



# **ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**PROYECTO PARA LA OBTENCION DEL TÍTULO DE  
INGENIERO ELECTRÓNICO EN INSTRUMENTACION**

**“DISEÑO Y CONTRUCCIÓN DE UN ROBOT EXPLORADOR  
CONTROLADO MEDIANTE COMANDOS DE VOZ EN FORMA  
REMOTA QUE SERVIRÁ COMO HERRAMIENTA DE LIMPIEZA  
DE SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO”.**

**CARLOS EFRAÍN PUMASHUNTA GUISHA  
JEFFERSON RODRIGO VILLALBA JÁCOME**

**LATACUNGA-ECUADOR**

**OCTUBRE 2007**

## **CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente proyecto de grado fue desarrollado en su totalidad por los señores CARLOS EFRAÍN PUMASHUNTA GUISHA y JEFFERSON RODRIGO VILLALBA JÁCOME, previo a la obtención de su Título de Ingeniero Electrónico en Instrumentación.

Latacunga, Octubre del 2007

Ing. José Bucheli  
DIRECTOR

Ing. Armando Álvarez  
CODIRECTOR

## AGRADECIMIENTO

Un justo agradecimiento al personal docente de la Escuela Politécnica del Ejército sede Latacunga, de manera especial al Ingeniero José Bucheli y al Ing. Armando Álvarez por su generoso aporte y colaboración en este proyecto.

*“El mejor amigo es el que te ayuda a ser mejor”*

*Carlos  
Jefferson*

## DEDICATORIA

Este proyecto es símbolo de la meta alcanzada en nuestra carrera estudiantil, dedicado a Dios por darnos la oportunidad de vivir y ser mejores cada día, a nuestros padres y hermanos por su inmenso amor, apoyo y comprensión en cada etapa de nuestra vida, a nuestra familia y amigos que aportaron de manera incondicional en este proyecto y a todas aquellas personas que día a día con ética profesional que contribuyen al engrandecimiento del Ecuador.

*Carlos  
Jefferson*

## CONTENIDO

### CAPITULO I

#### GENERALIDADES

1.1	<b>ROBOTICA</b> .....	1
1.1.1	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.2	RESEÑA HISTORICA.....	1
1.1.3	TIPOS DE ROBOTS.....	2
1.1.4	VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA ROBOTICA.....	4
1.1.5	CAMPOS DE APLICACIÓN DE LA ROBOTICA.....	6
1.2	<b>MICROCONTROLADORES</b> .....	9
1.2.1	CONCEPTOS GENERALES.....	9
1.2.2	MICROCONTROLADOR PIC 16F877A.....	13
1.2.3	ARQUITECTURA GENERAL (16F877A).....	14
1.2.4	MEMORIA DE PROGRAMA.....	20
1.2.5	MEMORIA DE DATOS.....	21
1.2.6	PUERTOS DE ENTRADA Y SALIDA.....	23
1.2.7	TEMPORIZADORES.....	27
1.2.8	CONVERSOR ANALOGICO DIGITAL.....	31
1.2.9	MODULO MSSP.....	34
1.2.10	MODULO CCP.....	37
1.3	<b>SISTEMAS DE COMUNICACIÓN</b> .....	38
1.3.1	INTRODUCCION.....	38
1.3.2	DESCRIPCION DE LOS MODULOS DE RF.....	38
1.3.3	CARACTERISTICAS SIGNIFICATIVAS.....	39
1.4	<b>SENSORES</b> .....	39
1.4.1	INTRODUCCIÓN.....	39
1.4.2	TIPOS DE SENSORES.....	40

1.5	<b>ACTUADORES</b> .....	42
1.5.1	INTRODUCCIÓN.....	42
1.5.2	MOTORES.....	42
1.6	<b>MÓDULO DE RECONOCIMIENTO DE VOZ</b> .....	50

## **CAPITULO II.**

### **DISEÑO Y MONTAJE**

2.1	<b>INTRODUCCION</b> .....	53
2.1.1	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL ROBOT EXPLORADOR CONTROLADO POR COMANDOS DE VOZ.....	53
2.1.2	DESCRIPCIÓN TOTAL DEL SISTEMA.....	53
2.1.3	TARJETA DE RECONOCIMIENTO DE VOZ.....	58
2.1.4	MODULOS DE RADIO FRECUENCIA.....	62
2.1.5	PROGRAMACIÓN DE LOS PIC'S (GAMA MEDIA) PARA REALIZAR LA EJECUCIÓN DE LAS ORDENES PEDIDAS AL ROBOT.....	64
2.1.6	PROGRAMACIÓN DEL PIC (GAMA MEDIA) PARA EL MANEJO DE LOS SENSORES DE PROXIMIDAD.....	72
2.2	<b>ACOPLAMIENTO DE LAS PARTES DEL ROBOT</b> .....	76
2.2.1	INTERCONEXIÓN TARJETA-PIC.....	76
2.2.2	BLOQUE TRANSMISOR.....	77
2.2.3	BLOQUE RECEPTOR.....	79
2.2.4	BLOQUE DE VIDEO.....	82
2.2.5	DISEÑO DEL HARDWARE DEL ROBOT.....	85
2.2.6	ENSAMBLAJE DEL ROBOT EXPLORADOR.....	87
2.2.7	INTEGRACIÓN DEL SISTEMA.....	91

## **CAPITULO III**

### **PRUEBAS EXPERIMENTALES**

<b>3.1</b>	<b>PRUEBAS EXPERIMENTALES.....</b>	<b>92</b>
3.1.1	PRUEBAS DE COMUNICACIÓN.....	92
3.1.2	PRUEBAS DE SENSORES.....	93
3.1.3	PRUEBAS DE CONTROL DEL ROBOT.....	94
<b>3.2</b>	<b>ALCANCES Y LIMITACIONES.....</b>	<b>95</b>
3.2.1	ALCANCES.....	95
3.2.2	LIMITACIONES.....	96

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **BIBLIOGRAFIA**

### **ANEXO A GLOSARIO**

### **ANEXO B PROGRAMAS DE LOS MICROCONTROLADORES**

### **ANEXO C DISEÑO DE PLACAS**

### **ANEXO D MANUAL DEL USUARIO**

**Latacunga, Octubre de 2007**

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Santiago Corrales, Electrónica práctica con microcontroladores PIC
- José Maria Angulo, Microcontroladores PIC
- Tomasi Wayne, Sistemas de comunicación
- Ramón Pallas, Sensores y acondicionadores de señal
- Jhon Markus, Guía practica de circuitos electrónicos

## **ENLACES**

- <http://digital.ni.com/public.nsf/allkb/039001258CEF8FB686256E0F005888D1>
- <http://www.kriptopolis.org/criptografia-en-comunicacion-rf-de-microcontroladores>
- [http://espanol.geocities.com/robototem/Modulo\\_IR.htm](http://espanol.geocities.com/robototem/Modulo_IR.htm)
- <http://superrobotica.com>
- <http://imagesco.com>
- [http://www.sagitron.es/data\\_sheet/SINT-RECON-VOZ/sintesisoki.html](http://www.sagitron.es/data_sheet/SINT-RECON-VOZ/sintesisoki.html)



## LISTADO DE TABLAS

Tabla 1.1. Selección de los bancos de memoria RAM con RP0 y RP1.....	22
Tabla 1.2. Nomenclatura y distribución de los bits del registro de control TMR1.....	30
Tabla 1.3. Distribución y asignación de los bits de registro T2CON.....	30
Tabla 1.4. Asignación de los bits de los registros de control del ADC.....	32
Tabla 1.5. Selección de la Frecuencia de reloj.....	33
Tabla 1.6. Secuencia de control de Motores P – P Bipolares.....	49
Tabla 1.7: Secuencia Normal para Motores P – P Unipolares.....	50
Tabla 2.1 Comandos.....	56
Tabla 2.2 Características del servomotor Hitec HS422.....	68
Tabla 2.4 Característica radio AV RECEIVER.....	84
Tabla 3.1 Resultado de la pruebas de comunicación sin obstáculos.....	92
Tabla 3.2 Resultado de la pruebas de comunicación con obstáculos.....	93
Tabla 3.3 Resultado de la pruebas del sensor Sharp GP2D15.....	94
Tabla 3.4 Resultado de la pruebas del TSOP4838.....	94
Tabla 3.5 Resultado de la pruebas de control del robot.....	95

## LISTADO DE FIGURAS

Figura.1.1 Perro robot.....	5	
Figura 1.2. Arquitectura Harvard.....	9	
Figura 1.3. Diagrama de asignación y conexiones del encapsulado.....	16	
Figura 1.4. Arquitectura del PIC 16F877.....	20	
Figura 1.5. Memoria de programa tipo flash en el PIC 16F877.....	21	
Figura 1.6. Formas de seleccionar el banco y la dirección de la memoria RAM en los direccionamientos directo e indirecto.....	23	
Figura 1.7. Esquema de conexionado de los pines RA0 – RA3 Y RA5 que multiplexan la función de E/S.....	24	
Figura 1.8. Conexionado interno de los pines RB(7-4)de la puerta B.....	25	
Figura 1.9. Esquema interno de los principales bloques del tmr1 con sus señales de control.....	29	
Figura. 1.10. Estructura del Conexionado del ADC.....	34	
Figura. 1.11. (a). Modo asíncrono de comunicación; (b). Modo síncrono de comunicación.....	36	
Figura. 1.12. Protocolo de comunicación.....	36	
Figura. 1.13. Diagrama de bloques de un sistema RF .....	39	
Figura. 1.14. Señal analoga.....	40	
Figura. 1.15. Señal digital.....	41	
Figura 1.16. (a). Parte frontal del rotor; (b). Dorso de un rotor.....	43	

Figura 1.17. Estator.....	44
Figura 1.18. Un servo desmontado.....	45
Figura. 1.19. Duración del pulso y ángulo del eje.....	46
Figura. 1.20. Motor paso a paso.....	47
Figura. 1.21. Rotor.....	48
Figura. 1.22. Estator de bobinas.....	48
Figura. 1.23. (a). Motor P -P Bipolar; (b). Motor P – P Unipolar.....	49
Figura 2.1 Diagrama del bloque transmisor.....	54
Figura 2.2 Diagrama de bloques del receptor.....	55
Figura 2.3 Conexión del bloque tres.....	55
Figura 2.4 Tarjeta de Reconocimiento de Voz.....	59
Figura 2.5 Teclado.....	60
Figura 2.6 Módulo transmisor acoplado al pic (16F68A).....	60
Figura 2.7 Módulo receptor acoplado al pic (16F628A).....	63
Figura 2.8 Flujograma para programación del pic de acoplamiento.....	65
Figura 2.9 Flujo grama para programación del pic de presentación.....	65
Figura 2.10 Flujo grama para la programación del pic master.....	66
Figura 2.11 Conector del servomotor.....	68
Figura 2.12 Conexión del servomotor con el pic (16F628A).....	69
Figura 2.13 Proceso de trucado del servomotor .....	71
Figura 2.14 Servomotor polarizado.....	71
Figura 2.15 Flujograma para la programación del PIC esclavo (servomotor).....	72
Figura 2.16 Sensor SHARP GPD15.....	73
Figura 2.17 Funcionamiento del sensor SHARP GPD15.....	73
Figura 2.18 Circuito amplificador para la señal del sensor SHARP GPD15.....	74
Figura 2.19 Señal de salida del sensor SHARP GPD15 amplificada.....	74

Figura 2.20 Receptor de infrarrojo TSOP4838.....	75
Figura 2.21 Conexión del receptor TOSP4838.....	75
Figura 2.22 Diseño del circuito emisor de IR.....	76
Figura 2.23 Acoplamiento tarjeta SR-07 con el pic.....	77
Figura 2.24 Módulo de reconocimiento de voz.....	78
Figura 2.25 Fuente de alimentación para el bloque transmisor.....	78
Figura 2.26 Fuente del alimentación para el servomotor con LM338.....	80
Figura 2.27 Fuente de alimentación para circuitos TTL y sensores.....	80
Figura 2.28 Módulo de sensores del robot explorador.....	81
Figura 2.29 Módulo cerebro.....	81
Figura 2.30 Servomotor.....	82
Figura 2.31 Cuerpo del robot explorador.....	82
Figura 2.32 Tarjeta USB2.0 TV BOX.....	84
Figura 2.33 Base del robot explorador.....	85
Figura 2.34 Rueda de acople llanta-servomotor.....	86
Figura 2.35 Base para sujetar el servomotor.....	86
Figura 2.36 Base de la cámara.....	86
Figura 2.37 Acople de la llanta con el servomotor.....	87
Figura 2.38 Acoplamiento del servomotor con la base.....	87
Figura 2.39 Acople del soporte con la base del robot.....	88
Figura 2.40 Montaje del sistema sensorial.....	88
Figura 2.41 Montaje del sistema de alimentación.....	89
Figura 2.42 Montaje del cerebro.....	89
Figura 2.43 Montaje de la cámara.....	89
Figura 2.44 Montaje del tomador de muestras.....	90
Figura 2.45 Montaje del cepillo.....	90
Figura 2.46 Integracion del sistema total.....	91

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**  
**ESPE SEDE LATACUNGA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA ESPECIALIDAD**  
**INSTRUMENTACIÓN**  
**TESIS DE GRADO**

**1.- TÍTULO DEL PROYECTO DE TESIS**

“DISEÑO Y CONTRUCCION DE UN ROBOT EXPLORADOR CONTROLADO MEDIANTE COMANDOS DE VOZ EN FORMA REMOTA QUE SERVIRÁ COMO HERRAMIENTA DE LIMPIEZA DE SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO”.

**2.- UNIDAD RESPONSABLE**

Carrera de Ingeniería en Electrónica especialidad Instrumentación.

**3.- RESPONSABLES DEL PROYECTO**

Carlos Efraín Pumashunta Guisha  
Jefferson Rodrigo Villalba Jácome

**4.- COLABORADORES CIENTÍFICOS**

Ing. Reinoso Sixto

Ing. Bucheli José

## **5.- LOCALIZACIÓN GEOGRÀFICA DEL TEMA DE TESIS**

Latacunga-Cotopaxi-Ecuador

## **6.- ÀREA DE INFLUENCIA**

- Laboratorio de Robótica de la ESPE-L
- Empresas e Instituciones

## **7.- ANTECEDENTES**

La Formación integral de un profesional en el área de la Ingeniería Electrónica especialidad Instrumentación, debe estar a la par con los avances tecnológicos y científicos, para cubrir o dar solución a las necesidades de la industria, empresa, y sociedad en el transcurso del tiempo.

En el 2006 la ESPEL implemento el laboratorio de Robótica, por lo cual queremos profundizar en el tema a través del estudio y diseño de un robot que cónyuge al equipamiento del laboratorio y a demás permita a los estudiantes afianzar sus conocimientos mediante la aplicación practica de los diferentes temas desarrollados en las materias de MICRO CONTROLADORES, PROGRAMACION, ROBOTICA, CONTROL y COMUNICACION etc.

Considerando la existencia de un plan estratégico y su aplicación en la escuela nos hemos permitido realizar esta propuesta, para colaborar con la consolidación del mismo.

## 8.- PROYECTOS RELACIONADOS Y/O COMPLEMENTARIOS

- Implementación del módulo entrenador robótica OWI-O: Edison F. Monta Unaicho, Vicente Mayanquer M.
- Construcción de un Robot de configuración cilíndrica: Iván Almeida B, Juan C. Freire M.

## 9.- JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL TEMA A RESOLVER

En el mundo moderno de la industria la tecnología va avanzando a pasos agigantados; donde el hombre esta siendo reemplazado por máquinas, controladas de diferentes formas y conocido como robots. En el nuevo milenio se ha visto avances tecnológicos impresionantes en el mundo de la robótica, como el control de un robot mediante el computador. Para el presente proyecto se ha recurrido a la investigación con el fin de realizar el control de un robot (tipo vehículo de 4 llantas) mediante comandos de voz de forma remota.

En el presente proyecto se utiliza una tarjeta de Reconocimiento de Voz en la cual ingresaremos comandos ya preestablecidos mediante un micrófono, los cuales son los siguientes:

COMANDOS	ACCION
Adelante	Robot va a delante
Atrás	Robot va a atrás
Derecha	Robot a la derecha
Izquierda	Robot a la izquierda
Muestra	Robot toma una muestra del interior de los conductos del

	sistema de aire acondicionado.
--	--------------------------------

Utilizaremos Microcontroladores (gama media). Uno de estos Microcontrolares será empleado como maestro y los otros como esclavos para realizar el control del robot; todos estos ensamblados en un vehículo motorizado. Al robot se ingresan señales de sensores, y comandos de voz.

Dichas señales serán procesadas por el Maestro, y las decisiones tomadas serán ejecutadas mediante los Esclavos, que ejecutan su control mediante los actuadores finales (motores a pasos o servos), la programación del robot en modo explorador le permite al mismo evadir obstáculos y evitar baches del camino en el cual se este desplazando, las ordenes enviadas al robot serán de forma inalámbrica(trasmisor, receptor de ASK), con el fin de manejar al robot en zonas no visibles lleva incorporado una cámara de video. Con este proyecto estamos enlazando los aspectos básicos y fundamentales de la carrera de Ingeniería en Electrónica e Instrumentación que son: Micro Controladores, Programación, Control, y Comunicaciones

La implementación del presente proyecto es con la finalidad de facilitar la limpieza de los conductos de aire acondicionado por medio del video inspección y toma de muestras en dicho sistema. En el cual las personas no pueden tener acceso debido a las pequeñas dimensiones de los conductos, y de este modo contribuir a la disminución del índice de contaminación del aire que circula por los conductos del sistema.

No se han desarrollado proyectos de este tipo en el campo de la robótica en la ESPE sede Latacunga, ni en nuestro medio y es necesario comenzar con el estudio de este campo ya que se encuentra en pleno desarrollo, la creación de este robot tiene por objeto colaborar con el equipamiento del laboratorio del área de robótica de la ESPE sede Latacunga.



