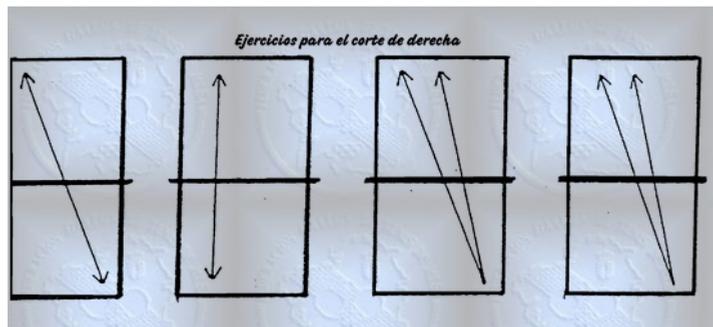


Figura V. 46. Ejercicios para corte derecho

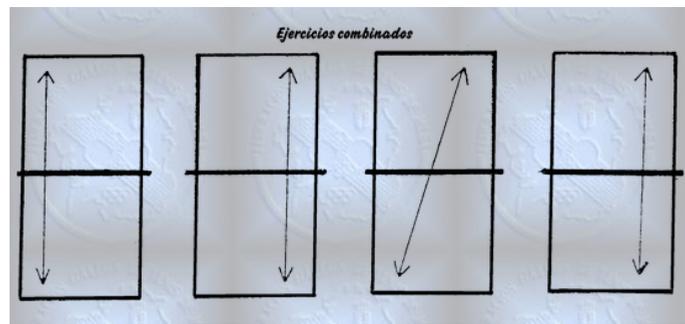


Figura V. 47. Ejercicios combinados

# CAPÍTULO VI

---

## DISEÑO DEL PROTOTIPO

En este capítulo se da a conocer el conjunto de especificaciones que integran el sistema, permitiendo de mejor manera su implementación.

### 6.1. ESQUEMA GENERAL DE FUNCIONAMIENTO

El diseño del prototipo empezó con la formulación de una idea central y de ahí la conformación de un diagrama de bloques que sintetiza el funcionamiento y desarrollo del

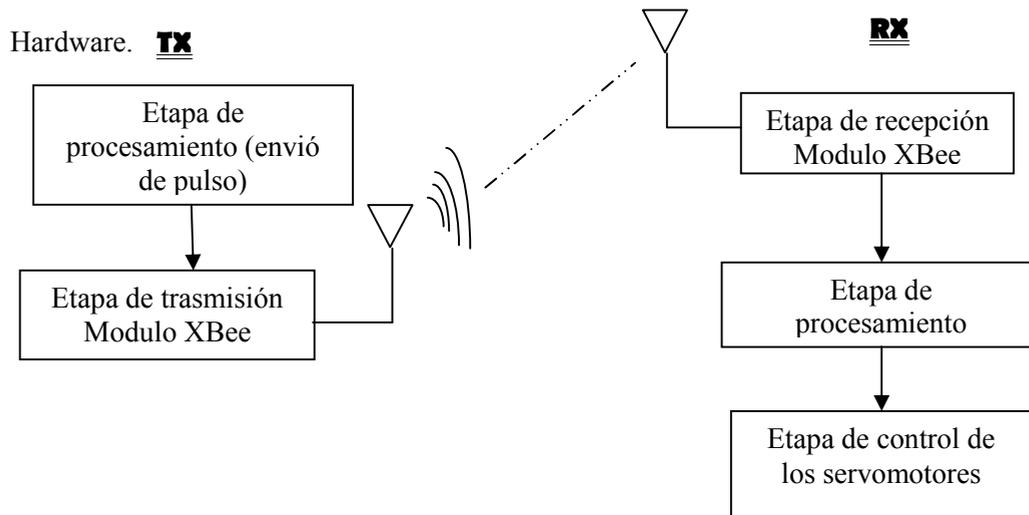


Figura VI. 48. Diagrama General del Sistema

## **6.2. DISEÑO Y DESCRIPCIÓN DE LOS BLOQUES DEL SISTEMA**

El sistema de control y manejo del robot ha sido dividido en dos partes principales: la parte de transmisión y recepción. A continuación se muestra información acerca de cada uno de los bloques que componen el sistema:

### **6.2.1. Etapa de procesamiento del Transmisor**

Esta etapa es una de las más importantes en el sistema, en ella recae la lógica necesaria para la ejecución de las instrucciones.

#### **6.2.1.1. Algoritmo del Transmisor**

El transmisor, se realizó con el seguimiento de procesos que llevaron a la investigación de estas tecnologías necesarias para la implementación. El PIC16f628A tiene un cristal RC interno que trabaja a 4 Mhz, a 5V, inicio con la configuración del PIC16f628A, se encera el sistema, luego se lee la señal que viene desde el modulo VRbot a través de comunicación serial poniéndola en una variable que verifica la validez de la opción. Si la señal no está dentro de las opciones pedirá nuevo ingreso de la misma y si es correcta procede a enviarla al modulo de transmisión XBee. Por último este envía la señal al Receptor, figura 49.

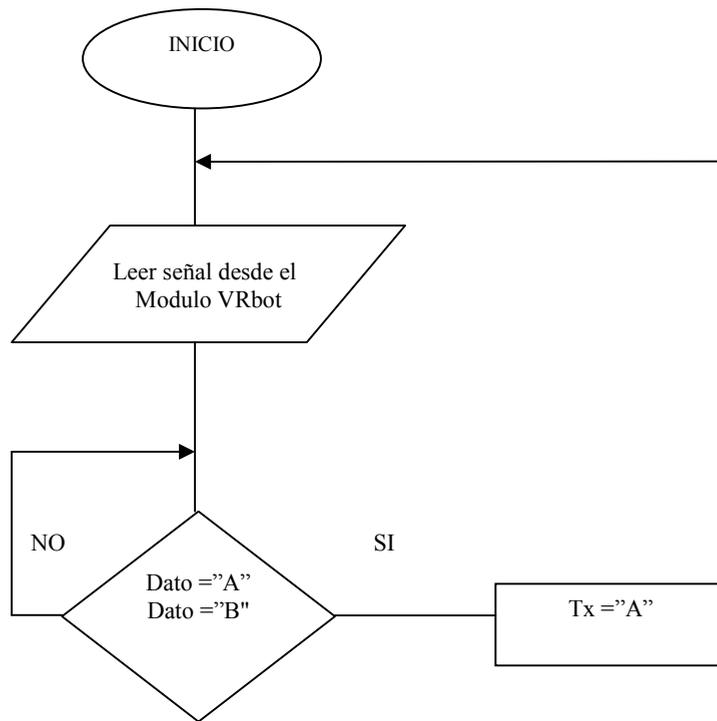


Figura VI. 49. Diagrama de flujo para la transmisión de información

### 6.2.1.2. Circuito Transmisor Inalámbrico en Isis/Proteus

A continuación se muestra en ISIS/PROTEUS el diseño y construcción del Transmisor (figura 50) para el entrenador automático de ping pong.