Los aspectos enunciados determinan la importancia y justifican plenamente el llevar a efecto la ejecución de este proyecto de grado.

#### **10.- OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO.**

Diseñar y Construir un Robot explorador controlado mediante comandos de voz en forma remota que servirá como herramienta de limpieza de sistemas de aire acondicionado.

#### **11.- OBJETIVOS ESPECIFICOS DEL PROYECTO**

- Facilitar y posibilitar la limpieza de conductos de aire acondicionado.
- Incorporación de un sistema de visualización en un robot de pequeñas dimensiones.
- Facilitar la toma de muestras para su posterior análisis en un laboratorio.
- Establecer el funcionamiento y características principales del modulo de reconocimiento de voz.
- Estudiar el funcionamiento del microcontrolador (gama media).
- Diseño e implementación de un modulo de radio frecuencia, mediante ASK.
- Realizar la programación de los microcontroladores, con la finalidad de ejecutar las órdenes pedidas al robot explorador.
- Acoplar señales de sensores infrarrojos al microcontrolador para realizar el monitoreo del estado del camino a seguir por el robot explorador.
- Determinar ventajas y desventajas del control mediante comandos de voz de forma remota.

#### **12.- METAS DEL PROYECTO.**

- Facilitar y posibilitar la limpieza de conductos de aire acondicionado con la incorporación de un sistema de visualización en un robot de pequeñas

dimensiones y facilitar la toma de muestras para su posterior análisis en un laboratorio.

- Implementación del robot explorador, controlado mediante comandos de voz de forma remota, mediante la integración de datos de control y comunicación.
- Aplicación de un microcontrolador (gama media) para ejecutar las órdenes pedidas al robot.
- Elaboración de un documento base para estudios posteriores, más profundos en el área de la robótica autónoma.

### **13.- METODOLOGÍA QUE SE PROPONE EMPLEAR.**

El método a utilizar en el presente proyecto es deductivo, basados en la investigación y análisis de la información. Además estarán respaldados por otros métodos como el analítico y experimental que nos faciliten el desarrollo del proyecto. Será necesario la consulta y recopilación de información utilizando diferentes textos, apuntes y conocimientos científicos adquiridos. El marco teórico a utilizarse será realizado en base a lo requerido por el proyecto.

### **14.- MARCO TEÒRICO**

#### **Robótica en general**

La robótica es una ciencia o rama de la tecnología, que estudia el diseño y construcción de máquinas capaces de desempeñar tareas realizadas por el ser humano o que requieren del uso de inteligencia. Las ciencias y tecnologías de las que deriva podrían ser: el álgebra, los autómatas programables, las máquinas de estados, la mecánica o la informática.

La Robótica ha alcanzado un nivel de madurez bastante elevado en los últimos tiempos, y cuenta con un correcto sustento teórico. Sin embargo, al intentar reproducir algunas tareas que para los humanos son muy sencillas, como andar, correr o coger un objeto sin romperlo, no se ha obtenido resultados satisfactorios, especialmente en el campo de la robótica autónoma.

### **Definición de un Robot**

Un robot es un dispositivo electrónico generalmente mecánico, que desempeña tareas automáticamente, ya sea de acuerdo a la supervisión humana directa, a través de un programa predefinido o siguiendo un conjunto de reglas generales. Un robot también se puede definir como una entidad hecha por el hombre con un cuerpo (anatomía) y una conexión de retroalimentación inteligente entre el sentido y la acción, no bajo la acción directa del control humano. Sin embargo, se ha avanzado mucho en el campo de los robots con inteligencia alámbrica. Las acciones de este tipo de robots son generalmente llevadas a cabo por motores o actuadores que mueven extremidades o impulsan al robot.

Asimismo, el término robot ha sido utilizado como un término general que define a una máquina mecánica o autómatas, que imita a un animal, ya sea real o imaginario, pero se ha venido aplicando a muchas máquinas que reemplazan directamente a un humano o animal en el trabajo o el juego. Esta definición podría implicar que un robot es una forma de biomimetismo.

### **La Robótica Autónoma**

Es el área de la Robótica que desarrolla robots capaces de desplazarse y actuar sin intervención humana. Para ello el robot debe percibir su entorno y actuar de forma adecuada, además de llevar a cabo su tarea.

La Robótica ha tenido grandes avances en entornos estructurados, en los que el controlador del robot puede tener un mapa detallado de su entorno. Conforme decrece el grado de estructuración del entorno las tareas se tornan más complejas. Esto ocurre cuando el robot es móvil y debe tener información de su posición en el mapa interno. En entornos no estructurados la solución a través de mapa no es viable, por lo que se toman caminos en los que no se usa la Inteligencia Artificial clásica, con un control centralizado, sino la Inteligencia Artificial basada en Multiagentes (originaria en el trabajo de Rodney Brooks y su arquitectura de subsunción), o en planteamientos conexionistas usando redes neuronales.

### **Motores Paso a Paso**

Los motores paso a paso son ideales para la construcción de mecanismos en donde se requieren movimientos muy precisos. La característica principal de estos motores es el hecho de poder moverlos un paso a la vez por cada pulso que se le aplique. Estos motores poseen la habilidad de poder quedar enclavados en una posición o bien totalmente libres. Si una o más de sus bobinas están energizadas. El motor paso a paso está constituido esencialmente por dos partes: a) Una fija llamada "estator", y b) Una móvil, llamada "rotor".

### **Servomotores**

Los servos son un tipo especial de motor de c.c. que se caracterizan por su capacidad para posicionarse de forma inmediata en cualquier posición dentro de su intervalo de operación. Para ello, el servomotor espera un tren de pulsos que se corresponde con el movimiento a realizar. Están generalmente formados por un amplificador, un motor, un sistema reductor formado por ruedas dentadas y un circuito de realimentación, todo en una misma caja de pequeñas dimensiones. El resultado es un servo de posición con un margen de operación de 180° aproximadamente.

Se dice que el servo es un dispositivo con un eje de rendimiento controlado ya que puede ser llevado a posiciones angulares específicas al enviar una señal codificada. Con tal de que exista una señal codificada en la línea de entrada, el servo mantendrá la posición angular del engranaje. Cuando la señal codificada cambia, la posición angular de los piñones cambia. En la práctica, se usan servos para posicionar elementos de control como palancas, pequeños ascensores y timones. También se usan en radio-control, marionetas y, por supuesto, en robots. Los Servos son sumamente útiles en robótica ya que son motores pequeños.

### **PIC (gama media)**

Es un circuito integrado programable que contiene todos los componentes de un computador, se emplea para controlar el funcionamiento de una tarea determinada y debido a su reducido tamaño, suele ir incorporado en el mismo dispositivo que gobierna.

Esta última característica es la que le confiere la denominación de “controlador incrustado”, en su memoria solo reside un programa destinado a gobernar una aplicación determinada; sus líneas de entrada/salida soportan el conexionado de sensores y actuadores del dispositivo a controlar y todos los recursos complementarios disponibles tienen como única finalidad atender sus requerimientos, una vez programado y configurado el microcontrolador solamente sirve para gobernar la tarea asignada.

### **Módulo de Reconocimiento de Voz**

El presente módulo basa su funcionamiento en un microcontrolador y una memoria RAM. Dicho módulo posee dos modos de funcionamiento.

1. Modo de almacenamiento de comandos

## 2. Modo normal de operación

### **Sensores Infrarrojos**

Sensor basado en el dispositivo SHARP IS471F inmune a interferencias de luz normal. Este sensor incorpora un modulador/demodulador integrado en su carcasa y a través de su patilla 4 controla un diodo LED de infrarrojos externo, modulando la señal que este emitirá, para ser captada por el IS471F que contiene el receptor. Cuando un objeto se sitúa enfrente del conjunto emisor/receptor parte de la luz emitida es reflejada y demodulada para activar la salida en la patilla 2 que pasará a nivel bajo si la señal captada es suficientemente fuerte. El uso de luz IR modulada tiene por objeto hacer al

sensor relativamente inmune a las interferencias causadas por la luz normal de una bombilla o la luz del sol.

### **Módulos de Radio Frecuencia**

La RADIO-FRECUENCIA, permite al usuario comunicarse entre dos equipos, a través de dispositivos de transmisión y recepción de datos, sin necesidad que los equipos se encuentren alineados, y en algunos casos, no necesitan que se encuentren en línea de vista, es decir puede estar un equipo en una habitación y otro equipo en otra habitación.

## **15.- TEMARIO DEL PROYECTO**

### **CAPÍTULO I GENERALIDADES**

#### **1.1 ROBOTICA**

- 1.1.1 Introducción a la Robótica.
- 1.1.2 Reseña Histórica.
- 1.1.3 Tipos de Robots.
- 1.1.4 Ventajas y Desventajas de la Robótica.
- 1.1.5 Campos de Aplicación de la Robótica.

## **1.2 PIC (gama media)**

- 1.2.1 Conceptos generales.
- 1.2.2 Arquitectura general.
- 1.2.3 Memoria de programa
- 1.2.4 Memoria de datos
- 1.2.5 Puertos de entrada y salida
- 1.2.6 Temporizadores
- 1.2.7 Conversor analógico a digital
- 1.2.8 Módulos
- 1.2.9 Modulo CCP

## **1.3 SISTEMA DE COMUNICACIÓN**

- 1.3.1 Transmisor (Modulación ASK)
- 1.3.2 Receptor (Demodulación ASK)

## **1.4 SENSORES Y ACTUADORES**

- 1.4.1 Rango de Funcionamiento de un Sensor Infrarrojo.
- 1.4.1 Diseño de un Sensor Infrarrojo.
- 1.4.3 Calibración de un Sensor Infrarrojo
- 1.4.4 Motor a pasos
- 1.4.5 Servomotores
- 1.4.6 Características de los motores.

## **1.5 TARJETA DE RECONOCIMIENTO DE VOZ.**

1.5.1 Descripción

1.5.2 Modo de funcionamiento de la tarjeta

## **CAPÍTULO II**

### **2.1 DISEÑO E IMPLANTACION DEL ROBOT EXPLORADOR CONTROLADO POR COMANDOS DE VOZ**

Descripción del sistema.

Manipulación de la tarjeta para grabar los comandos de voz.

Manejo de los módulos de RADIO-FRECUENCIA

Programación de los PIC'S (gama media) para realizar la ejecución de las ordenes pedidas al robot.

Programación del PIC'S (gama media) para el manejo de señales de sensores infrarrojos.

Interconexión entre la tarjeta y el PIC.

Ensamblaje del robot explorador.

Integración del Sistema Total

Análisis general

## **CAPÍTULO III**

### **RESULTADOS Y PRUEBAS EXPERIMENTALES**

- 3.1.1 Pruebas de comunicación.
- 3.1.2 Pruebas de control del robot.
- 3.1.3 Pruebas totales del sistema.
- 3.1.4 Análisis técnico económico

## **CAPÍTULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**



- 4.1.1 Conclusiones.
- 4.1.2 Recomendaciones.

## **16.- ANEXOS**

1. Glosario
2. Manual de Operación
3. Hojas Técnicas
4. Diagramas

## **17.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.**

<http://www.redes.upv.es/rc1/practicars/rs232.pdf>

<http://mundobot.com/tecnica/tecnica.htm>

<http://www.pablin.com.ar/electron/cursos/i2c/>

<http://www.comunidadelectronicos.com/articulos/i2c.htm>

<http://www.arcelect.com/rs232.htm>

[http://www.winpicprog.co.uk/pic\\_tutorial7.htm](http://www.winpicprog.co.uk/pic_tutorial7.htm)

## **18.- DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES PARA LA EJECUCIÓN**

- Recolección de información.
- Clasificación de la información
- Análisis de la información
- Elaboración e implementación del proyecto
- Pruebas.
- Redacción del proyecto
- Revisión de la Tesis
- Presentación del proyecto.

### **19.- DURACIÓN DEL PROYECTO**

Este proyecto está estimado realizarlo en seis meses, a partir de su fecha de aprobación.

### **20.- POSIBLE BIBLIOGRAFÍA A UTILIZAR**

1. PIC's (gama media) Microchip
2. MICROCONTROLADORES PIC: DISEÑO Angulo Usategui.
3. ELECTRONICA PRACTICA CON MICROCONTROLADORES PIC: DISEÑO Santiago Corrales V.

### **21.- ANÁLISIS DE COSTOS DEL PROYECTO**

<b>ORD</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL</b>	<b>COSTOS</b>
1	Material de oficina	\$ 150
2	Uso Internet	\$ 250
3	Materiales para diseño del robot	\$ 1000
4	Otros	\$ 300
	Total	\$ 1700

### **22.- FINANCIAMIENTO DE LA TESIS**

Todos los gastos de la tesis correrán por cuenta de los responsables del proyecto.

### **23.- CRONOGRAMA (ANEXO A)**

### **24.- FIRMA DEL COLABORADOR CIENTÍFICO**

.....

.....

ING. REINOSO SIXTO

ING. BUCHELI JOSE

## 25.- FIRMA DE LOS RESPONSABLES

.....

Carlos Pumashunta G.

.....

Jefferson Villalba J.

## CONTENIDO

CAPITULO 1. GENERALIDADES.....	1
<b>1.7 ROBOTICA.....</b>	<b>1</b>
1.7.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.7.2 RESEÑA HISTORICA.....	1
1.7.3 TIPOS DE ROBOTS.....	2
1.7.4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA ROBOTICA.....	4
1.7.5 CAMPOS DE APLICACIÓN DE LA ROBOTICA.....	6
<b>1.8 MICROCONTROLADORES.....</b>	<b>9</b>
1.8.1 CONCEPTOS GENERALES.....	9
1.8.2 MICROCONTROLADOR PIC 16F877A.....	13
1.8.3 ARQUITECTURA GENERAL (16F877A).....	14
1.8.4 MEMORIA DE PROGRAMA.....	20
1.8.5 MEMORIA DE DATOS.....	21
1.8.6 PUERTOS DE ENTRADA Y SALIDA.....	23
1.8.7 TEMPORIZADORES.....	27
1.8.8 CONVERTOR ANALOGICO DIGITAL.....	30
1.8.9 MODULO MSSP.....	34

1.8.10	MODULO CCP.....	36
1.9	<b>SISTEMAS DE COMUNICACIÓN.....</b>	<b>37</b>
1.9.1	INTRODUCCION.....	37
1.9.2	DESCRIPCION DE LOS MODULOS DE RF.....	37
1.9.3	CARACTERISTICAS SIGNIFICATIVAS.....	38
1.10	<b>SENSORES.....</b>	<b>39</b>
1.10.1	INTRODUCCION.....	39
1.10.2	TIPOS DE SENSORES.....	39
1.11	<b>ACTUADORES.....</b>	<b>41</b>
1.11.1	INTRODUCCION.....	41
1.11.2	MOTORES.....	41
1.12	<b>MODULO DE RECONOCIMIENTO DE VOZ.....</b>	<b>50</b>
	<b>CAPITULO II. DISEÑO Y MONTAJE.....</b>	<b>52</b>
2.3	INTRODUCCION.....	52
2.3.1	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL ROBOT EXPLORADOR CONTROLADO POR COMANDOS DE VOZ.....	52
2.3.2	DESCRIPCIÓN TOTAL DEL SISTEMA.....	52
2.3.3	TARJETA DE RECONOCIMIENTO DE VOZ.....	57
2.3.4	MODULOS DE RADIO FRECUENCIA.....	61

2.3.5	PROGRAMACIÓN DE LOS PIC'S (GAMA MEDIA) PARA REALIZAR LA EJECUCIÓN DE LAS ORDENES PEDIDAS AL ROBOT.....	62
2.3.6	PROGRAMACIÓN DEL PIC (GAMA MEDIA) PARA EL MANEJO DE LOS SENSORES DE PROXIMIDAD.....	71
2.3.7	INTERCONEXIÓN TARJETA-PIC.....	73
2.3.8	BLOQUE TRANSMISOR.....	74
2.3.9	BLOQUE RECEPTOR.....	75
2.3.10	BLOQUE DE VIDEO.....	79
2.3.11	DISEÑO DEL HARDWARE DEL ROBOT.....	81
2.3.12	ENSAMBLAJE DEL ROBOT EXPLORADOR.....	83
2.3.13	INTEGRACIÓN DEL SISTEMA.....	87

#### LISTADO DE TABLAS

Tabla 1.1.	Selección de los bancos de memoria RAM con RP0 y RP1.....	22
Tabla 1.2.	Nomenclatura y distribución de los bits del registro de control TMR1.....	29

Tabla 1.3. Distribución y asignación de los bits de registro T2CON.....	30
Tabla 1.4. Asignación de los bits de los registros de control del ADC.....	32
Tabla 1.5. Selección de la Frecuencia de reloj.....	32
Tabla 1.6. Secuencia de control de Motores P – P Bipolares.....	48
Tabla 1.7: Secuencia Normal para Motores P – P Unipolares.....	49
Tabla 2.1 Comandos.....	55
Tabla 2.2 Características del servomotor Hitec HS422.....	66
Tabla 2.4 Característica radio AV RECEIVER.....	81

## LISTADO DE FIGURAS

Figura.1.1 Perro robot.....	5
Figura 1.2. Arquitectura Harvard.....	9
Figura 1.3. Diagrama de asignación y conexiones del encapsulado.....	16
Figura 1.4. Arquitectura del PIC 16F877.....	20
Figura 1.5. Memoria de programa tipo flash en el PIC 16F877.....	21
Figura 1.7. Formas de seleccionar el banco y la dirección de la memoria RAM en los direccionamientos directo e indirecto.....	23