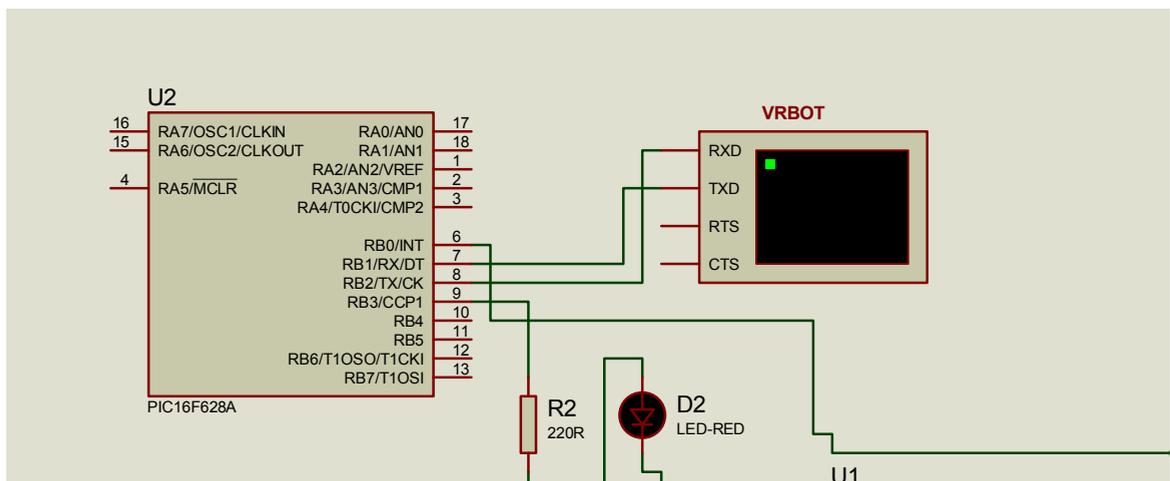
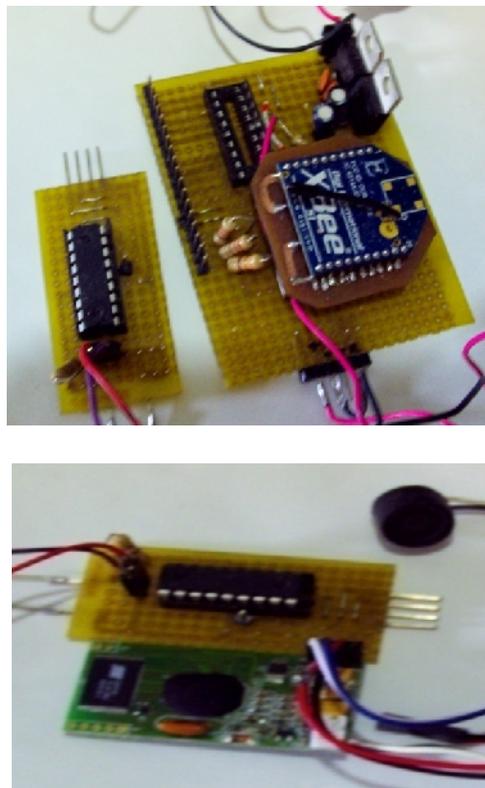


Figura VI. 50. Diagrama esquemático del transmisor

Para la transmisión de la información se ha diseñado un circuito con el PIC 16F628A, como se puede observar en la figura 51, no se colocó un oscilador puesto que este micro tiene un oscilador interno RC, que oscila a 4Mhz. Además se establece una comunicación serial entre el módulo Vrobot y el Pic a través del pin 7 y el pin 8, el módulo Vrobot recibe la señal que emite el micrófono y esta es comparada con la base de datos que tiene incorporada y verifica si existe, luego esta es enviada serialmente al Pic el cual compara este dato y es enviado serialmente al módulo XBee el cual transmite la señal mediante comunicación inalámbrica. La tecnología que se maneja es API.

Toda la comunicación se hace por medio de comandos AT, por lo demás es mucho más potente y fiable que muchos módulos comerciales para comunicación serie



**Figura VI. 51. Diseño del transmisor.**

### 6.2.2. Etapa de Transmisión y Recepción

Consta de un transmisor/receptor de radiofrecuencia XBee (figura 52) se utiliza como el transceptor de datos inalámbricos, son sencillos de utilizar, ofrecen mejor estabilidad y fiabilidad. Trabajan en la banda de 2.4 GHz con protocolo de comunicación 802.15.4, ofrecen una velocidad de comunicación desde 1200 hasta 115.200 baudios pasando por todos los valores convencionales, también disponen de varias I/O que pueden ser configuradas para diferentes funciones, el XBee pueden ser programados a través de una hyperterminal y una interface serial con un MAX3232 y una serie de comandos llamados AT. Existen dos tipos de interfaces, serial y USB que pueden ser utilizadas para programar los módulos XBee con un software propietario llamado X-CTU; con este software podemos definir de una forma rápida todos los parámetros que queramos modificar en nuestros módulos. Utilizando el LM1117T para su respectiva alimentación.

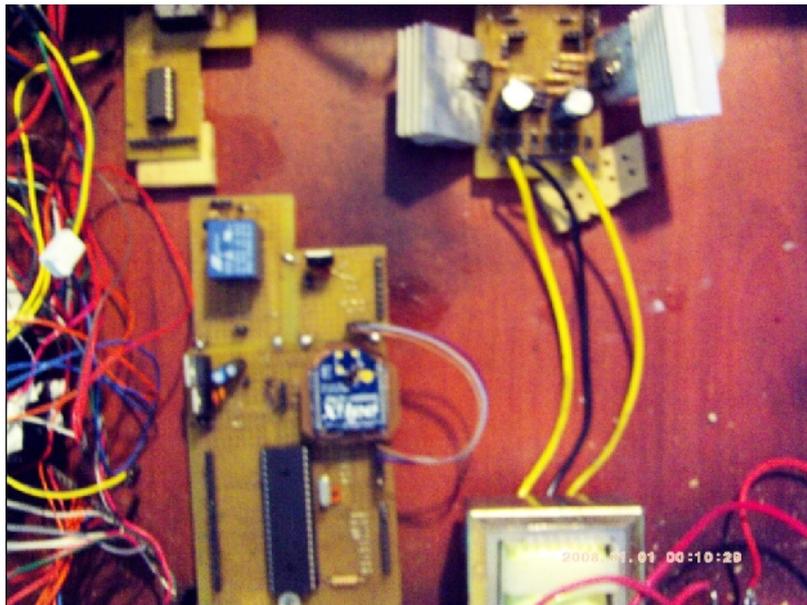


Figura VI. 52. Transmisor

### 6.2.3. Software para programar los módulos XBee

Para la programación de los módulos XBee se ha creado una tarjeta de interfaz serial la cual nos permite comunicarnos con el computador y así poder manipular el software X-CTU, el cual nos permite realizar una programación fácil, tanto para el transmisor como el receptor se debe realizar el mismo procedimiento lo único que se debe tener en cuenta son los valores de: MY 123, y en DL 321. En las figuras 53-60, se pueden observar cómo realizar la configuración de los módulos XBee.

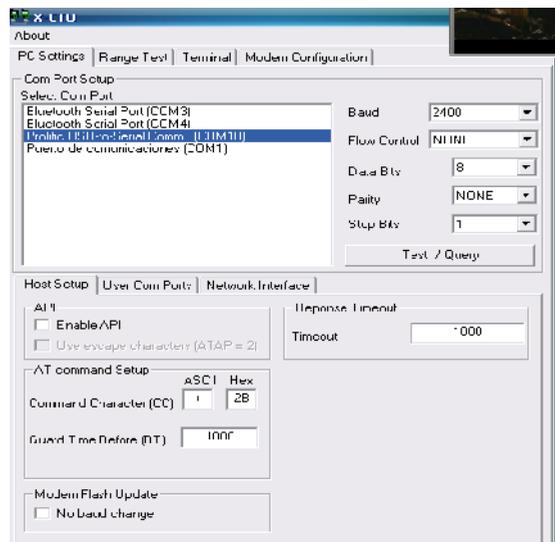


Figura VI. 53. Pantalla inicial para la programación de los módulos.

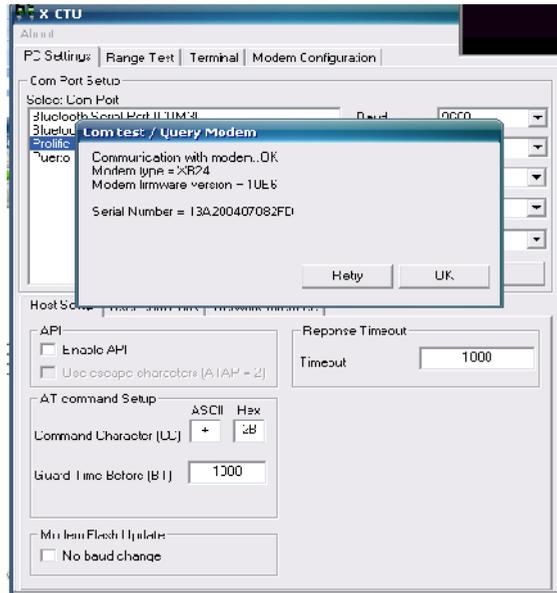


Figura VI. 54. Reconocimiento del modulo XBee.

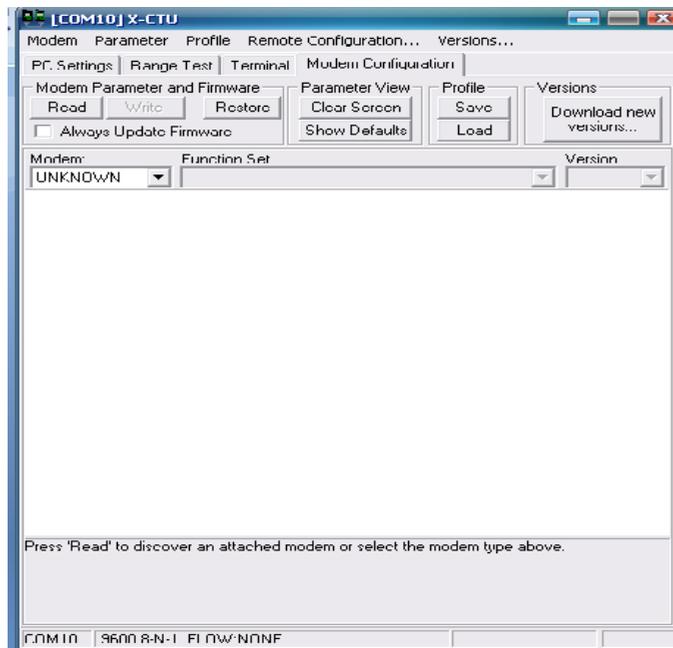


Figura VI. 55. Modulo de configuración

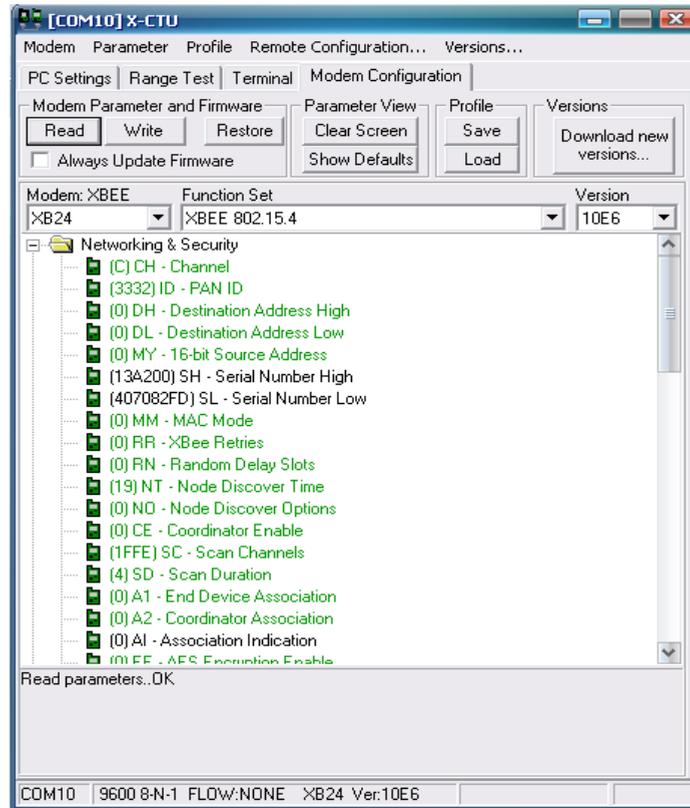


Figura VI. 56. Lectura del Firmware del modulo XBee.

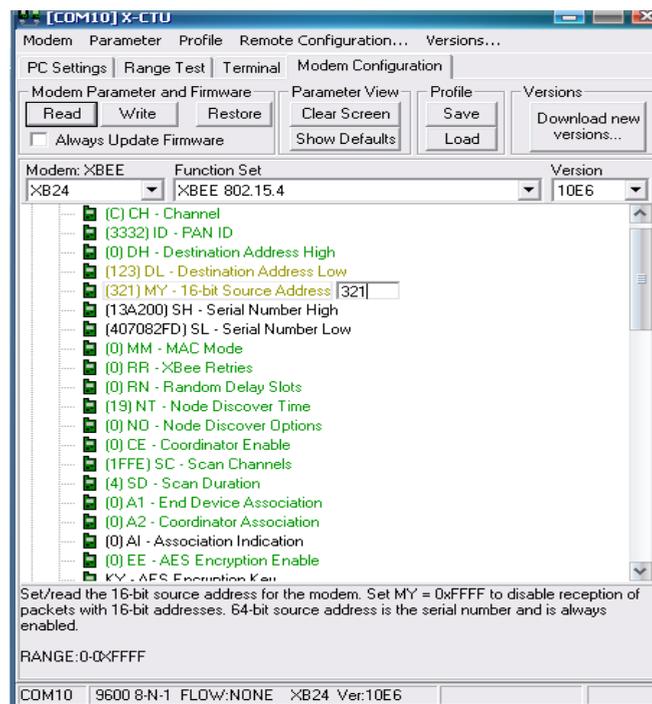


Figura VI. 57. Configuración del modulo XBee transmisor.