Figura 1.8. Esquema de conexionado de los pines RA0 – RA3 Y RA5 que multiplexan la función de E/S.....	24
Figura 1.9. Conexionado interno de los pines RB(7-4)de la puerta B.....	25
Figura 1.10. Esquema interno de los principales bloques del tmr1 con sus señales de control.....	29
Figura. 1.11. Estructura del Conexionado del ADC.....	33
Figura. 1.13. (a). Modo asincrono de comunicación; (b). Modo sincrono de comunicación.....	35
Figura. 1.14. Protocolo de comunicación.....	36
Figura. 1.15. Diagrama de bloques de un sistema RF .....	38
Figura. 1.16. Señal analoga.....	39
Figura. 1.17. Señal digital.....	40
Figura 1.18. (a). Parte frontal del rotor; (b). Dorso de un rotor.....	42
Figura 1.19. Estator.....	43
Figura 1.20. Un servo desmontado.....	43
Figura. 1.21. Duración del pulso y ángulo del eje.....	45
Figura. 1.22. Motor paso a paso.....	46
Figura. 1.23. Rotor.....	46
Figura. 1.24. Estator de 4 bobinas.....	47
Figura. 1.25. (a). Motor P -P Bipolar; (b). Motor P – P Unipolar.....	48
Figura 2.1 Diagrama del bloque transmisor.....	53
Figura 2.3 Diagrama de bloques del receptor.....	54
Figura 2.3 Conexión del bloque tres.....	54
Figura 2.4 SR-07 (Speech Recognition).....	58

Figura 2.5 Módulo transmisor acoplado al pic (16F68A).....	61
Figura 2.6 Módulo receptor acoplado al pic (16F628A).....	62
Figura 2.7 Flujograma para programación del pic de acoplamiento.....	63
Figura 2.8 Flujo grama para programación del pic de presentación.....	64
Figura 2.9 Flujo grama para la programación del pic master.....	65
Figura 2.10 Conector del servomotor.....	67
Figura 2.11 Conexión del servomotor con el pic (16F628A).....	67
Figura 2.12 Proceso de trucado del servomotor .....	68
Figura 2.13 Servomotor polarizado.....	69
Figura 2.14 Sensor SHARP GPD15.....	70
Figura 2.15 Funcionamiento del sensor SHARP GPD15.....	71
Figura 2.16 Circuito amplificador para la señal del sensor SHARP GPD15.....	71
Figura 2.17 Señal de salida del sensor SHARP GPD15 amplificada.....	72
Figura 2.18 Receptor de infrarrojo TSOP4838.....	72
Figura 2.19 Diseño del circuito emisor de IR.....	73
Figura 2.20 Conexión del receptor TOSP4838.....	73
Figura 2.21 Acoplamiento tarjeta SR-07 con el pic.....	74
Figura 2.22 Módulo de reconocimiento de voz.....	74
Figura 2.23 Fuente de alimentación para el bloque transmisor.....	75
Figura 2.24 Fuente del alimentación para el servomotor con LM338.....	76
Figura 2.25 Fuente de alimentación para circuitos TTL y sensores.....	77
Figura 2.26 Módulo de sensores del robot explorador.....	77
Figura 2.27 Módulo cerebro.....	78
Figura 2.28 Servomotor.....	78
Figura 2.29 Cuerpo del robot explorador.....	78
Figura 2.30 Tarjeta USB2.0 TV BOX.....	80
Figura 2.31 Base del robot explorador.....	82
Figura 2.32 Rueda de acople llanta-servomotor.....	82
Figura 2.33 Base para sujetar el servomotor.....	82



Figura 2.34 Base de la cámara.....	83
Figura 2.35 Acople de la llanta con el servomotor.....	83
Figura 2.36 Acoplamiento del servomotor con la base.....	84
Figura 2.37 Acople del soporte con la base del robot.....	84
Figura 2.38 Montaje del sistema sensorial.....	85
Figura 2.39 Montaje del sistema de alimentación.....	85
Figura 2.40 Montaje del cerebro.....	85
Figura 2.41 Montaje de la cámara.....	86
Figura 2.42 Montaje del tomador de muestras.....	86
Figura 2.44 Integración del sistema total.....	87

## CAPITULO I

### GENERALIDADES

#### 1.1 ROBOTICA

##### 1.1.1. Introducción.

La robótica es una rama de la [tecnología](#), que estudia el diseño y construcción de máquinas capaces de desempeñar tareas repetitivas o peligrosas para el ser humano, en el proceso de diseño y construcción de un robot intervienen muchos campos pertenecientes a otras ramas de la ciencia como (Mecánica, Electrónica, Informática y Matemática).

##### 1.1.2 Reseña Histórica.

La palabra "robot" viene del vocablo [checo](#) robota, que significa "servidumbre", "trabajo forzado" o "esclavitud", especialmente los llamados "trabajadores alquilados" que vivieron en el [Imperio Austrohúngaro](#) hasta [1848](#). El término fue utilizado por primera vez por [Karel Capek](#) en su historia actuada R.U.R. (Rossum's Universal Robots), aunque los robots de Capek

eran humanos artificiales [orgánicos](#), la palabra robot es casi siempre utilizada para referirse a humanos mecánicos. Hacia 1942, [Isaac Asimov](#) da una versión más humanizada a través de una serie de relatos muy conocidos, en los que introduce por primera vez el término robótica con el sentido de disciplina científica encargada de construir y programar robots.

### 1.1.3 Tipos de robots.

La potencia del software en el controlador determina la utilidad y flexibilidad del robot, dentro de las limitantes del diseño mecánico y la capacidad de los sensores los ha clasificado en tres grupos.

- Nivel de inteligencia
- Nivel de control
- Nivel de lenguaje de programación

A continuación **indicamos** una breve explicación de cada uno de los grupos en los cuales los clasifican.

- **Nivel de inteligencia**

Sobre este parámetro la Asociación de Robots Japonesa (JIRA) ha clasificado a los robots dentro de seis clases:

- Dispositivos de manejo manual, controlados por una persona.
- Robots de secuencia arreglada, los cuales cumplen una secuencia de comandos pregrabada en un controlador.

- Robots de secuencia variable, donde un operador puede modificar la secuencia fácilmente.
- Robots regeneradores, donde el operador humano conduce el robot a través de la tarea.
- Robots de control numérico, donde el operador alimenta la programación del movimiento, hasta que se enseñe manualmente la tarea.
- Robots inteligentes, los cuales pueden entender e interactuar con cambios en el medio ambiente.

- **El nivel de control**

El nivel de control que se realiza sobre un robot los agrupa en tres niveles diferentes.

- Nivel de inteligencia artificial, donde el programa aceptará un comando como "levantar el producto" y descomponerlo dentro de una secuencia de comandos de bajo nivel basados en un modelo estratégico de las tareas.
- Nivel de modo de control, donde los movimientos del sistema son modelados, para lo que se incluye la interacción dinámica entre los diferentes mecanismos, trayectorias planeadas, y los puntos de asignación seleccionados.
- Niveles de servo sistemas, donde los actuadores controlan los parámetros de los mecanismos con el uso de una retroalimentación interna de los datos obtenidos por los sensores, y la ruta es modificada sobre la base de los datos que se obtienen de sensores

externos. Todas las detecciones de fallas y mecanismos de corrección son implementados en este nivel.

- **El nivel del lenguaje de programación.**

Es clave para una aplicación efectiva de los robots para una amplia variedad de tareas, es el desarrollo de lenguajes de alto nivel. Los sistemas de programación de robots caen dentro de tres clases.

- Sistemas guiados, en el cual el usuario conduce el robot a través de los movimientos a ser realizados.
- Sistemas de programación de nivel-robot, en los cuales el usuario escribe un programa de computadora al especificar el movimiento y el censado.
- Sistemas de programación de nivel-tarea, en el cual el usuario especifica la operación por sus acciones sobre los objetos que el robot manipula.

#### **1.1.4.- VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA ROBÓTICA**

- **Ventaja**

Cada día **podemos darnos** cuenta como los robots se están integrando poco a poco a la vida cotidiana de los seres humanos. **Podemos** mencionar a los multirobots, capaces de adaptarse a diversos campos de trabajo. Se cree que sólo dentro de tres décadas surgirán las computadoras pensantes, que serán un millón de veces más poderosas que las actuales.

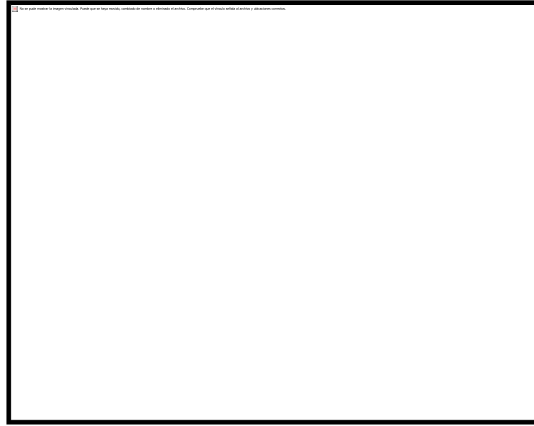


Figura.1.1. Perro robot

Estos robots permiten a los investigadores entender algunas funciones imposibles de desentrañar directamente a través de la experimentación animal como se muestra en la Figura 1.1.

- **Desventaja**

La revista científica Nature **dió** a conocer hace unos días uno de los mayores avances científicos en el campo de la inteligencia artificial: la creación de robots capaces de fabricar otros sin la intervención de la mano humana. Estas computadoras pensantes **solo** se consideran como una base de una especie de robots inteligentes capaces de crear copias de ellos mismos. Por lo cual se dice que podrán multiplicarse tan rápido que podrán acabar con el mundo físico.

### 1.1.5.- CAMPOS DE APLICACIÓN DE LA ROBÓTICA

Los robots son utilizados en una diversidad de aplicaciones, desde robots tortugas en los salones de clases, robots soldadores en la industria automotriz, hasta brazos teleoperados

en el trasbordador espacial, a continuación **indicamos** campos donde se **esta** aplicando la robótica en la actualidad.

- **Aplicación de transferencia de material.**

Una de las aplicaciones muy comunes en la industria actual es la transferencia de materiales, debido al tamaño y peso de los mismos la robótica es una solución muy viable.

- **Carga y descarga de **maquinas**.**

El gran tamaño de la maquinaria utilizada en la industria hace necesario la utilización de la robótica para el traslado de la misma.

- **Operaciones de procesamiento.**

Las operaciones de proceso son acciones repetitivas las cuales poseen un grado de afección hacia la salud de los seres humanos por tal motivo se utiliza la robótica con el fin de realizar las mismas, en la industria los procesos **mas** comunes son los siguientes.

- Soldadura por puntos.
- Soldadura por arco continúa.
- Recubrimiento con spray.

- **Educación.**

Los programas educacionales utilizan la simulación de control de robots como un medio de enseñanza, que permite a los estudiantes desarrollar habilidades y actitudes nuevas.

- **Vehículos submarinos.**

Se utiliza en la inspección y mantenimiento de tuberías que conducen petróleo, gas o aceite en las plataformas oceánicas; en el tendido e inspección del cableado para comunicaciones, para investigaciones geológicas y geofísicas en el suelo marino.

- **Espacio.**

Con el fin de continuar con los estudios en el espacio los científicos se han visto en la necesidad de recurrir a la robótica para continuar con el estudio del mismo

- **Laboratorios.**

Los robots están encontrando un gran número de aplicaciones en los laboratorios, llevan a cabo con efectividad tareas repetitivas como la colocación de tubos de pruebas dentro de los instrumentos de medición. En ésta etapa de su desarrollo los robots son utilizados para realizar procedimientos manuales automatizados.

- **Manipuladores cinemáticas.**

La robótica encontró su primera aplicación en la industria nuclear con el desarrollo de teleoperadores para manejar material radiactivo. Los robots más recientes han sido utilizados para soldar a control remoto y la inspección de tuberías en áreas de alta radiación

- **Agricultura.**

Las pesadas labores agrícolas han encaminado a los ingenieros a inclinarse por la robótica con el fin de automatizar las mismas. Los robots son capaces de detectar plantas enfermas, y alertar a otros robots de la existencia de una plaga



- **Medicina**

La Cibernética es una rama de la Informática que digitaliza el movimiento. Sus tres áreas principales son la Robótica, la Biónica y la Autómata, cada día las operaciones con la ayuda de los robots son más comunes

## 1.2 MICROCONTROLADORES.

### 1.2.1 *Conceptos Generales*

- Microcontrolador

Un microcontrolador es un circuito integrado que nos ofrece las posibilidades de un pequeño computador. En su interior encontramos un procesador, memoria, y varios periféricos. El secreto de los microcontroladores lo encontramos en su reducido tamaño, su precio y su diversidad.

- [Arquitectura](#) general

La arquitectura Harvard dispone de dos memorias independientes una, que contiene sólo instrucciones y otra, sólo datos. Ambas disponen de sus respectivos sistemas de buses de acceso y es posible realizar [operaciones](#) de acceso ([lectura](#) o [escritura](#)) simultáneamente en ambas memorias. (Figura 1.10). Los microcontroladores PIC responden a la arquitectura Harvard.

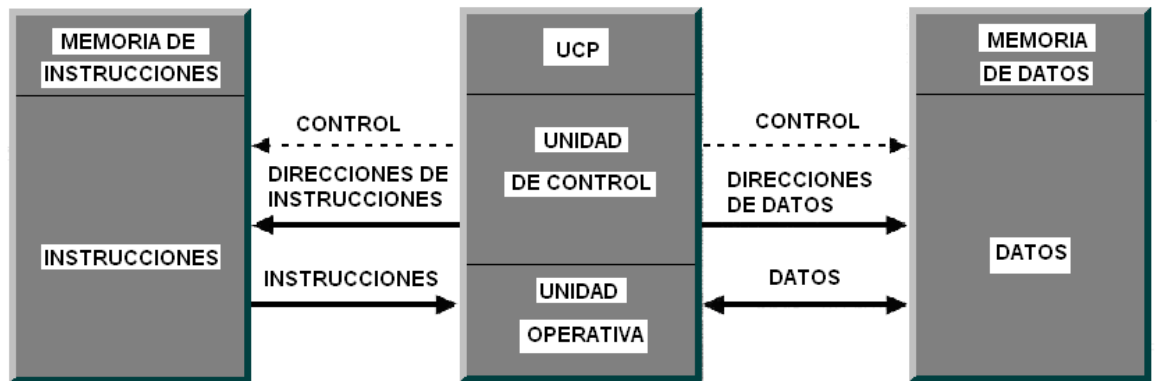


Figura 1.2. Arquitectura Harvard.

- Memoria

En los microcontroladores la memoria de instrucciones y datos está integrada en el propio chip. Una parte debe ser no volátil, tipo ROM, y se destina a contener el programa de instrucciones que gobierna la aplicación. Otra parte de memoria será tipo RAM, volátil, y se destina a guardar las [variables](#) y los datos.

- Recursos Especiales

Cada fabricante oferta numerosas versiones de una arquitectura básica de microcontrolador. En algunas amplía las capacidades de las memorias, en otras incorpora nuevos recursos, en otras reduce las prestaciones al mínimo para aplicaciones muy simples, etc. Los principales recursos específicos que incorporan los microcontroladores son:

- Temporizadores o "Timers"

Se emplean para controlar **periodos** de tiempo (temporizadores) y para llevar la cuenta de acontecimientos que suceden en el exterior (contadores), para la medida de tiempos se carga un [registro](#) con el valor adecuado y a continuación dicho valor se va incrementando o decrementando al ritmo de los impulsos de reloj o algún múltiplo hasta que se desborde y llegue a 0, momento en el que se produce un aviso, cuando se desean contar acontecimientos que se materializan por cambios de nivel o flancos en alguno de los pines

del microcontrolador, el mencionado registro se va incrementando o decrementando al ritmo de dichos impulsos.

- Perro guardián o "Watchdog"

Cuando el computador [personal](#) se bloquea por un fallo del software u otra causa, se pulsa el botón del reset y se reinicializa el sistema. Pero un microcontrolador funciona sin el control de un supervisor y de forma continuada las 24 horas del día. El **Perro guardián** consiste en un temporizador que, cuando se desborda y pasa por 0, provoca un reset automáticamente en el sistema. Se debe diseñar el programa de trabajo que controla la tarea de forma que refresque o inicialice al **Perro guardián** antes de que provoque el reset. Si falla el programa o se bloquea, no se refrescará al **Perro guardián** y, al completar su temporización, "ladrará y ladrará" hasta provocar el reset.

- Estado de reposo ó de bajo consumo

Son abundantes las situaciones reales de trabajo en que el microcontrolador debe esperar, sin hacer nada, a que se produzca algún acontecimiento externo que le ponga de nuevo en funcionamiento. Para ahorrar energía, (factor clave en los aparatos portátiles), los microcontroladores disponen de una instrucción especial (SLEEP en los PIC), que les pasa al estado de reposo o de bajo consumo, en el cual los requerimientos de potencia son mínimos. En dicho estado se detiene el reloj principal y se "congelan" sus circuitos asociados, quedando sumido en un profundo "sueño" el microcontrolador. Al activarse una interrupción ocasionada por el acontecimiento esperado, el microcontrolador se despierta y reanuda su trabajo.

- Conversor A/D (CAD)

Los microcontroladores que incorporan un Conversor A/D (Analógico/Digital) pueden procesar señales analógicas. Suelen disponer de un multiplexor que permite aplicar a la entrada del ADC diversas señales analógicas desde los pines del circuito integrado.

- Comparador analógico

Algunos modelos de microcontroladores disponen internamente de un Amplificador Operacional que actúa como comparador entre una señal fija de referencia y otra variable que se aplica por una de los pines de la cápsula. La salida del comparador proporciona un nivel lógico 1 ó 0 según una señal sea mayor o menor que la otra. También hay modelos de microcontroladores con un módulo de tensión de referencia que proporciona diversas tensiones de referencia que se pueden aplicar en los comparadores.

- Modulador de anchura de impulsos o PWM

Son circuitos que proporcionan en su salida impulsos de anchura variable, que se ofrecen al exterior a través de los pines del encapsulado.