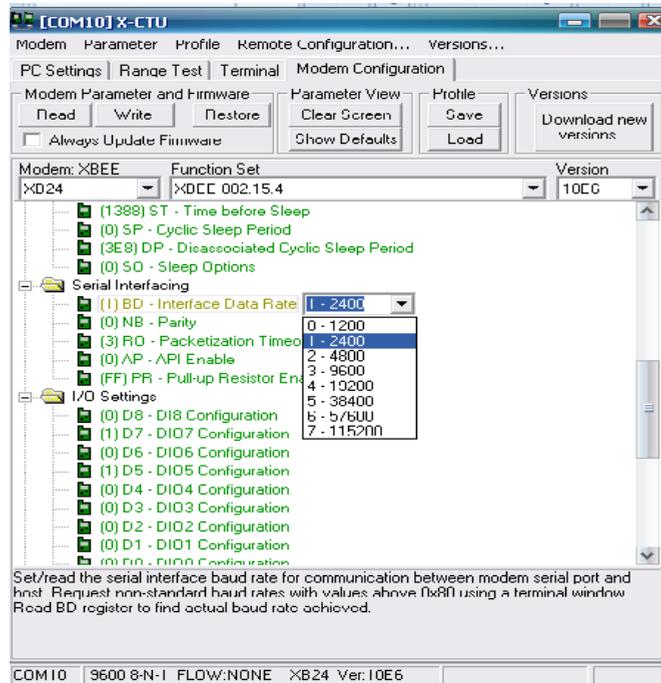


Figura VI. 58. Configuración de la velocidad de transmisión tanto el Tx. y Rx.

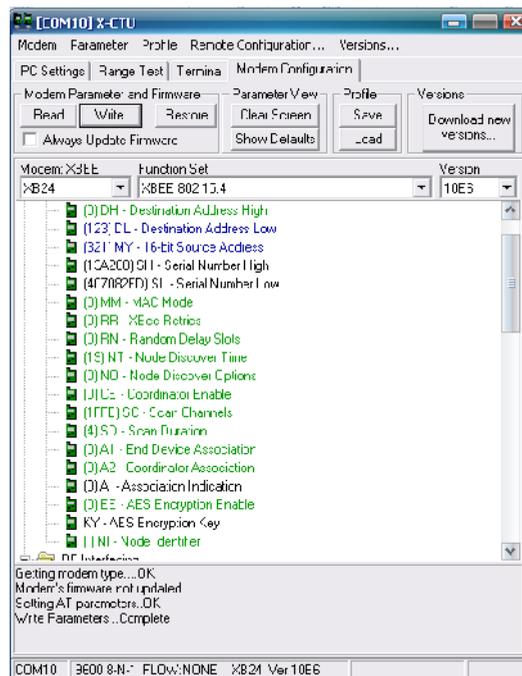


Figura VI. 59. Configuración finalizada.

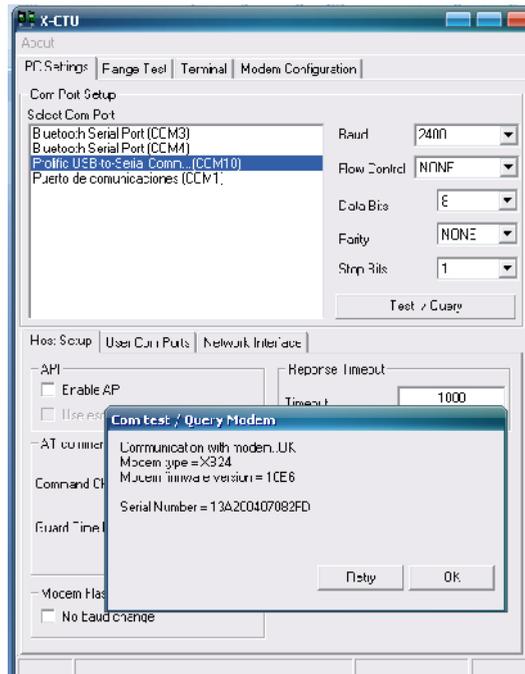


Figura VI. 60. Prueba de la configuración del modulo XBee.

## 6.2.4. Etapa de procesamiento del Receptor

Esta etapa es una de las más importantes en el sistema, en ella recae la lógica necesaria para la ejecución de las instrucciones.

### 6.2.4.1. Algoritmo del Receptor

La recepción de información es un circuito diseñado con el PIC 16F877A para lo cual se procede a la configuración de los parámetros como: TRISA, TRISB, ADCON1, luego se encera el sistema, se lee el carácter enviado por el transmisor, luego se realiza el respectivo proceso para ejecutar las diferentes secuencias. Véase la figura 61.