- Puertos de E/S digitales

Todos los microcontroladores destinan algunas de sus pines a soportar líneas de E/S digitales, por lo general, estas líneas se agrupan de ocho en ocho formando puertos. Las líneas digitales de los puertos pueden configurarse como entrada o como salida cargando un 1 ó un 0 en el bit correspondiente de un registro destinado a su configuración.

- Puertos de comunicación

Con objeto de dotar al microcontrolador de la posibilidad de comunicarse con otros dispositivos externos, otros buses de microprocesadores, buses de sistemas, buses de

[redes](#) y [poder](#) adaptarlos con otros elementos bajo otras [normas](#) y [protocolos](#). Algunos modelos disponen de recursos que permiten directamente esta tarea, entre los que destacan, UART. Adaptador de comunicación serie asíncrona, USART. Adaptador de comunicación serie síncrona y asíncrona. Puerta paralela esclava para poder conectarse con los buses de otros microprocesadores, USB (Universal Serial [Bus](#)), que es un moderno bus serie para los PC, Bus I<sup>2</sup>C, que es un interfaz serie de dos hilos desarrollado por Philips, CAN (Controller Area Network), para permitir la adaptación con redes de conexionado multiplexado desarrollado conjuntamente por Bosch e Intel para el cableado de dispositivos en automóviles.

### 1.2.2 **Microcontrolador Pic. 16F877A**

El PIC16F877 se pueden considerar como una combinación de las virtudes del PIC 16F84 con la inclusión de los recursos de los PIC 16F73 y 74. Incorporan la memoria FLASH, con una capacidad de 4 K y 8 K palabras de 14 bits, sin cambiar la estructura interna del procesador y conservando el mismo repertorio de instrucciones.

La memoria RAM posee una capacidad de 368 byte, mantienen la misma estructura basada en 4 bancos de 128 bytes cada uno, seleccionables con los bits RP0 y RP1 del Registro de Estado. La memoria de datos no volátil es de 256 bytes, se manejan hasta 14 posibles fuentes de interrupción y 3 timer. Además incorporan los siguientes recursos: Dos módulos CCP, comunicación serie, comunicación paralelo, conversor A/D.

### 1.2.3. **Arquitectura general (Pic 16F877A)**

Bajo la denominación PIC 16F87x se hace referencia a una subfamilia de micro controladores PIC de la gama media, que se identifica por tener como memoria de programa una de tipo FLASH y una serie de recursos semejantes a los modelos más potentes.

A continuación indicamos los principales recursos del microcontrolador PIC 16F877, los cuales son las siguientes:

- Procesador de arquitectura RISC avanzada.
- Juego de 35 instrucciones de 14 bits de longitud, todas ellas se ejecutan en un ciclo de instrucciones, menos las de salto que tardan dos ciclos.
- Frecuencia máxima de 20 MHz.
- Hasta 8K palabras de 14 bits para la memoria de código, tipo FLASH.
- Hasta 368 bytes de memoria de datos RAM.
- Hasta 256 bytes de memoria de datos EEPROM.
- Hasta 14 fuentes de interrupción interna y externa.
- Pila con 8 niveles.
- Modos de direccionamiento directo, indirecto y relativo.
- Perro guardián (WDT).
- Código de protección programable.
- Modo SLEEP de bajo consumo.
- Programación serie en circuito con dos patitas.
- Voltaje de alimentación comprendido entre 2 y 5.5V.
- Bajo consumo (menos de 2mA a 5V y 5 MHz)

Adicionalmente se especifica los dispositivos periféricos con que cuenta.

- Timer0: temporizador contador de 8 bits con predivisor de 8 bits.
- Timer1: temporizador contador de 16 bits con predivisor.
- Timer2: temporizador contador de 8 bits con predivisor y postdivisor.
- Dos módulos de Captura (CCP)
- Modulación por ancho de pulso (PWM).
- Conversor A/D de 10 bits.

- Puerto Serie Síncrono y Asíncrono
- Puerta Paralela Esclava.

En la figura 1.3. Se presenta el diagrama de asignación y conexión del encapsulado

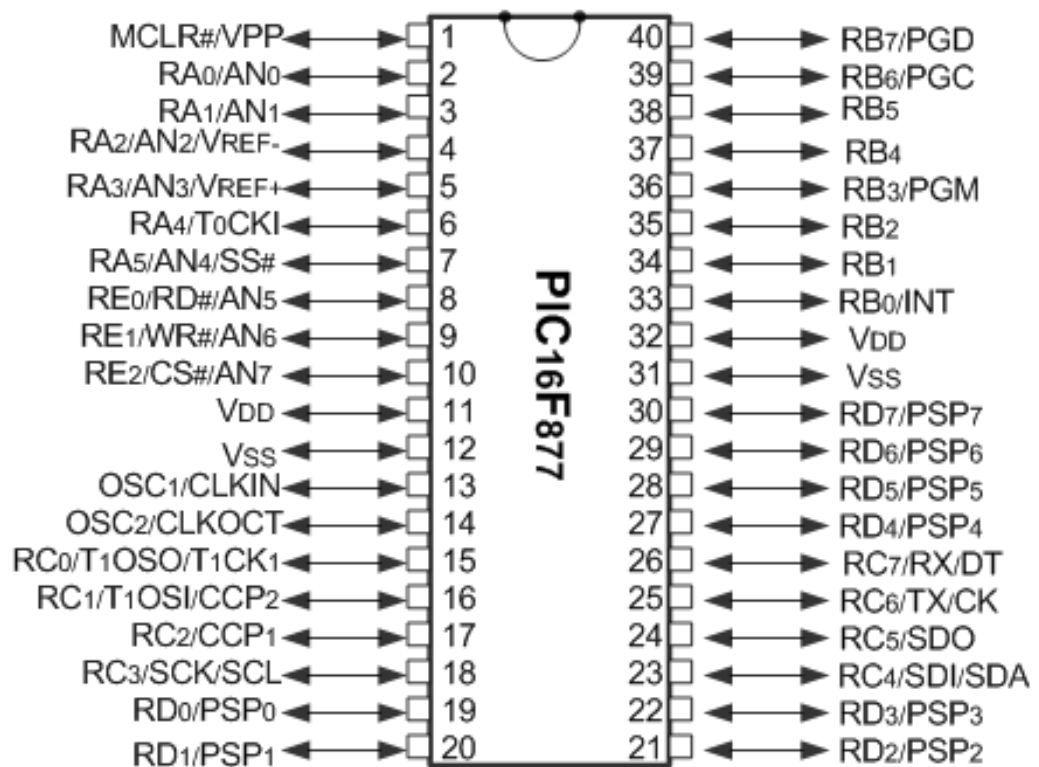


Figura 1.3. Diagrama de asignación y conexiones del encapsulado

- **Descripción De Pines Del Pic 16f877**

- Pines De Propósito General:

- OSC 1/CLKIN (13): entrada del cristal de cuarzo o del oscilador externo.
- OSC2/CLKOUT (14): salida del cristal de cuarzo. En modo RC, el pin

OSC2 saca la cuarta parte de la frecuencia que se introduce por OSC1, que determina el ciclo de instrucción.

- VSS (12-31): conexión a Tierra.
- VDD (11-32): entrada de la alimentación positiva.
- MCLR#VPP/THV(1): entrada de RESET o entrada del voltaje de programación o voltaje alto en el modo test.

- Puerta A

- RA0/AN0(2): puede actuar como línea digital de E/S o como entrada analógica al conversor AD (canal 0)
- RA1/AN1(3): igual que la RA0/AN0.
- RA2/AN2/VREF- (4): puede ser línea digital de E/S, entrada analógica o entrada del voltaje negativo de referencia.
- RA3/AN3/VREF+ (5): línea digital de E/S, entrada analógica o entrada del voltaje de referencia positivo.
- RA4/T0CKI (6): línea digital de E/S o entrada del reloj del Timer0. Salida con colector abierto.
- RA5/SS#/AN4(7): línea digital de E/S, entrada analógica o selección como esclavo de la puerta serie síncrona.

- Puerta B

- RB0/INT(33): línea digital de E/S o entrada de petición de interrupción externa
- RB1(34): línea de E/S digital.
- RB2(35): línea de E/S digital.
- RB3/PGM(36): línea digital de E/S o entrada del voltaje bajo para programación.
- RB4(37): línea de E/S digital.
- RB5(38): línea de E/S digital.



- RB6/PGC(39): línea digital de E/S. En la programación serie recibe las señales de reloj.

- RB7/PGD(40): línea digital de E/S. En la programación serie actúa como entrada de datos.

- Puerta C

- RC0/T1OSO/T1CKI(15): línea digital de E/S o salida del oscilador del Timer1 o como entrada de reloj del Timer1.

- RC1/T1OSI/CCP2(16): línea digital de E/S o entrada al oscilador del Timer1 o entrada al módulo Captura2/salida Comparación2/salida de PWM2.

- RC2/CCP1(17): E/S digital. También puede actuar como entrada Captura 1/Salida comparación1/Salida de PWM1.

- RC3/SCK/SCL(18): E/S digital o entrada de reloj serie síncrona/salida de los modos SPI e I2C.

- RC4/SDI/SDA(23): E/S digital o entrada de datos en modo SPI o I/O datos en modo I2C.

- RC5/SDO(24): E/S digital o salida de datos en modo SPI.

- RC6/TX/CK (25): E/S digital o pin del transmisor del USART asíncrono o como reloj del síncrono.

- RC7/RX/DT(26): E/S digital receptor del USAR asíncrono o como datos en el síncrono.

- Puerta D

- RD0/PSP0-RD7/PSP7(19): los 8 pines de esta puerta pueden actuar como líneas de E/S digitales o como líneas para la transferencia de información en la comunicación de la puerta paralela esclava.

- Puerta E.

- RE0/RD#/AN5(8): E/S digital o señal de lectura para la puerta paralela esclava o entrada analógica

- RE1/WR#/AN6(9): E/S digital o señal de escritura en la puerta paralela esclava o entrada analógica al conversar A/D.

- RE2/CS#/AN7(10): E/S digital o activación/desactivación de la puerta paralela esclava o entrada analógica.

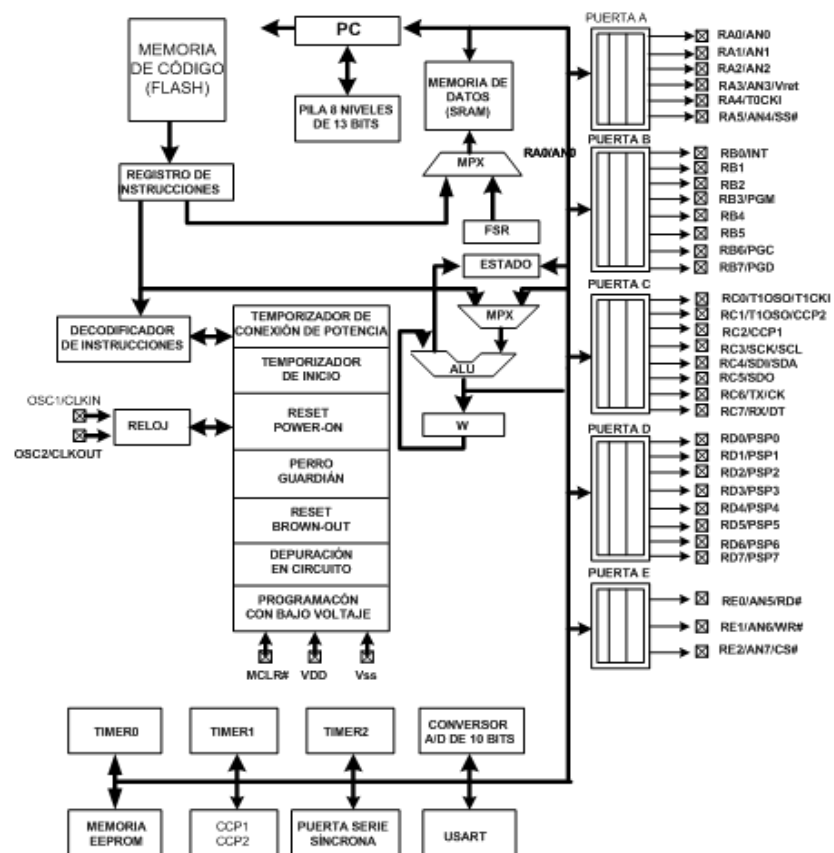


Figura 1.4. Arquitectura del PIC 16F877

### 1.2.4 MEMORIA DE PROGRAMA.

La memoria FLASH, en la que se graba el programa de aplicación en el PIC16F877, puede tener una capacidad de 4 K u 8 K palabras de 14 bits cada una. Dicha memoria está dividida en páginas de 2 K palabras y está direccionada con el PC, que tiene un tamaño de 13 bits. La pila, que tiene 8 niveles de profundidad, es transparente para el usuario, es decir, funciona automáticamente y no dispone de instrucciones para guardar o sacar información. Con la instrucción CALL y con las interrupciones, el valor del PC se graba en el nivel superior. Con las instrucciones RETURN, RETFIE y RETLW el valor contenido en el nivel superior de la pila se carga en el PC. El vector de Reset ocupa la dirección 0000h y el vector de Interrupción la 0004h, igual que en el PIC16F84.

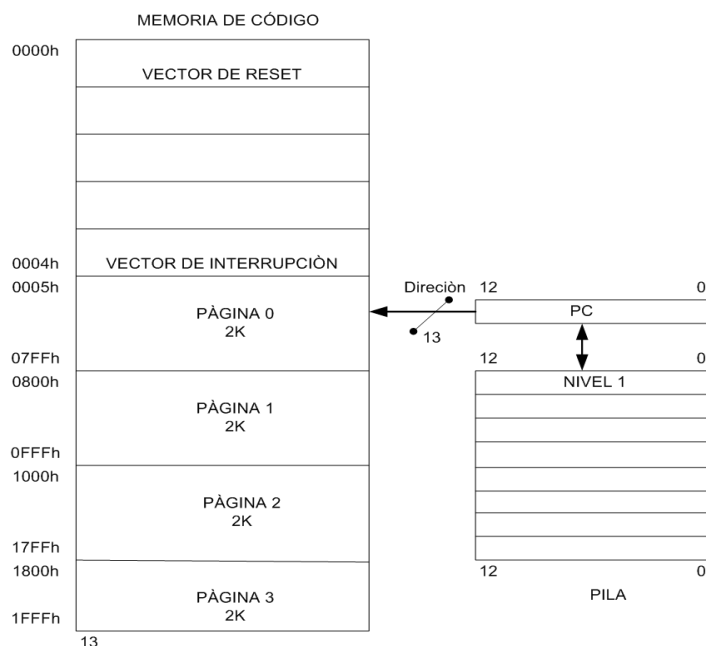


Figura 1.5. Memoria de programa tipo flash en el PIC 16F877

### 1.2.5. MEMORIA DE DATOS

La memoria de datos tiene posiciones implementadas en RAM y otras en EEPROM. En la sección RAM, se alojan los registros operativos fundamentales del funcionamiento del procesador y del manejo de todos sus periféricos, además de registros que el programador puede usar para información de trabajo propia de la aplicación. La memoria EEPROM sirve para guardar datos de forma no volátil, a la que se considera como un dispositivo especial. La RAM estática consta de 4 bancos con 128 bytes cada uno. En las posiciones iniciales de cada banco se ubican los Registros Específicos que gobiernan al procesador y sus recursos. Para seleccionar el banco al que se desea acceder en la RAM se emplean los bits 6 y 5 del Registro de Estado, denominados RP1 y RP0 respectivamente, según el código siguiente:

Tabla. 1.1. Selección de los bancos de memoria RAM con RP0 y RP1

BANCO	RP1	RP0
0	0	0
1	0	1
2	1	0
3	1	1

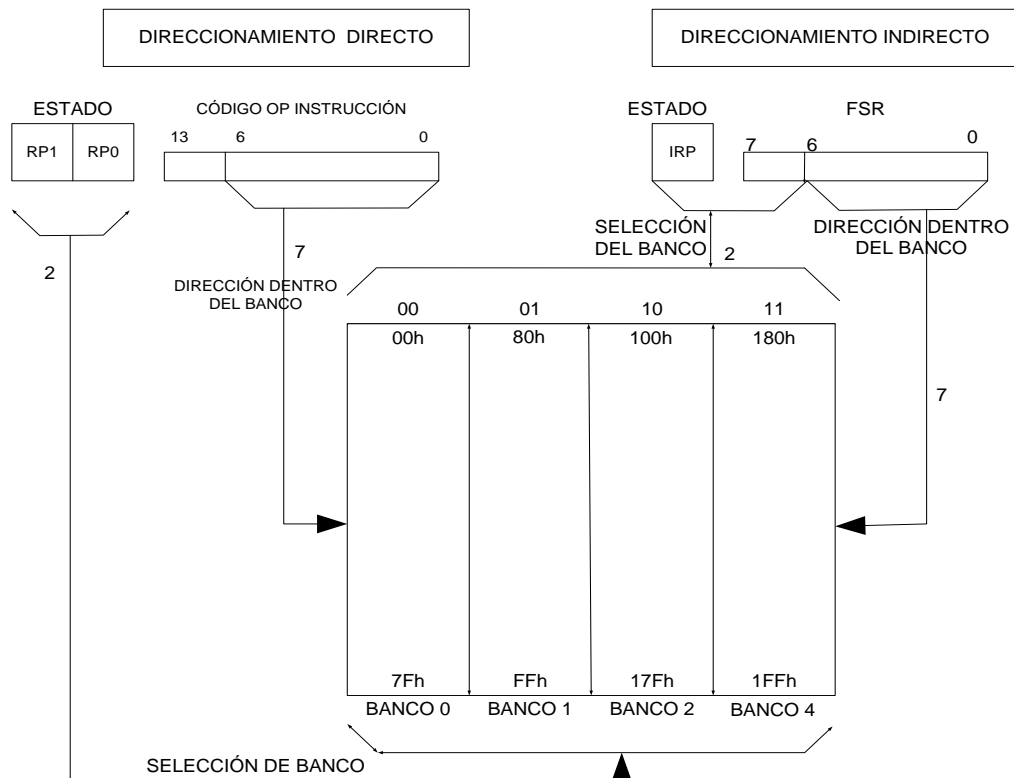
- **Control de la Memoria de Datos**

Para direccionar la memoria RAM de datos estructurada en 4 bancos de 128 bytes cada uno, existen dos modos diferentes:

- Direccionamiento directo.
- Direccionamiento indirecto.