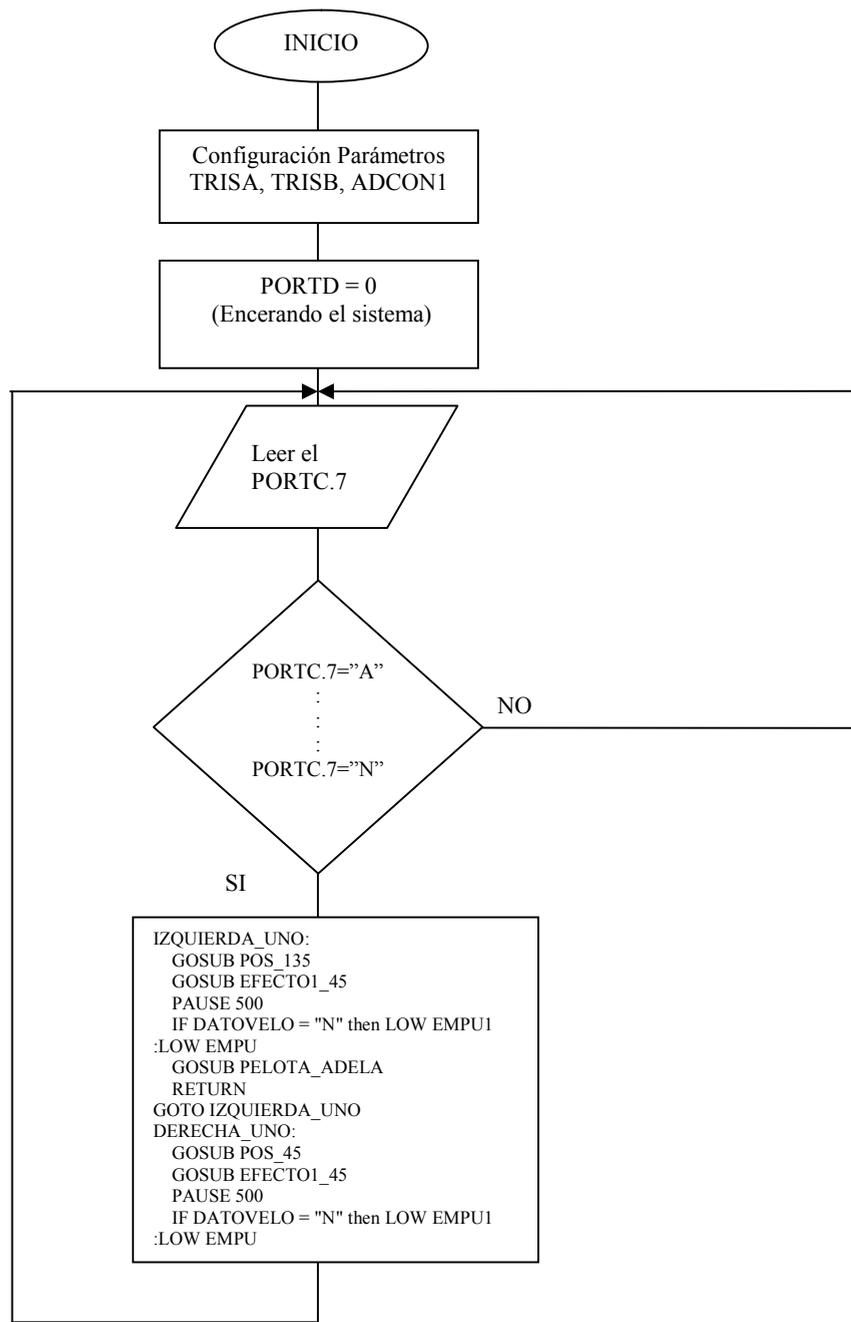


Figura VI. 61. Diagrama de flujo para la recepción de información

### 6.2.4.2. Circuito Receptor Inalámbrico En Isis/Proteus

En base al estudio e investigación de las tecnologías necesarias para el diseño y construcción del circuito receptor del prototipo, se visualiza a continuación su esquema (figura 62).

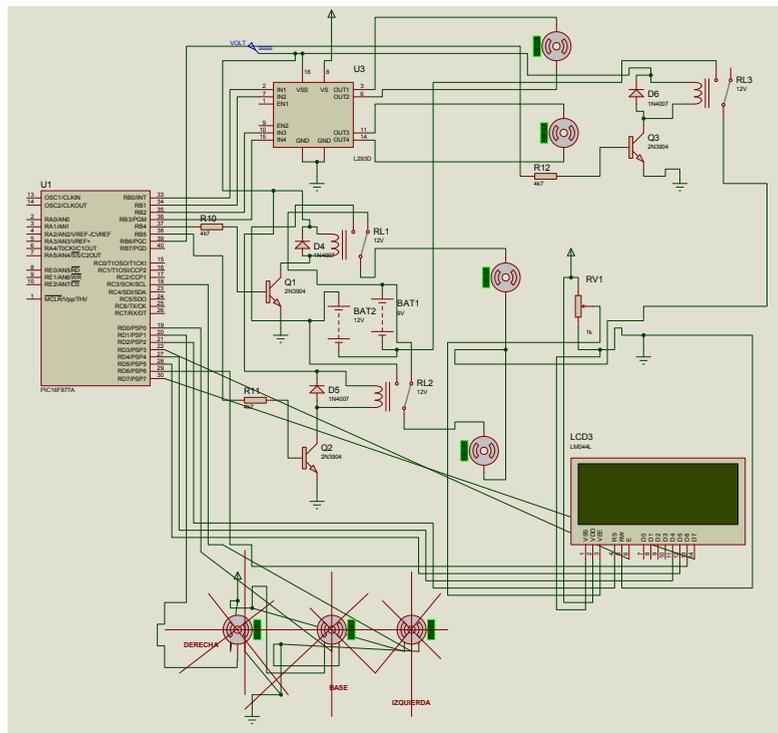


Figura VI. 62. Diagrama esquemático del receptor

La recepción de información (figura 63) se la hace a través del módulo XBee, el cual está conectado al PIC16F877A a través del PORTC.7. El micro procesa dicha información y la envía por el PORTB y parte del PORTD serialmente al modulo de potencia el cual nos permite ejecutar los diferentes movimientos los cuales son reflejados por los servomotores.

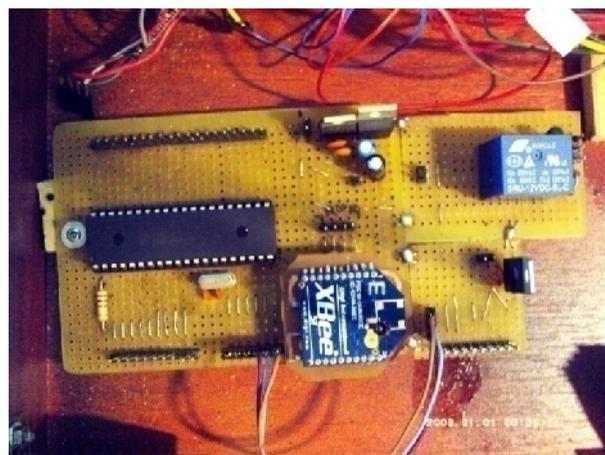


Figura VI. 63. Diseño del Receptor

### 6.2.4.3. Etapa de Ejecución

La etapa de ejecución básicamente se refiere al conjunto de servomotores los mismos que se eligieron por sus relevantes características. Siendo su principal ventaja su potencia.

Esta etapa se realizó utilizando servomotores, los mismos que van a formar parte del prototipo, estos serán controlados por el receptor en la etapa de procesamiento realizando las sentencias preestablecidas para este objetivo (figura 64).



Figura IV. 64. Diagrama de la etapa de ejecución

## 6.3. ESTRUCTURA Y DISEÑO PROTOTIPO

El diseño y animación del prototipo se lo ha efectuado en el programa Solidworks. Además se adiciona un eje falso al servomotor para facilitar la movilidad del prototipo. Las partes del mismo se encuentran detalladas en las siguientes figuras 65-67.