En el modo de direccionamiento directo, los bits RP1 y RP0 del Registro de Estado (6y5) se encargan de seleccionar el banco, mientras que la dirección dentro del banco

la determinan 7 bits procedentes del código OP de la instrucción. Para el direccionamiento indirecto se usa el registro FSR, en el que sus 7 bits de menos peso señalan la dirección, y el banco lo determina el bit de más peso de FSR concatenado con el bit IRP del Registro de Estado (7), mostrado en la Figura 1.7.



**Figura 1.7. Formas de seleccionar el banco y la dirección de la memoria RAM en los direccionamientos directo e indirecto**

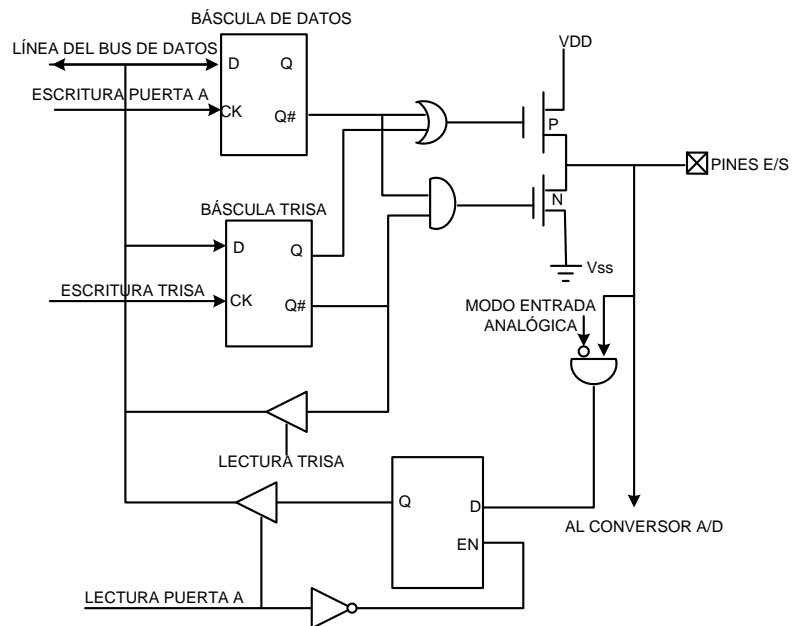
### 1.2.6. Puertos de Entrada y Salida.

Los microcontroladores PIC 16F877 encapsulados disponen de cinco Puertas de E/S (A, B, C, D y E). Todas las líneas de estas puertas son multifuncionales, es decir, realizan diversas funciones según estén programadas. Sin embargo, todas ellas tienen la capacidad de trabajar como líneas de E/S digitales.

- **Puerta A.**

Dispone de 6 líneas, denominadas RA0-RA5. Son bidireccionales y su sentido queda configurado según la programación de los bits del registro TRISA. Si el bit 0 del registro TRISA se pone a 1, la línea 0 (RA0) de la Puerta A funciona como entrada. Si se pone a 0 funciona como salida y el contenido de la báscula de salida se aplica a la patita correspondiente, según puede apreciarse en el esquema de la Figura 1.8.

Al leer el registro PORTA de la Puerta A se lee el estado de los pines, que es el que se halla escrito en la báscula de datos de la Figura 1.8. La escritura entraña una operación de (lectura-modificación-escritura), o sea, se leen los pines, luego se modifica su valor y finalmente se escribe en la báscula de datos.



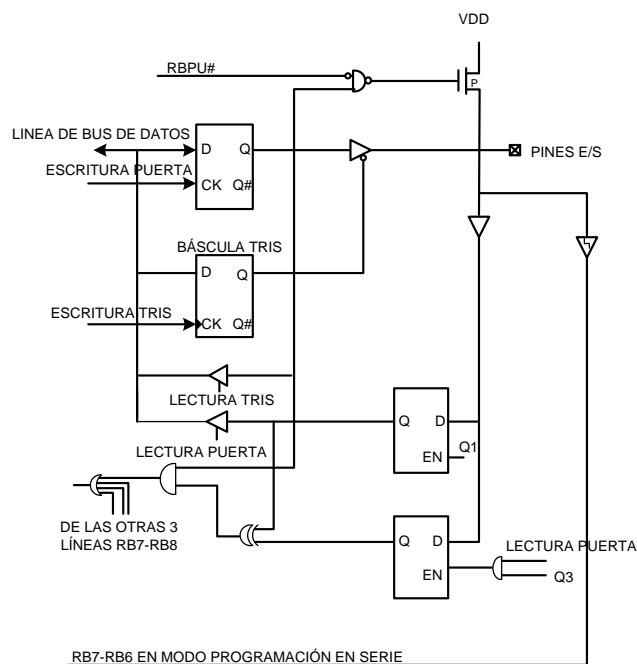
**Figura 1.8. Esquema de conexionado de los pines RA0 – RA3 Y RA5 que multiplexan la función de E/S**

- **Puerta B**

Dispone de 8 líneas bidireccionales cuya función se elige mediante la programación del registro TRIS B, igual que sucedía en la Puerta A con TRIS A. En el siguiente

programa, se configuran como entradas las líneas RB(3-0) y RB(7:6), mientras que RB(5:4) quedan asignadas como salidas.

Todos los pines de la Puerta B disponen de una resistencia interna de pull-up conectado al positivo de la alimentación, que queda habilitada cuando el bit RBPU#, que es el bit 7 del registro OPTION, tiene valor 0. La resistencia de pull-up es un transistor CMOS tipo P, como se aprecia en la Figura 1.9. Se conecta automáticamente siempre que la línea esté configurada como salida. Cuando se produce un Reset por conexión de la alimentación se desconectan todas las resistencias pull-up.



**Figura 1.9. Conexión interna de los pines RB(7-4) de la puerta B**

- **Puerta C**

Consta de 8 líneas bidireccionales cuyo sentido se configura mediante el registro TRISC, como se indicó anteriormente. Todos los pines de esta puerta tienen multiplexadas diferentes funciones.

- **Puerta D**

Esta puerta de 8 líneas bidireccionales, ocupa la dirección 08h, mientras que su registro de configuración TRISD ocupa la dirección 88h. Todos los pines disponen de entrada tipo Schmitt Trigger. Además de usarse como líneas de E/S digitales normales, implementan una puerta paralela esclava de 8 líneas (PSP), que sirve para permitir la comunicación en paralelo con otros elementos del sistema. Los pines se denominan RD0/PSP0-RD7/PSP7 y para que funcionen como puerta de comunicación esclava en paralelo es preciso poner el bit PSPMODE= 1. Este bit es el 4 del registro TRISE, que se comentará en la Puerta E.

- **Puerta E**

Ocupa la dirección 09h, dispone de 3 pines multifunción, que se configuran como entrada o salida, según el valor de los tres bits de menos peso del registro TRISE, que está ubicado en la dirección 89h. El PSP actúa como un puerto de comunicación en paralelo de 8 líneas y para su activación hay que poner el bit PSPMODE a 1. Dicho bit es el 4 del registro TRISE. Además de las 8 líneas de transferencia de datos, se precisan 3 señales de control, que determinan si la operación es de lectura, escritura y de permiso de funcionamiento (RD#, WR# y CS#). Estas tres líneas de control están implementadas en la Puerta E.

### **1.2.7 TEMPORIZADORES**

El PIC 16F877 disponen de un potente conjunto de temporizadores para manejar eficientemente todas las operaciones que involucran al tiempo y al contaje. Dichos temporizadores son tres y se denominan técnicamente TMRO, TMR1 y TMR2.

- **El TMR0.**

Es idéntico al que tiene el PIC16F84 y sus funciones más representativas son:



- TMR0 es un contador, Temporizador de 8 bits.
- Leíble y escribible.
- Reloj interno y externo.
- Selección del flanco en el reloj externo.
- Predivisor de la frecuencia de reloj programable.
- Generación de interrupción opcional en el desbordamiento.

El registro OPTION, es el encargado del control del TIMER 0 cuyas funciones son las siguientes.

- Asigna el divisor de frecuencias al timer0 (TIMER 0).
- Elige el rango en el que trabaja el divisor de frecuencia.
- Selecciona el tipo de reloj del TIMER0, que puede ser interno o externo a través del pin TOK1, también selecciona el flanco activo.

#### ▪ **TMR1**

Tiene las siguientes características:

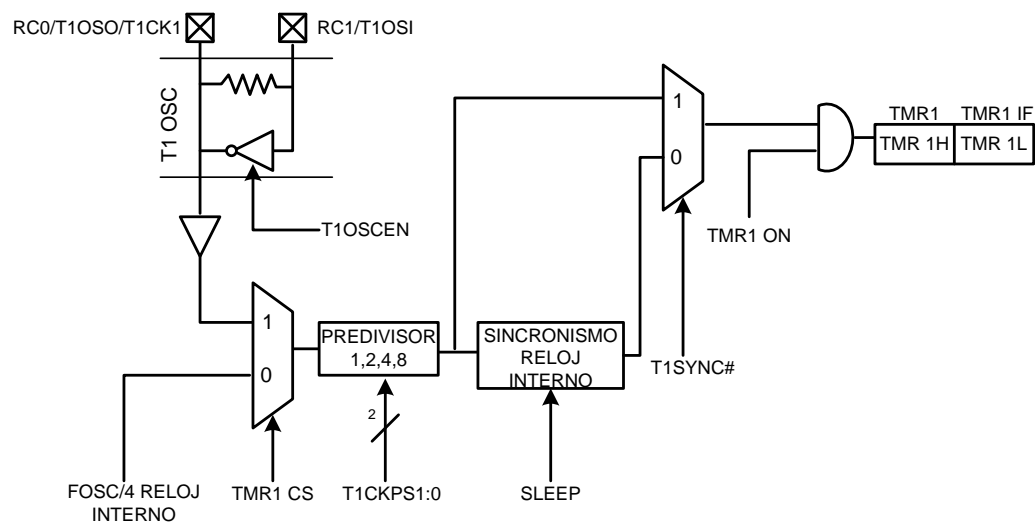
- TMR1 es un control, Temporizador de 16 bits.
- Leíble y escribible.
- Selección del reloj interno y externo.
- Interrupción opcional por desbordamiento del FFFFh a 0000h.
- Posible reinicialización desde los módulos CCP.

El TMR1 es el único Temporizador/Contador ascendente con un tamaño de 16 bits, lo que requiere el uso de dos registros concatenados de 8 bits: TMR1H:TMR1L, que son los encargados de guardar el valor del conteo en cada momento. Dicho valor evoluciona desde 0000h hasta FFFFh, instante en el que se activa el señalizador TMR1IF y se regresa al valor

inicial 0000h. También, si se desea, se puede provocar una petición de interrupción. El valor contenido en TMR1H:TMR1L puede ser leído o escrito y los impulsos de reloj que originan el conteo ascendente pueden provenir del exterior o de la frecuencia de funcionamiento del microcontrolador. El TMR 1 es capaz de funcionar de tres formas:

- Como temporizador.
- Como contador síncrono.
- Como contador asíncrono.

En la Figura 1.10. Se muestra el diagrama por bloques del TMR 1, en el que destacan las diversas señales de control y el predivisor de frecuencia.



**Figura 1.10. Esquema interno de los principales bloques del tmr1 con sus señales de control**

El funcionamiento del TMR 1 está gobernado por el valor con el que se programan los bits del registro T1CON, que ocupa la dirección 10h de la memoria (Tabla. 1.2.)

Registro T1CON					
T1CKPS1	T1CKPS0	T10SCEN	T1SYNC#	TMR1CS	TMR10N

**Tabla. 1.2. Nomenclatura y distribución de los bits del registro de control TMR1**

▪ **TMR2**

Se trata de un Temporizador ascendente de 8 bits, que se puede leer y escribir, y que también puede realizar funciones especiales para la Puerta Serie Síncrona (SSP) y con los módulos de captura y comparación. Ocupa la dirección 11h del mapa de los registros específicos. Al ingresar el microcontrolador en modo de reposo o SLEEP, se detiene el oscilador interno y al no existir la señal Fosc/4 deja de funcionar el TMR2. Para controlar el funcionamiento del TMR2 se usa el registro T2CON, que ocupa la dirección 12h del mapa de los registros específicos y cuya distribución y asignación de bits se muestra en la Tabla.

1.3.

Registro T2CON						
TOUTPS3	TOUTPS2	TOUTPS1	TOUTPS0	TMR2ON	T2SCKPSI	T2SCKPS0

**Tabla. 1.3. Distribución y asignación de los bits de registro T2CON**

1.2.8. **CONVERSOR ANALÓGICO DIGITAL**

Los microcontrolador PIC16F877 poseen un conversor A/D de 10 bits de resolución y 8 canales. La resolución que tiene cada bit procedente de la conversión tiene un valor que es función de la tensión de referencia Vref, de acuerdo con la fórmula siguiente:

$$\text{Resolución} = (V_{\text{ref}+} - V_{\text{ref}-})/1.024 = V_{\text{ref}}/1.024$$

Así, por ejemplo, si la  $V_{ref+} = 5 \text{ VDC}$  y la  $V_{ref-}$  es tierra, la resolución es de 4,8 mV/bit. Por tanto, a la entrada analógica de 0 V le corresponde una digital de 00 0000 0000 y para la de 5 V una de 1111111111. La tensión de referencia determina los límites máximo y mínimo de la tensión analógica que se puede convertir. El voltaje diferencial mínimo es de 2 V, a través del canal de entrada seleccionado, se aplica la señal analógica a un condensador de captura y luego se introduce al convertor, el cual proporciona un resultado digital de 10 bits de longitud usando la técnica de «aproximaciones sucesivas».

El convertor A/D es el único dispositivo que puede funcionar en modo Reposo (SLEEP), para ello el reloj del convertor deberá conectarse al oscilador RC interno.

- **Registros de Trabajo**

El funcionamiento del convertor A/D requiere la manipulación de cuatro registros:

- ADRESH. Parte alta del resultado de la conversión.
- ADRESL. Parte baja del resultado de la conversión.
- ADCON0. Registro de control 0.
- ADCON1. Registro de control 1.

En la pareja de registros ADRESH : ADRESL se deposita el resultado de la conversión, que al estar compuesta por 10 bits, sólo son significativos 10 de los bits de dicha pareja. El registro ADCON0 controla la operación del C A/D, mientras que el ADCON1 sirve para configurar los pines de la Puerta A como entradas analógicas o E/S digitales. Tabla. 1.4.

Registro ADCON 0 (Dirección 1Fh)							
R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-0
ADCS1	ADCS0	CHS2	CHS1	CHS0	GO/DONE	—	ADON
bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0
Registro ADCON 1 (Dirección 9Fh)							

R/W-0	R/W-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
ADFM	ADCS2	—	—	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0
bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0

**Tabla. 1.4. Asignación de los bits de los registros de control del ADC**

Los bits ADCON0 (7Y6) sirven para seleccionar la frecuencia de reloj que se emplea en la conversión, con la siguiente asignación (Tabla. 1.5.):

ADCS 1:0	FRECUENCIA
00	$F_{osc}/2$
01	$F_{osc}/8$
10	$F_{osc}/32$
11	Frc (procede del oscilador RC interno)

**Tabla. 1.5. Selección de la Frecuencia de reloj**

- **Estructura Interna y Configuración del ADC**

El bit (ADFM) del registro ADCON1 selecciona el formato del resultado de la conversión. Si vale 1, el resultado está justificado en el registro ADRESH. Si vale 0 la justificación se realiza sobre el registro ADRESL. Esto significa que los 16 bits que forma la concatenación de ADRESH: ADRESL una vez tiene a 0 los 6 bits de más peso y otras los 6 bits de menos peso, en la Figura 1.11. Se ofrece un esquema del conexionado del ADC con los pines que soportan los canales de entrada y salida de la tensión de referencia.