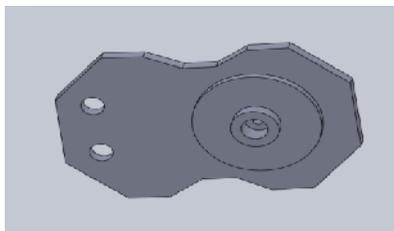


Figura VI. 65. Estructura Lateral

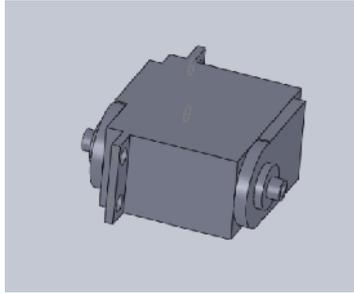


Figura VI. 66. Estructura del Eje Falso

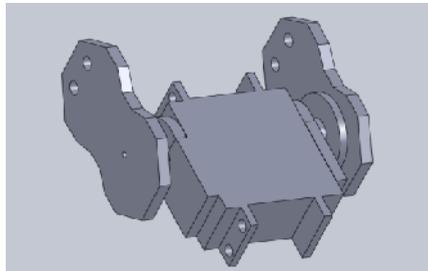


Figura VI. 67. Estructura de cada Movimiento

La figura 68, muestra las dimensiones de la pieza principal de la estructura del entrenador automático, misma que se detalla a continuación, de esta forma podemos observar cómo fue construido el prototipo, las medidas son:

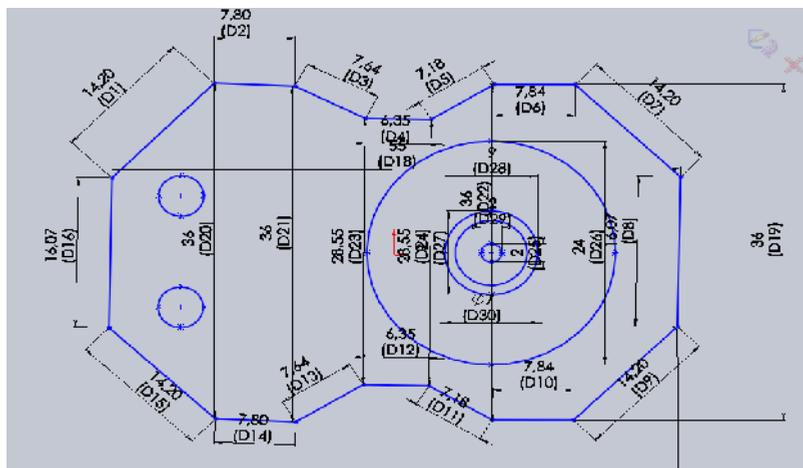


Figura VI. 68. Dimensiones y Estructura

## **CAPÍTULO VII**

### **7. IMPLEMENTACION**

El diseño e implementación del prototipo ha sido dividido en dos partes principales: Hardware y Software. A continuación se muestra información acerca de cada una de las implementaciones de los módulos.

#### **7.1. IMPLEMENTACIÓN DEL MÓDULO DE HARDWARE**

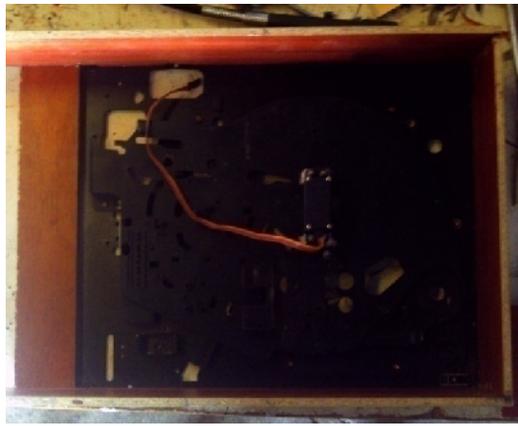
El prototipo entrenador autómatas de ping pong, es implementado de la siguiente manera:

#### **7.2. DESCRIPCIÓN DE LA PARTE HARWARE**

En primer lugar se construye una base para implementar el modulo. Como se puede observar en las siguientes figuras 69-76.



**Figura VI. 69. Base para modulo**



**Figura VI. 70. Conexión del servomotor en la base.**



**Figura VI. 71. Soporte para la canasta**



**Figura VI. 72. Conexión del servomotor en la base.**



**Figura VI. 73. Conexión del servomotor en la base para la retroalimentación.**

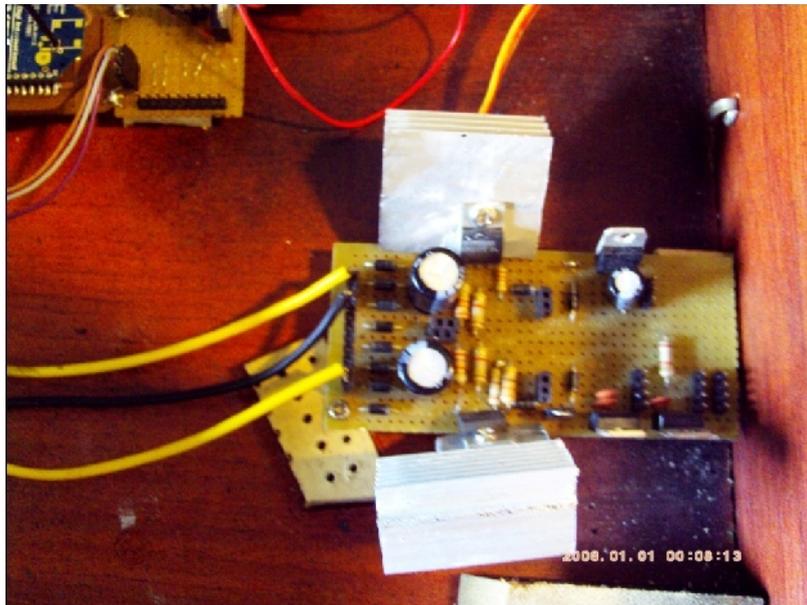
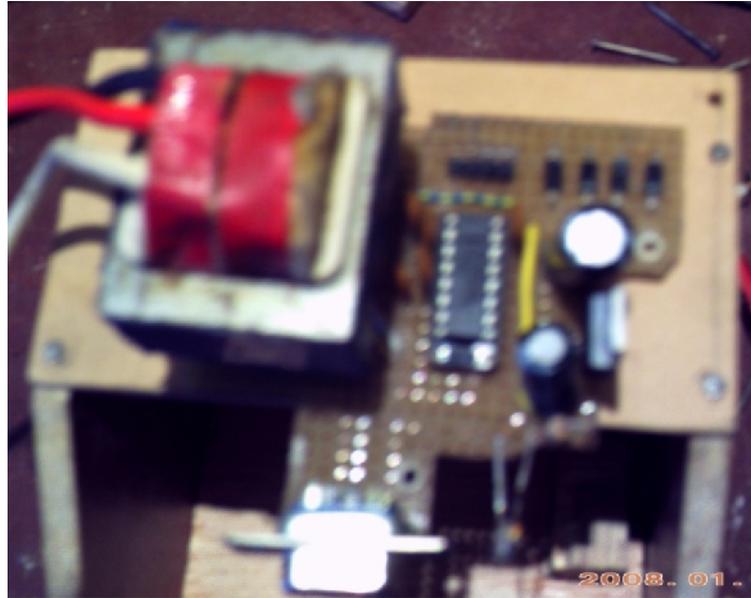
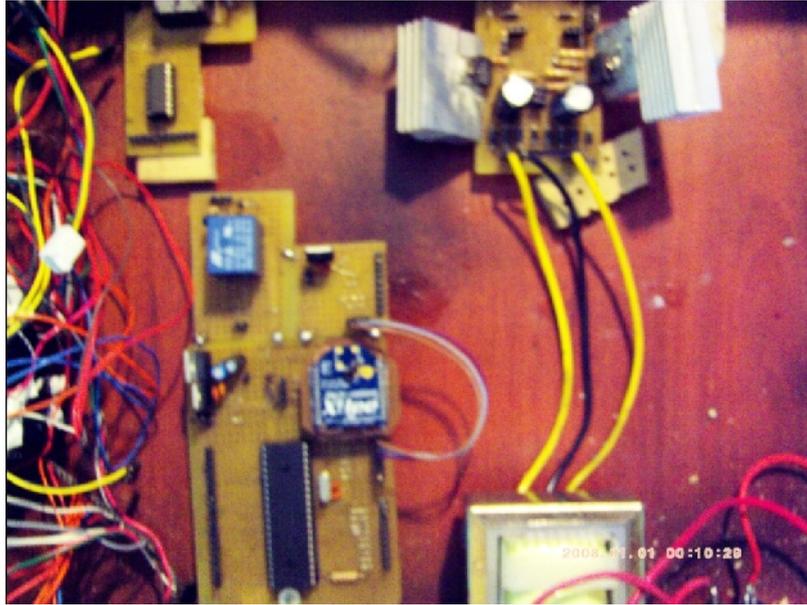
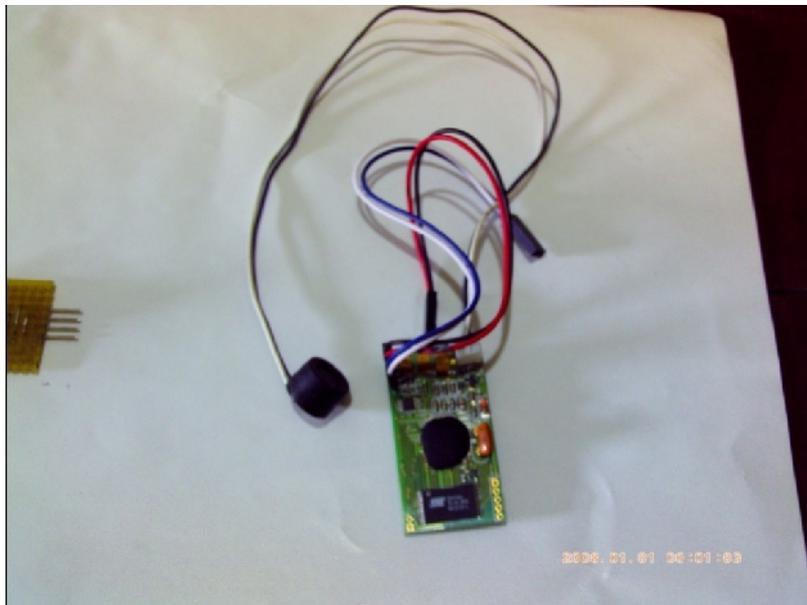