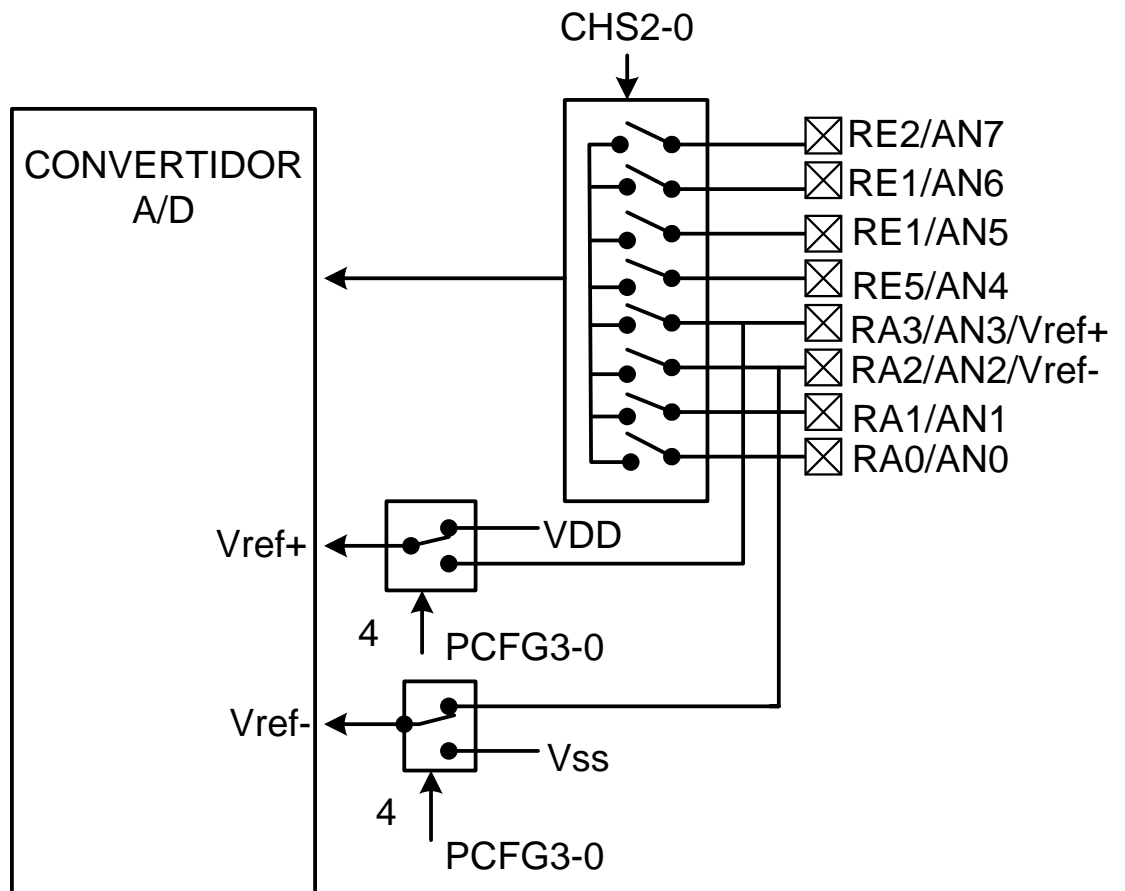


Figura. 1.11. Estructura del Conexionado del ADC

### 1.2.9. MÓDULO MSSP

El PIC16F877 contiene un módulo MSSP con dos puertas para la comunicación serie «síncrona», o sea, con señal de reloj. Además, también disponen de un módulo USART capaz de soportar la comunicación serie síncrona y asíncrona.

- **EI USART.**

Llamado SCI (Serial Communications Interface), puede funcionar como un sistema de comunicación full duplex o bidireccional asíncrono, adaptándose a multitud de periféricos y

dispositivos que transfieren información de esta forma. También puede trabajar en modo síncrono unidireccional o half duplex para soportar periféricos como memorias, conversores, etc. En resumen, el USART puede trabajar de tres maneras:

- ASÍNCRONA.(Full duplex, bidireccional).
- SÍNCRONA – MAESTRO (Half duplex, unidireccional).
- SÍNCRONA – ESCLAVO (Half duplex, unidireccional).

En la Figura. 1.12. Se muestra un esquema del comportamiento del USART en modo asíncrono y síncrono. En el primero, las transferencias de información se realizan sobre dos líneas TX (transmisión) y RX (recepción), saliendo y entrando los bits por dichas líneas al ritmo de una frecuencia controlada internamente por el USART. En el modo síncrono, la comunicación se realiza sobre dos líneas, la DT que traslada en los dos sentidos los bits a la frecuencia de los impulsos de reloj que salen por la línea CK desde el maestro. En ambos modos las líneas de comunicación son las dos de más peso de la Puerta C: RC6/TX/CK y RC7/RX/DT.

En esta forma de comunicación serie, se usa la norma RS-232, donde cada palabra de información o dato se envía independientemente de los demás. Suele constar de 8 o 9 bits y van precedidos por un bit de START (inicio) y detrás de ellos se coloca un bit de STOP (parada), de acuerdo con las normas del formato estándar NRZ (NonReturn-to-Zero). (Figura. 1.13.) Los bits se transfieren a una frecuencia fija y normalizada, los cuatro bloques que configuran la arquitectura del USART, en modo asíncrono, son:

- Circuito de muestreo
- Generador de baudios
- Transmisor asíncrono.
- Receptor asíncrono.

El circuito de muestreo actúa sobre la patita RC7/RX/DT, que es por donde se recibe el bit de información o control y se encarga de muestrear tres veces su valor, para decidir éste por mayoría.

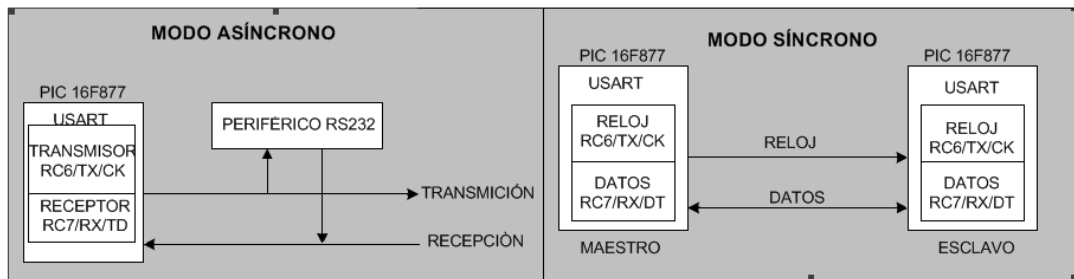


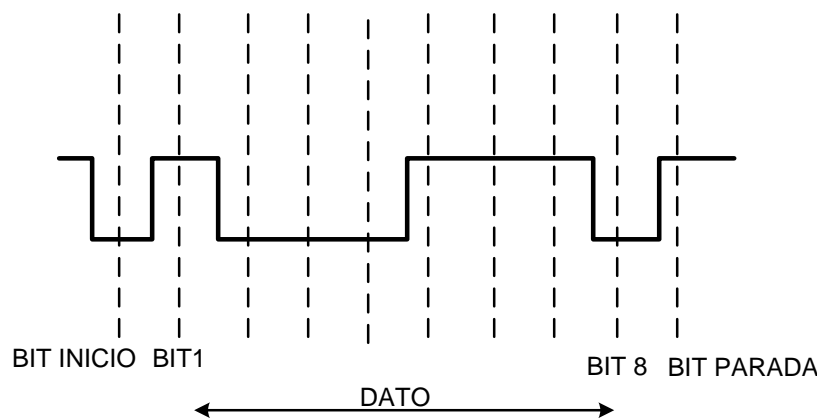
Figura. 1.13. (a)

Figura. 1.13. (b)

**Figura. 1.13. (a). Modo asincrono de comunicación; (b). Modo sincrono de comunicación.**

En el protocolo de comunicación cada palabra de información consta de 8 o 9 bits, precedidos por un bit de inicio y parada (Figura. 1.14.)

#### TRANSMISOR/RECEPTOR SÍNCRONO/ASÍNCRONO SERIE



**Figura. 1.14. Protocolo de comunicación.**

#### 1.2.10. Modulo CCP



El microcontrolador PIC16F877 dispone de dos módulos CCP, llamados CCP1 y CCP2, que son idénticos excepto en lo referente a la modalidad de «Disparo Especial». Dada esta similitud, la descripción se orienta hacia el módulo CCP1. Estos módulos pueden realizar tres funciones principales:

- **Modo captura.**

Una pareja de registros de un módulo CCPx captura el valor que tiene el TMR1 cuando ocurre un evento especial en el pin RC2/CCP1 (para el modulo CCP1) o en la RC1/T10SI/CCP2 (para el CCP2).

- **Modo comparación.**

Se compara el valor de 16 bits del TMR1 con otro valor cargado en una pareja de registros de un módulo CCPx y cuando coinciden se produce un evento en los pines RC2/CCP1 y/o RC1/T10SI/CCP2.

- **Modo modulación de anchura de pulsos (PWM).**

Dentro del intervalo del período de un impulso controla la anchura en que la señal vale nivel alto.

## **1.3 SISTEMA DE COMUNICACIÓN**

### **1.3.1. Introducción**

Los sistemas de comunicación de RF actuales permiten alcanzar distancias de varios metros de alcance dentro de construcciones cerradas, e inclusive de hasta cientos de

metros con línea de vista. Por tal motivo se han convertido en una solución muy práctica en comunicaciones.

### 1.3.2. Descripción de los Módulos RF

Los módulos de RF se emplean principalmente para aplicaciones OEM como en controles remotos, sistemas de seguridad, identificación y transmisión periódica de datos. Estos sistemas están conformados por un par de módulos: uno transmisor y otro receptor (para comunicaciones en un solo sentido) o por pares de transceptores (que permiten comunicación de doble vía), generalmente fabricados por la misma empresa, con lo que ofrece confiabilidad y buenas distancias de alcance. La mayoría de estos pares emplean tecnologías de modulación ASK (conmutador de desplazamiento de amplitud), y solo necesitan una antena como elemento externo. Estos pares de módulos presentan sintonía fija a una frecuencia determinada, como por ejemplos, 315MHz, 418MHz, 433.92MHz en UHF.

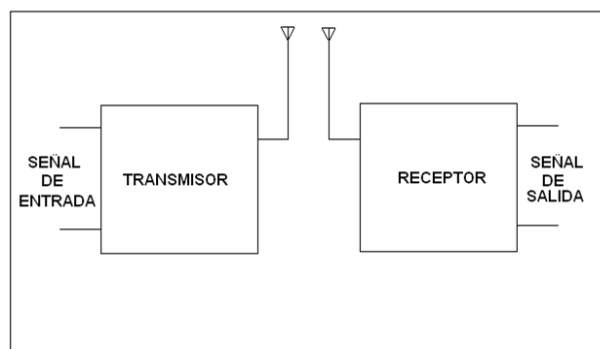


Figura. 1.14. Diagrama de bloques de un sistema RF

### 1.3.3. Características Significativas

- Bajo costo.
- No requiere elementos RF externos.
- Bajo consumo de potencia.

- Tamaño compacto (montaje superficie en algunos casos).
- Velocidades hasta da varios Kbps.
- Interfaz serial.
- Armónicos reducidos.
- En algunos casos, rango variable de voltaje de alimentación.

#### **1.4. SENSORES**

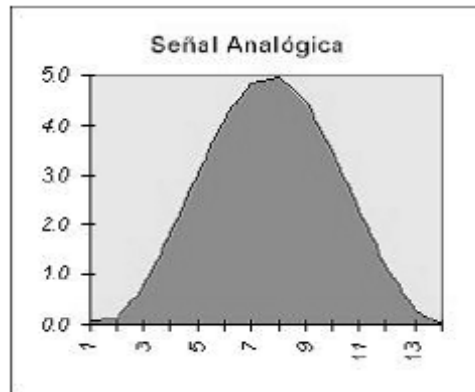
##### **1.4.1. Introducción**

Una parte importante a la hora de construir un robot es la incorporación de sensores. Los sensores trasladan la información desde el mundo real del ambiente que rodea al robot al mundo abstracto de los microcontroladores, para el posterior tratamiento de dicha información.

##### **1.4.2.- Tipos de Sensores**

- **Sensores analógicos.**

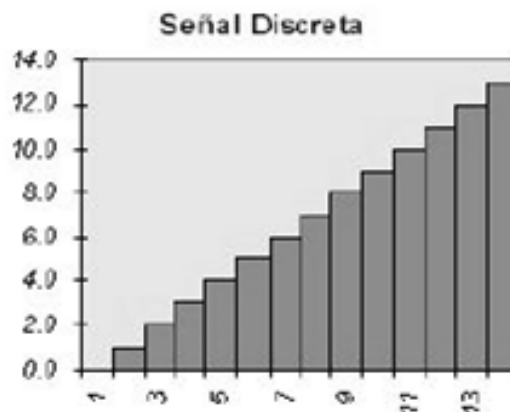
Un sensor analógico es aquel que puede entregar una salida variable dentro de un determinado rango (Figura. 1.15.). Un sensor analógico, como por ejemplo una Fotorresistencia (estos componentes miden intensidad de luz), puede ser cableado en un circuito que pueda interpretar sus variaciones y entregar una salida variable con valores entre 0 y 5 voltios.



**Figura. 1.15. Señal análoga.**

- **Sensores digitales.**

Un sensor digital es aquel que entrega una salida del tipo discreta (Figura. 1.16). Es decir, que el sensor posee una salida que varía dentro de un determinado rango de valores, pero a diferencia de los sensores analógicos, esta señal varía a pequeños pasos pre-establecidos (cuantificados).



**Figura. 1.16. Señal digital**

- **CCD**

La abreviatura CCD viene del inglés Charge-Coupled Device, Dispositivo Acoplado por Carga, el CCD es un circuito integrado, la característica principal de este circuito es que posee una matriz de celdas con sensibilidad a la luz alineadas en una disposición físico-eléctrica, que permite "empaquetar" en una superficie pequeña un enorme número de elementos sensibles, y manejar esa gran cantidad de información de imagen de una manera relativamente sencilla, sin necesidad de grandes recursos de conexiones y de circuitos de control

## **1.5 Actuadores**

### **1.5.1 Introducción**

Llamamos actuadores a los elementos que acciona el robot para reaccionar a los estímulos de los sensores. Entre ellos los más conocidos son los motores, LCD's, pinzas, brazos. Fundamentalmente para los robots móviles son el medio de locomoción que tenga.

### **1.5.2 Motores.**

Básicamente existen tres tipos de motores que se utilizan en robótica. Los motores de corriente continua o motores de corriente directa los servo motores y los motores paso a paso (stepper motors).

- **Motores de CC.**

Los motores CC (Corriente Continua) son muy utilizados en robótica, los hay de distintos tamaños, formas y potencias, pero todos se basan en el mismo principio de funcionamiento. Accionar un motor DC es muy simple y solo es necesario aplicar la tensión de alimentación entre sus bornes. Para invertir el sentido de giro basta con invertir la alimentación y el motor comenzará a girar en sentido opuesto. A diferencia de los motores paso a paso y los servomecanismos, los motores DC no pueden ser posicionados y/o enclavados en una posición específica, estos simplemente giran a la máxima velocidad y en el sentido que la alimentación aplicada se los permite.

- Componentes de un motor DC

El motor de corriente continua está compuesto de 2 piezas fundamentales:

- Rotor
- Estator
  - o El Rotor Constituye la parte móvil del motor, proporciona el troqué para mover a la carga.

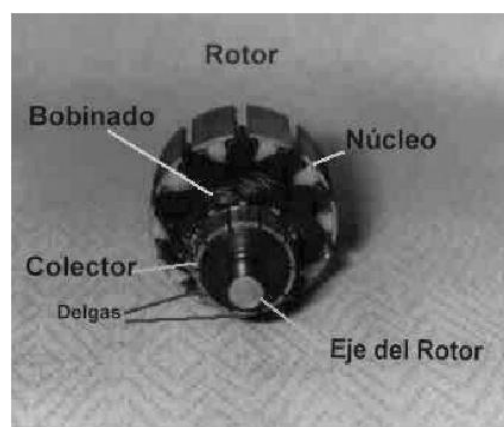
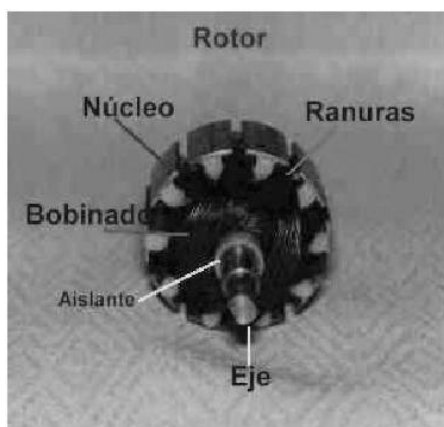


Figura. 1.17. (a)

Figura. 1.17. (b)

Figura 1.17. (a). Parte frontal del rotor; (b). Dorso de un rotor.

- El Estator constituye la parte fija de la máquina, su función es suministrar el flujo magnético que será usado por el bobinado del rotor para realizar su movimiento giratorio.



**Figura 1.18. Estator.**

- **Servomotor**

Un Servo es un dispositivo pequeño que tiene un eje de rendimiento controlado. Este puede ser llevado a posiciones angulares específicas al enviar una señal codificada. Con tal de que una señal codificada exista en la línea de entrada, el servo mantendrá la posición angular del engranaje. Cuando la señal codificada cambia, la posición angular de los piñones cambia.

- **Componentes de un servo**

Los servos están compuestos por un amplificador, el servo motor, piñonería de reducción y un potenciómetro de realimentación; todo incorporado en el mismo conjunto, (Figura. 1.19.)



**Figura 1.19. Un servo desmontado.**

En la Figura. 1.19. Puede apreciarse un servo de posición (lo cual significa que uno le indica a qué posición debe ir) desmontado, con un rango de aproximadamente 180 grados. Ellos tienen tres cables de conexión eléctrica; Vcc, GND, y entrada de control.

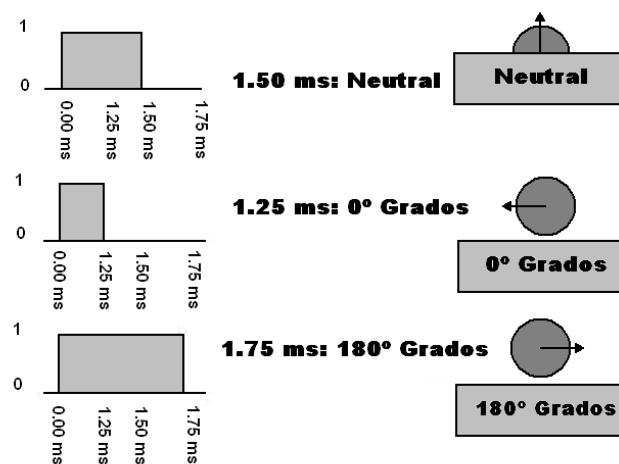
#### - Modo de trabajo de un servo

El motor del servo tiene algunos circuitos de control y un potenciómetro (una resistencia variable) esta es conectado al eje central del servo motor. En la Figura. 1.19. Se puede observar al lado derecho del circuito. Este potenciómetro permite a la circuitería de control, supervisar el ángulo actual del servo motor. Si el eje está en el ángulo correcto, entonces el motor está apagado. Si el circuito chequea que el ángulo no es el correcto, el motor girará en la dirección adecuada hasta llegar al ángulo correcto. El eje del servo es capaz de llegar alrededor de los 180 grados. Normalmente, en algunos llega a los 210 grados, pero varía según el fabricante. Un servo normal se usa para controlar un movimiento angular de entre 0 y 180 grados.