Figura VI. 74.. Modulo de Transformación.



**Figura VII. 75. Implementación Interfaz Xbee.**



**Figura VII. 76. Implementación Modulo Vrobot.**

## CONCLUSIONES

- ✓ El prototipo implementado puede desenvolverse sin problema en cualquier tipo de ambiente externo, así como también se convierte en una herramienta de ayuda para un entrenador, en lo que tiene que ver con la optimización del tiempo.
- ✓ Pese a que la distancia de transmisión del sistema tiene un alcance de 30 metros en línea recta entre el transmisor y el receptor, el prototipo se utiliza a 3 metros de distancia debido al área en la que se encontrara.
- ✓ La tecnología inalámbrica utiliza ondas de radiofrecuencia, un ancho de banda de 2.4 Ghz.
- ✓ Se ha establecido que el software MicroCode Studio es muy práctico especialmente en lo que tiene que ver con la programación de Microcontroladores, por su fácil manejo y potente interfaz.
- ✓ Para efectuar el diseño electrónico se utilizo el Proteus el cual presenta un muy buen ambiente gráfico y facilidad de comunicación.
- ✓ El éxito de la implementación de un robot no solo depende del análisis y diseño adecuado de los sistemas electrónicos en todos los casos este se encuentra estrechamente relacionado con el apropiado diseño mecánico que se lo realice.

## RECOMENDACIONES

- ✓ Para que la orden sea receptada sin problema alguno, es recomendable que el transmisor deba encontrarse a una distancia máxima de tres metros para que pueda captar la señal que ha sido enviada por el usuario.
- ✓ Es necesario al grabar los comandos de voz se los realice en ambiente cerrado, debido a que cualquier tipo de ruido distorsiona la información lo que afectaría en la ejecución.
- ✓ Es recomendable para alimentar el prototipo que se disponga de una toma de corriente de 110V.
- ✓ Para el proceso de construcción de sistemas electrónicos es recomendable que se lo divida en módulos de esta manera se optimiza el tiempo en la implementación y detección de daños.

## **RESUMEN**

Se diseñó e implementó un prototipo entrenador autómatas de ping pong controlado mediante comandos de voz, con la finalidad de optimizar tiempo a los entrenadores de ping pong (tenis de mesa), para la Escuela de Ingeniería Electrónica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Se emplearon técnicas de investigación, métodos lógicos y sistémicos para modelar el prototipo, mediante la determinación de componentes y la relación que existe entre el usuario y el prototipo. Empleándose software de programación y diseño como Solidworks, Proteus, y Microcode Basic, computador personal, dispositivos electrónicos, LCD para la visualización de mensajes, módulos de transmisión y recepción XBee para la comunicación inalámbrica, módulo Vrobot para el reconocimiento de voz, estas voces pueden estar predefinidas y grabadas internamente. La estructura principal del prototipo se construyó en madera MDF, tubería PVC un material resistente y liviano, además de los servomotores HITEC 311 alcanzando así una longitud de 93cm de largo, 30 cm de ancho, altura de 9cm, obteniendo así el mencionado prototipo, también incorpora un módulo de comunicación Vrobot que permite la modulación de voz.

La aceptación del prototipo es de un 80% permitiendo optimizar tiempo al entrenador. El prototipo inicia la ejecución de las rutinas programadas en el momento en que el usuario envía una orden a través de la comunicación inalámbrica (XBee). Entre las instrucciones a realizar son los golpes básicos, de esta forma podrá realizar su respectivo entrenamiento.

Concluimos que el prototipo puede desenvolverse sin problema en cualquier tipo de ambiente externo, así como también se convierte en una herramienta de ayuda para un entrenador,

Recomendamos que el entrenador autómatas, construido puede ser utilizado en el área deportiva, para personas que inicien a practicar este deporte.

## **ABSTRACT**

Designed and implemented a prototype robot Tennis coach controlled by voice commands, in order to optimize time coaches Tennis (table tennis), for the School of Electrical Engineering at Polytechnic School of Chimborazo.

We used research techniques, logical and systemic methods for modeling the prototype, by determining the components and the relationship between the user and the prototype. Software being used for programming and design and Solidworks. Proteus, and Microcode Basic, computer, electronics, LCD message display, transmit and receive modules for wireless communication XBee Module Vrobot for speech recognition, these voices can be predefined and recorded internally. The main structure of the prototype was built in MDF, PVC pipe and light resistant material, in addition to 311 HITEC servomotors thus reaching a length of 93cm long, 30 cm wide, 9cm high, thus obtaining the aforementioned prototype, also includes a communication module that allows VrBot voice modulation.

The acceptance of the prototype is 80% thus optimizing time coach. The prototype begins execution of routines programmed at the time the user sends a command via wireless communication (XBee). Among the instructions to perform are the basic strokes, so you can make their respective training.

We conclude that the prototype can cope without any problem in the external environment, and also becomes a helpful tool for a coach,

We recommend that the coach automaton constructed can be used in sports for people to start practicing this sport.

# GLOSARIO

## CA

Es la simbología de corriente alterna, es aquella en que la que la intensidad cambia de dirección periódicamente en un conductor. Como consecuencia del cambio periódico de polaridad de la tensión aplicada en los extremos de dicho conductor.

## CC

Es la simbología de corriente directa, La corriente directa (CD) o corriente continua (CC) es aquella cuyas cargas eléctricas o electrones fluyen siempre en el mismo sentido en un circuito eléctrico cerrado, moviéndose del polo negativo hacia el polo positivo de una fuente de fuerza electromotriz, tal como ocurre en las baterías, las dinamos o en cualquier otra fuente generadora de ese tipo de corriente eléctrica.

**Aplicación:** Programa que realiza una serie de funciones y con el cual trabajamos en el ordenador.

**Arquitectura:** Término que se refiere al tipo de estructura hardware de la máquina y que también se aplica a la clasificación de los microprocesadores o el tipo de ranuras de expansión.

**Asíncrono:** Término utilizado para especificar la ejecución de distintos procesos de forma independiente unos de los otros respecto al tiempo.

**Bit (binary digit):** Unidad básica de información representada por ceros y unos que se van sucediendo para conformar los distintos significados.

**Chip:** Circuito integrado y encapsulado.

**Frecuencia:** Número de veces que se repite un proceso periódico por unidad de tiempo.

**Hardware:** Componentes materiales propios del computador, sean mecánicos eléctricos o electrónicos.

**Interfaz:** Es el punto, el área, o la superficie a lo largo de la cual dos cosas de naturaleza distinta convergen. Por extensión, se denomina interfaz a cualquier medio que permita la interconexión de dos procesos diferenciados con un único propósito común.

**Microcontrolador:** es un circuito integrado o chip que incluye en su interior las tres unidades funcionales de una computadora: CPU, Memoria y Unidades de E/S, es decir, se trata de un computador completo en un solo circuito integrado.

**Módulo:** Son procedimientos que nos permiten la realización de una tarea deseada.

**Ohm:** Unidad de medición de la resistencia eléctrica, representada por la letra griega.

**Programa:** Conjunto de órdenes, palabras y símbolos producto de un análisis efectuado, creado expresamente para ordenar de modo racional los pasos que una computadora ha de dar para realizar un trabajo.

**Resistencia:** Es la medida de cuanto se opone un circuito al paso de la corriente eléctrica a través de él.

**Señal:** Variación de una corriente eléctrica u otra magnitud que se utiliza para transmitir información.

**Software:** Elemento intangible (programas), sin el cual la computadora no podría funcionar.

**Usart:** Es uno de los dos periféricos contenidos en el PIC que le permiten realizar comunicación en serie.

**Voltios:** Unidad de medición de la diferencia de potencial o tensión eléctrica.

## *BIBLIOGRAFÍA*

- 1) ATMEL Corp., ATmega32 Data Sheet., Washington., Estados Unidos., Atmel., 2007., Pp. 2-274.
- 2) CORRALES, S., Electrónica Práctica con Microcontroladores PIC., Quito., Ecuador., Gráfica., 2006., Pp. 62-97.
- 3) DOGAN., I., Programación de MicrocontroladoresPic., Washington., Estados Unidos., Interamericana., 2007., Pp. 150-200.
- 4) MICROCHIP Technology Corp., ENC28J60 Data Sheet., Washington., Estados Unidos., Microchip Technology., 2008., Pp. 98.
- 5) PALLÁS., A., MICROCONTROLADORES Fundamentos y Aplicaciones con Pic., Washington., Estados Unidos., MacGranw-Hill/Interamericana., 2007., Pp. 480.
- 6) REYES., C., Aprende Rápidamente a Programar Microcontroladores., Quito., Ecuador., Ayerve., 2004., Pp. 193.

## **BIBLIOGRAFIA INTERNET**

- 7) **CÓDIGO DE EJEMPLO PARA EL MANEJO DEL  
ENC28J60**  
  
[www.microchip.com/Ethernet](http://www.microchip.com/Ethernet)  
  
[2009/07/05]
- 8) **HOBBYPIC, FICIÓN POR LOS MICROCONTROLADORES  
PIC**  
  
<http://microspics.blogspot.com/>  
  
[2010/10/01]
- 9) **HISTORIA DEL PING PONG**  
  
[http://www.kirolzerbitzua.net/documentos/manual\\_castellano\\_12112009.pdf](http://www.kirolzerbitzua.net/documentos/manual_castellano_12112009.pdf)  
  
[2010/11/01]
- 10) **HISTORIA DEL PING PONG**  
  
[www.chiledeportes.gov.cl/pdfs/DEPORTES\\_TENIS\\_DE-MESA.pdf](http://www.chiledeportes.gov.cl/pdfs/DEPORTES_TENIS_DE-MESA.pdf)  
  
[2010/11/01]
- 11) **INTERNETWORKING CON MICROPROCESADORES PIC**  
  
<http://www.ljcv.net/projects/pic10t/index.html>  
  
[2009/12/09]

**12) TODOPIC, TODO EN MICROCONTROLADORES PIC**

<http://softwarepic.50webs.com/> Compiladores C, C++, Basic, pascal, etc

[2010/10/01]

**13) TÉCNICAS DE PING PONG**

<http://www.ctv.es/USERS/gallegatenismesa/manual.html>

[2010/11/01]

**14) TRANSMISIÓN DE ONDAS DE RADIO**

[http://ec.kalipedia.com/tecnologia/tema/comunicaciones/transmision-ondas-radio.html?x=20070821klpinginf\\_50.Kes&ap=4](http://ec.kalipedia.com/tecnologia/tema/comunicaciones/transmision-ondas-radio.html?x=20070821klpinginf_50.Kes&ap=4)

[2011/10/28]

**15) <http://www.lu6etj.org.ar/tecnicos/handbook/propagacion/.htm>**

[2010/11/01]

**16) <http://mazarbulgb.blogspot.com/2008/01/microondas.html>**

[2010/11/01]

**17) TUTORIAL DE PROGRAMACIÓN DE PICS EN ENSAMBLADOR EN LA ASOCIACIÓN DE ROBÓTICA Y DOMÓTICA**

<http://www.Asrobdompics/>

[2011/09/10]

**18) WIKIPIC**

<http://www.microchip.com/>

[2010/12/20]