La cantidad de voltaje aplicado al motor es proporcional a la distancia que éste necesita viajar. Así, si el eje necesita regresar una distancia grande, el motor regresará a toda velocidad. Si este necesita regresar sólo una pequeña cantidad, el motor correrá a una velocidad más lenta. A esto se le llama control proporcional.



Cómo se debe comunicar el ángulo a cual el servo debe posicionarse. El cable de control se usa para comunicar el ángulo. El ángulo está determinado por la duración de un pulso que se aplica al alambre de control. A esto se le llama PWM (Modulación codificada de Pulsos). El servo espera ver un pulso cada 20 milisegundos (.02 segundos), la longitud del pulso determinará los giros del motor (Figura.1.20).



**Figura. 1.20. Duración del pulso y ángulo del eje**

Como se observa en la Figura. 1.20. La duración del pulso indica o dictamina el ángulo del eje (mostrado como un círculo). Nótese que las ilustraciones y los tiempos reales dependen del fabricante de motor. El principio, sin embargo, es el mismo.

- **Motores pasó a paso**

La característica principal de estos motores es el hecho de poder moverlos un paso a la vez por cada pulso que se le aplique. Este paso puede variar desde 90° hasta pequeños movimientos de tan solo 1.8°, es decir, que se necesitarán 4 pasos en el primer caso (90°) y 200 para el segundo caso (1.8°), para completar un giro completo de 360°. Estos motores

poseen la habilidad de poder quedar enclavados en una posición o bien totalmente libres, si una o más de sus bobinas está energizada, el motor estará enclavado en la posición correspondiente y por el contrario quedará completamente libre si no circula corriente por ninguna de sus bobinas



Figura. 1.21. Motor paso a paso.

#### - Componentes de un servo motor

Básicamente esos motores están constituidos normalmente por un rotor sobre el que van aplicados distintos imanes permanentes y por un cierto número de bobinas excitadoras bobinadas en su estator.



**Figura. 1.22. Rotor.**

Las bobinas son parte del estator y el rotor es un imán permanente. Toda la conmutación (o excitación de las bobinas) deber ser externamente manejada por un controlador.



**Figura. 1.23. Estator de 4 bobinas.**

- Tipos de servo motor

Existen dos tipos de motores paso a paso de imán permanente:

- Bipolar: Estos tienen generalmente cuatro cables de salida (Figura. 1.24 (a)). Requieren del cambio de dirección del flujo de corriente a través de las bobinas en la secuencia apropiada para realizar un movimiento.
- Unipolar: Estos motores suelen tener 6 o 5 cables de salida, dependiendo de su conexionado interno (Figura. 1.24. (b)). Este tipo se caracteriza por ser más simple de controlar.

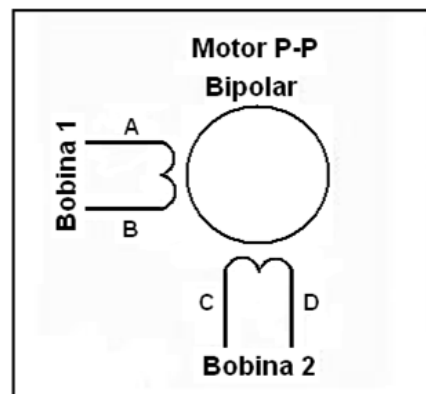


Figura 1.24 (a)

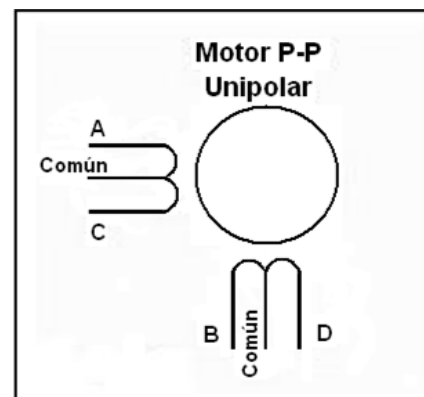


Figura 1.24 (b)

**Figura. 1.24. (a). Motor P-P Bipolar; (b). Motor P – P Unipolar**

- Secuencias para manejar Motores P – P Bipolares

Estos motores necesitan la inversión de la corriente que circula en sus bobinas en una secuencia determinada. Cada inversión de la polaridad provoca el movimiento del eje en un paso, cuyo sentido de giro está determinado por la secuencia seguida. A continuación se puede ver la tabla con la secuencia necesaria para controlar motores paso a paso del tipo Bipolar:

Paso	TERMINALES			
	A	B	C	D
1	+V	-V	+V	-V
2	+V	-V	-V	+V
3	-V	+V	-V	+V
4	-V	+V	+V	-V

**Tabla. 1.6. Secuencia de control de Motores P – P Bipolares.**

- Secuencias para manejar Motores P – P Unipolar

Existen tres secuencias posibles para este tipo de motores. Todas las secuencias comienzan nuevamente por el paso 1 una vez alcanzado el paso final (4 u 8). Para revertir el sentido de giro, simplemente se deben ejecutar las secuencias en modo inverso.

- Secuencia Normal: Esta es la secuencia más usada. Con esta secuencia el motor avanza un paso por vez y debido a que siempre hay al menos dos bobinas activadas, se obtiene un alto torque de paso y de retención.

Paso	Bobina A	Bobina B	Bobina C	Bobina D	
1	ON	ON	OFF	OFF	
2	OFF	ON	ON	OFF	
3	OFF	OFF	ON	ON	
4	ON	OFF	OFF	ON	

**Tabla 1.7: Secuencia Normal para Motores P – P Unipolares.**

#### 1.6 Modulo de Reconocimiento de Voz

*El presente Modulo de reconocimiento de voz a ser utilizado es de la firma norteamericana “IMAGES. INC”, el cual basa su funcionamiento en un microcontrolador “HM 2007” el cual esta diseñado específicamente para aplicaciones de reconocimiento de voz, y una memoria del tipo SRAM “HM6264LP-70”. El modulo de reconocimiento de voz posee dos modos de funcionamiento como son:*

- Modo de almacenamiento
- Modo escucha

- **Modo de almacenamiento.**

En este modo de funcionamiento el modulo de reconocimiento de voz digitaliza la señal de voz y la almacena en una memoria SRAM. El modulo esta en capacidad de almacenar hasta 20 palabras con una duración de 1.92 segundos por palabra.

- **Modo Escucha.**

En este modo de funcionamiento igualmente que en el anterior el modulo de reconocimiento de voz primero digitaliza la señal de voz y luego la compara con las palabras anteriormente almacenadas en la memoria SRAM, y si coincide con alguna palabra anteriormente almacenada esta nos proporciona una salida digital. Este valor digital depende de la localidad en la que este almacenada dicha palabra.

Existen casos en los cuales las palabras que ingresan al modulo son de muy larga duración o al contrario muy cortas o simplemente no coinciden con las palabras almacenadas, para todos estos casos el modulo ya tiene preestablecido diferentes datos de salida que le indican al usuario el error en el que esta incurriendo.

## CAPÍTULO II

### DISEÑO Y MONTAJE

#### 2.1 Introducción.

La construcción de un robot es relativamente complicada, se necesita de conocimientos en mecánica, electrónica y programación. Según el tipo de aplicación puede tomar distinta forma, complejidad de desarrollo y depende de la habilidad del diseñador para construir un robot.

En este capítulo se describe el diseño, construcción y ensamblaje del robot.

##### 2.1.1 **Diseño e Implementación del Robot Explorador Controlado por Comandos de Voz**

La construcción del robot exige el diseño de los componentes del robot como son:

- Diseño mecánico
- Diseño electrónico

**Diseño mecánico.-** Esta basado en un vehículo motorizado de cuatro llantas.

**Diseño electrónico.-** Desarrollado de acuerdo a la necesidad del proyecto y características de elementos electrónicos.

##### 2.1.2 **Descripción Total del Sistema**

El sistema consta de tres bloques: el transmisor, el receptor y el de video.

**Bloque transmisor.-** Consta de las siguientes partes:

- Módulo de reconocimiento de voz.
- Módulo de transmisión con LCD.
- Módulo de alimentación.
- Antena.

En la Figura 2.1 se describe el bloque transmisor.

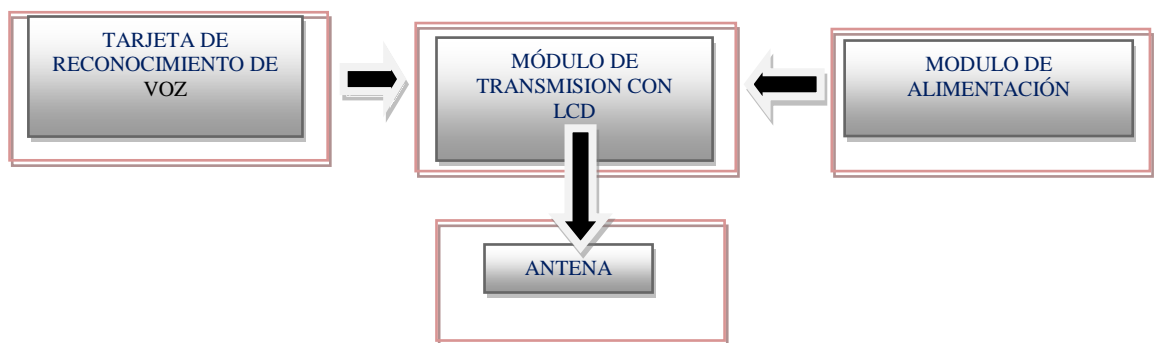


Figura 2.1 Diagrama del bloque transmisor

**Bloque receptor.-** Tiene las siguientes partes:

- Módulo de alimentación.
- Módulo de sensores.
- Módulo cerebro.
- Antena.
- Actuador.
- Cuerpo del robot.
- Accesorios.

En la Figura 2.2 se indica el bloque receptor.



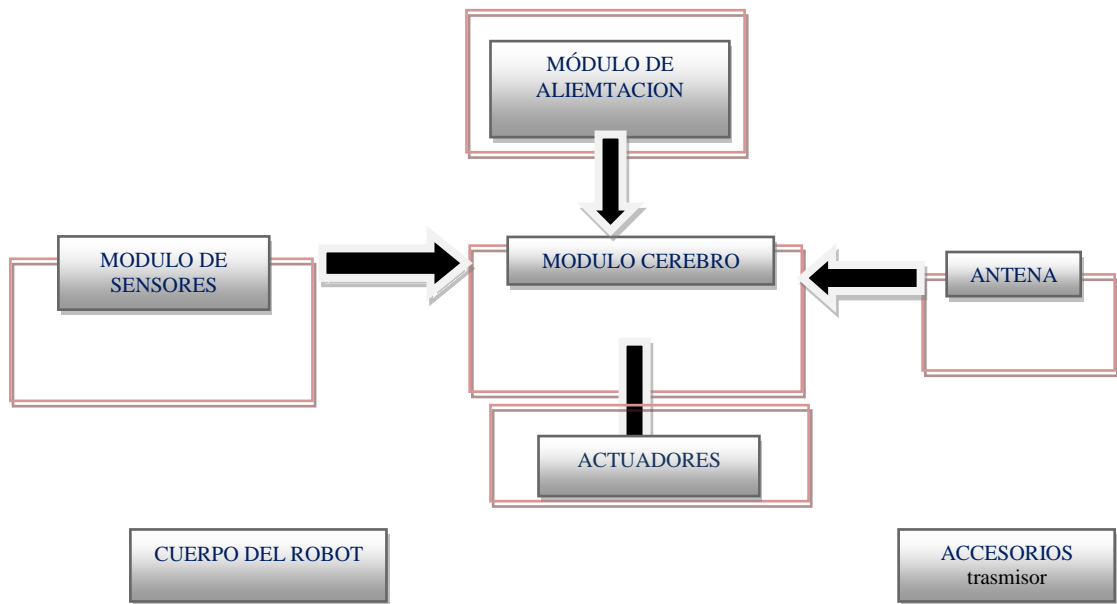


Figura 2.3 Diagrama de bloques del receptor.

**Bloque de video.-** Este bloque consta de las siguientes partes:

- Módulo de interconexión PC video.
- Cámara inalámbrica(transmisor, receptor)
- Software que utiliza el módulo de interconexión PC video.

En la Figura 2.3 se indica la conexión de de este bloque.



Figura 2.3 Conexión del bloque tres.

A la tarjeta se ingresa señales de audio mediante un micrófono, estas señales son procesadas por el módulo de reconocimiento de voz, la salida del módulo mencionado entrega datos binarios.

Los comandos utilizados para este diseño son de acuerdo a la necesidad de la aplicación, en la Tabla 2.1 se indican los comandos utilizados.

Tabla 2.1 Comandos

ITEM	COMANDO
1	ADELANTE
2	ATRÁS
3	DERECHA
4	IZQUIERDA
5	MUESTRA
6	LIMPIAR
7	ALTO
8	GIRO

Estos comandos realizan la siguiente función.

- **COMANDO ADELANTE.**- Se desplace hacia adelante.
- **COMANDO ATRÁS.**-Para que el robot se desplace hacia atrás.
- **COMANDO DERECHA.**-Es utilizado para que gire a la derecha.
- **COMANDO IZQUIERDA.**-Es utilizado para que gire a la izquierda.
- **COMANDO MUESTRA.**-Hacer girar el recaudador de muestras.

- **COMANDO LIMPIAR.**- Es utilizado para hacer girar el cepillo.
- **COMANDO ALTO.**-Es utilizado para detener al robot.
- **COMANDO GIRO.**- Ingresa al giro de 90 grados con los comandos derecha, izquierda.

La señal de salida del módulo de reconocimiento de voz son acopladas a un microcontrolador llamado "PIC DE ACOPLAMIENTO", mediante programación estos datos son visualizados en un LCD, el cual muestra el comando de voz que se emitió, que permitirá a manejar correctamente el robot explorador.

Acopladas las señales de la tarjeta al microcontrolador, este procede a enviar datos de forma serial, estos datos son ingresados al transmisor a través del pin, el cual se encarga de transmitir la información codificada a través de una antena omnidireccional, mientras que en el receptor mediante una antena de igual característica recibe la señal y la decodifica, estos datos son ingresados al microcontrolador master, con lo cual se establece la comunicación de RF, esto permite tener mando del robot explorador a gran distancia aproximadamente 50m en espacio libre.

El microcontrolador máster envía la señal de control al microcontrolador esclavo, el cual esta programado para enviar la señal al actuador para que ejecute la orden pedida por el operador del robot explorador.

El sistema incluye una cámara inalámbrica de infrarrojos que actúa de forma independiente al proceso de control del robot, tiene su propio transmisor y receptor que se conecta a una PC para realizar video inspección del lugar de trabajo.

El módulo de sensores, esta compuesto de sensores infrarrojos de proximidad, la señal obtenida del sensor es ingresado al microcontrolador máster, el cual incluye un programa para que pueda realizar una función específica ante un eventual suceso de peligro que se presente al robot explorador, por ejemplo la presencia de obstáculo, abismo, etc.

Como actuadores se utilizó el servomotor y el motor de corriente continua, los actuadores tienen la función específica de operar ante las señales emitidas por el microcontrolador (PIC máster), los servomotores están acopladas a las llantas y al recolector de muestras, mientras que el motor de corriente continúa esta acoplado al cepillo de limpieza de forma cilíndrica.

El recolector de muestras esta encargado de tomar muestras de las paredes de ductos de aire acondicionado, el control del servomotor esta acondicionado para que pueda girar solo 90 grados.

Como accesorio tiene un cepillo de limpieza de forma cilíndrica, que sirve para realizar limpieza del ducto del aire acondicionado.

### **2.1.3 Tarjeta de reconocimiento de voz.**

Para el manejo del Módulo de Reconocimiento de Voz se debe tomar en cuenta, las recomendaciones del fabricante antes de manipular dicho módulo, este dispositivo. La tecnología utilizada es su estructura es CMOS, para lo cual hay que tomar ciertas precauciones de seguridad.

La tarjeta es SR-07 (Speech Recognition) de la firma E.E.U.U. "IMAGES SI INC", que basa su funcionamiento en el microcontrolador HM 2007 diseñado específicamente para este tipo de aplicación. En la Figura. 2.4. Se muestra el módulo recomendado para este proyecto.

Este módulo de reconocimiento de voz por defecto maneja un vocabulario de 40 palabras cada una con un tiempo de duración de 0.96 segundos, en caso de que el usuario desee ingresar un vocabulario con palabras de mayor duración de tiempo, el modulo ofrece una opción de aumentar a 1.92 segundos pero en este caso se limita a 20 palabras, esto se logra en forma manual colocando el jumper en el pin 2 del HM 2007.

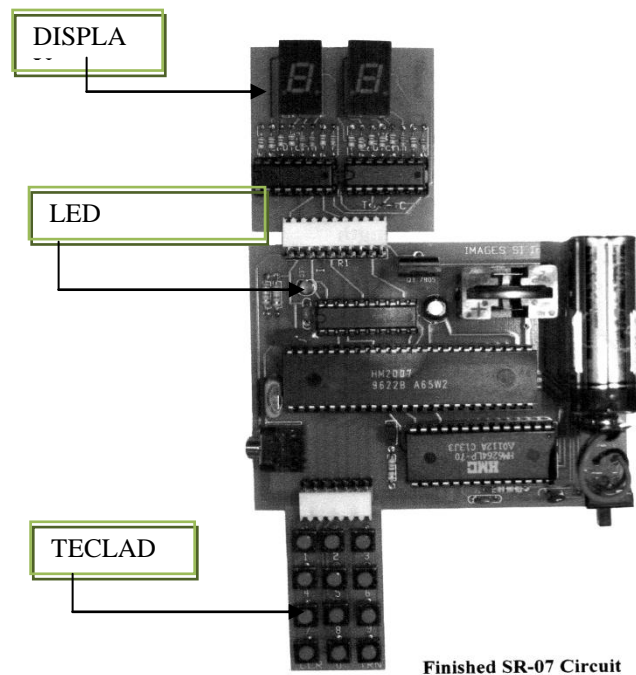


Figura 2.4 Tarjeta de reconocimiento de voz.

Para la manipulación del módulo de reconocimiento de voz se cuenta con un teclado y dos display como visualizadores de los datos.

#### ▪ **Uso del Teclado**

Como se puede visualizar en la Figura 2.5, este consta de 12 teclas. La tecla **TRAIN o TRN** se utiliza para cargar el vocabulario que se va a utilizar en la aplicación, mientras que con la tecla **CLEAR O CLR** se elimina el vocabulario que no se necesite dentro de la aplicación. Con el teclado numérico se asigna un número a cada comando ingresado, estas podrán ser de 1 o 20, se utilizó la configuración recomendada por el fabricante, caso contrario se puede configurar para utilizar 40 palabras. Por ejemplo el número uno almacenará el comando adelante, el número dos el comando atrás, etc.

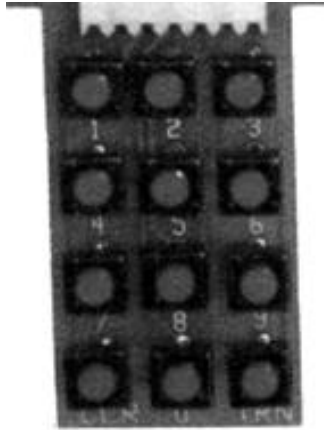


Figura 2.5 Teclado

- **Display**

El display permite identificar las operaciones que se van realizando con el módulo de reconocimiento de voz. Cuando el módulo se encuentra en el modo escucha el display permitirá visualizar la localidad de memoria asignada a dicho comando, en caso de que el comando no sea reconocido mostrará códigos de error. Cuando el módulo se encuentra en modo de almacenamiento el display indicará las localidades en la cual esta almacenando los comandos. Adicionalmente mostrará "00" cuando el módulo de reconocimiento de voz se encuentre encendido.

- **Led Indicador**

La función principal del Led Indicador es mostrar la señal de luz cuando se esta realizando operaciones en la tarjeta.

- **Almacenamiento de comandos**

Para realizar el proceso de almacenamiento de comandos en el módulo de reconocimiento de voz se deben seguir los siguientes pasos

- Conectar el micrófono al módulo de reconocimiento de voz.
- Encender el módulo, y verificar que el display indique "00"
- Mediante el teclado se selecciona las diferentes localidades de memoria en las cuales se asigna los comandos necesarios para la aplicación, cabe recalcar que las localidades disponibles en el módulo son de 1 a 20.
- Cuando se selecciona la localidad de memoria, se pulsa la tecla TRN o TRAIN y se vocaliza el comando en el micrófono conectado al módulo. En el caso de que la palabra sea aceptada el display mostrara el número de localidad seleccionada inicialmente, caso contrario mostrará el respectivo código de error.
- Se deberá seguir este procedimiento para realizar el ingreso de todo comando al módulo de reconocimiento de voz.
- Una vez terminado la grabación del comando, el modo escucha se activa automáticamente con este modo se procede a repetir el comando grabado y se puede visualizar mediante el display el número de localidad que se le asigno.
- El módulo de reconocimiento de voz tiene preestablecidos códigos de error que ayudan al manejo del módulo, así se tiene: 55 código de



error de palabra corta, 66 código de error de palabra larga, 77 código de error de palabra no reconocida.

Nota: El operador del robot explorador debe tratar de pronunciar los comandos con la misma tonalidad con la que se grabaron.

#### **2.1.4 Módulos de RADIO-FRECUENCIA**

Los módulos de radio frecuencia utilizados para esta aplicación son el TX-433 como transmisor y como receptor el RX-433, estos módulos transmiten a una frecuencia de 433 MHz con modulación ASK mediante él cual internamente el transmisor codifica los datos a ser enviados mientras que el receptor decodifica los datos recibidos.

- **Módulo transmisor TWS-433 con microcontrolador (pic 16F628A )**

Para esta aplicación se utiliza el pic 16F628A, el cual envía los datos en forma serial por el pin 1 al transmisor, estos ingresan por el pin 2 (data input), como se ilustra en la Figura 2.6.

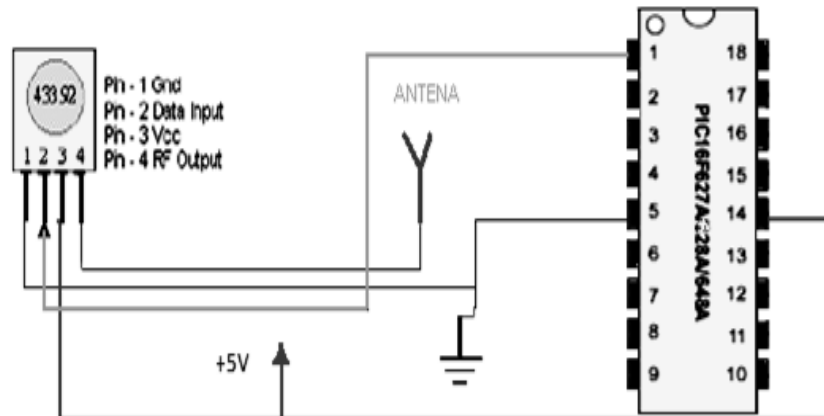


Figura 2.6 Módulo transmisor acoplado al pic (16F68A)

- **Módulo receptor RSW-434 con microcontrolador pic (16F8628A)**

El módulo receptor recibe la señal emitida por el transmisor a través de una antena acoplada, luego decodifica la señal y entrega los datos que envía el transmisor.

Un microcontrolador toma la señal del receptor, en forma serial, como se indica en la Figura 2.7.

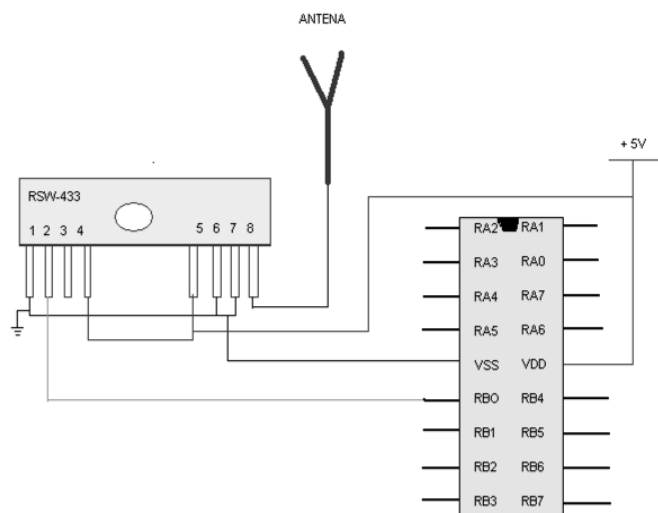


Figura 2.7 Módulo receptor acoplado al pic (16F628A)

### 2.1.5 Programación de los PIC'S (gama media) para la ejecución de las ordenes pedidas al robot.

La programación del microcontrolador es importante ya que viene a ser el cerebro del proceso, la interpretación de lo que quiere hacer el diseñador para la aplicación requerida.

La programación de esta aplicación está hecha en el paquete de software "MICROCODE STUDIO", que esta bajo BASIC, por medio de este lenguaje de programación se puede compilar y se puede generar los programas con extensión ".exa" para ser cargados en los pic.

En nuestra aplicación se ingresa datos digitales por un puerto del pic, el programa interpretara la orden dada en forma de voz, hará que el robot explorador realice una función especifica como por ejemplo; adelante donde el dato seria "00000010".

- **Programación del pic de acoplamiento (16F628A).** La Figura 2.8 muestra el flujograma para acoplar la señal de la tarjeta con el microcontrolador (pic de acoplamiento).

El programa toma los datos por un puerto de forma paralela, realiza la comparación con varios casos, si coinciden envían el dato en forma serial.

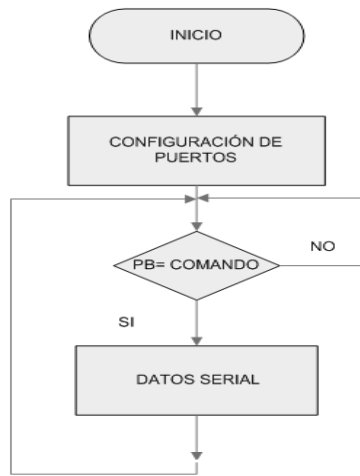


Figura 2.8 Flujograma para programación del pic de acoplamiento.

- **Programación del pic de presentación (16F628A).** En la Figura 2.9 se indica el diagrama de flujo para la programación del pic de presentación.

El programa siempre esta pendiente de la entrada, que realiza la comunicación serial si coincide con los casos indicará en el lcd el comando emitido.

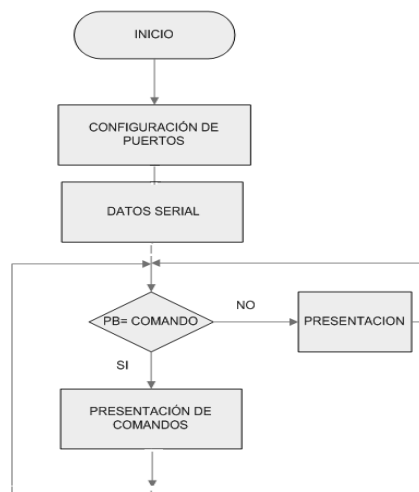


Figura 2.9 Flujograma para programación del pic de presentación

- **Programación del pic Máster (16F877A)** En la Figura 2.10 se indica el diagrama de flujo para la programación del pic Máster.

La programación de este pic es la parte central, el comanda a los pic esclavos realiza funciones de supervisión, orden y comunicación de RF.

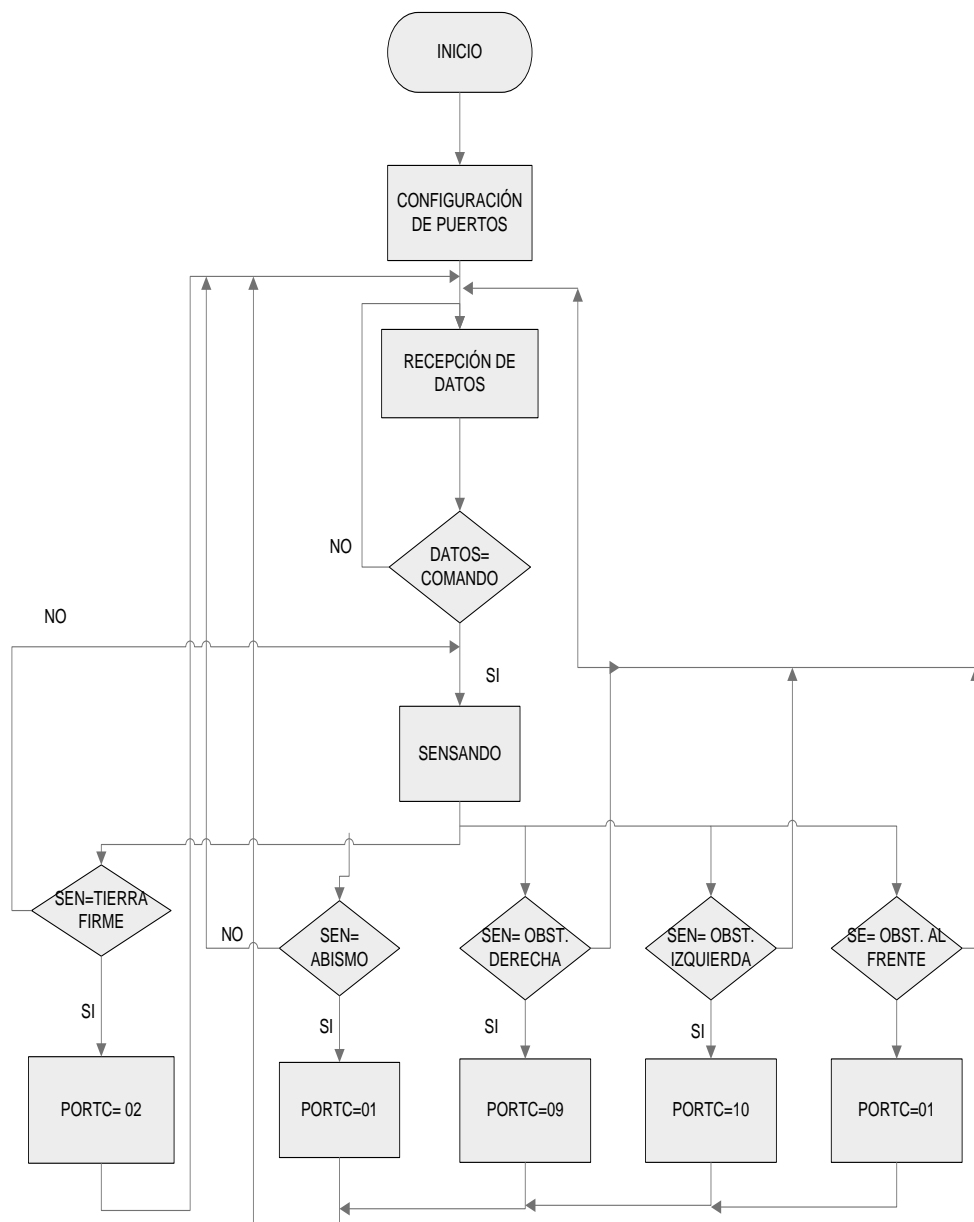


Figura 2.10 Flujograma para la programación del pic master

- **Programación del pic (16F628A) para el manejo de actuadores.**

Como actuador se utilizó el **Servo Hitec HS422** por reunir las características deseadas para el diseño.

- ***Funcionamiento***

Para controlar los servomotores en modo giro limitado de 180 grados es necesario saber que es la señal PWM o Pulse Width Modulation (señal de periodo fijo y de ciclo de trabajo variable).

La modulación de la anchura de pulsos (PWM), es usada en diferentes aplicaciones, como en el control de servomotores, siendo su funcionamiento el siguiente:

- La velocidad de rotación del motor será función de la anchura del pulso. Dado que la velocidad de rotación depende del valor medio de la tensión suministrada, cuanto más ancho sea el pulso mayor será el valor medio de la tensión aplicada al motor y por tanto mayor velocidad de rotación.
- En caso de querer disminuir la velocidad de este, solo se debe aplicar pulsos más estrechos los cuales darán como resultado un valor medio neto de tensión aplicada al motor menor que en el caso anterior.
- Para conseguir esta señal solo será necesario tener un circuito que la genere o un microcontrolador que la proporcione
- Se recomienda el uso de esta última opción ya que con su programación se puede controlar más fácilmente el servomotor.

- **Características del Servo Hitec HS422**, en la Tabla 2.2 se indican las características de servomotor Hitec HS422.

Tabla 2.2 Características del servomotor Hitec HS422

<b>SERVO HITEC HS422</b>	
<b>Sistema de Control</b>	Control por Anchura de Pulso. 1,5 ms al centro
<b>Tensión de funcionamiento</b>	4,8V a 6 V
<b>Velocidad a 6V</b>	0,16 Seg /60 grados sin carga
<b>Fuerza a 6V</b>	4,1 Kg · cm
<b>Corriente en reposo</b>	8 mA
<b>Corriente funcionamiento</b> en	150 mA sin carga
<b>Corriente Máxima</b>	1100 mA
<b>Zona Neutra</b>	8 μsec
<b>Rango Trabajo</b>	1100 a 1900 μsec
<b>Dimensiones</b>	40,6 x 19,8 x 36,6 mm
<b>Peso</b>	45,5 g
<b>Rodamiento Principal</b>	Metálico
<b>Engranajes</b>	Plástico
<b>Longitud del cable</b>	300 mm

El servomotor en el mercado puede tener variaciones en el cable de conexión, hay servomotores que tienen el cable de la señal de control amarillo o blanco como se indica en la Figura 2.11

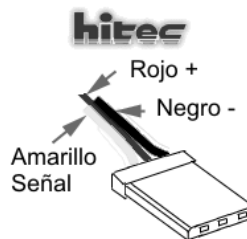


Figura 2.11 Conector del servomotor

- **Control del servomotor.**- El control del servomotor se realiza con el pic 16F628A que es capaz de manejar dos servomotores al mismo tiempo por el

bajo consumo del terminal de la señal de control del servomotor, esta se aprecia en la Figura 2.12

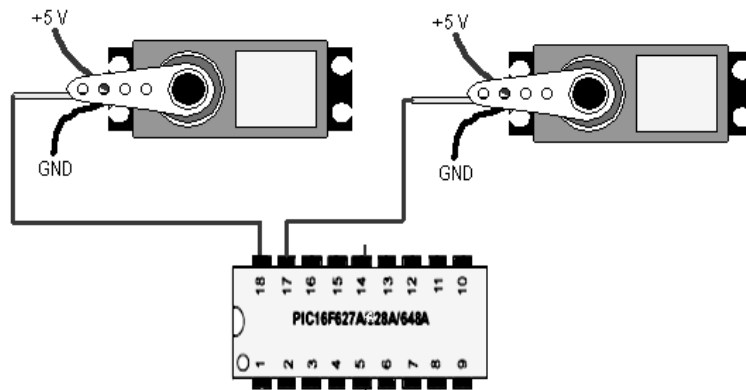







Figura 2.12 Conexión del servomotor con el pic (16F628A)

- **Truncaje del servomotor.-** Este proceso se realiza cuando el servomotor debe girar más de 180 grados, para este diseño se tuvo que realizar este método a cuatro servomotores, este proceso se puede realizar de dos maneras; el destructivo que consiste en sacar el potenciómetro y la placa de control teniendo al final un motor de corriente continua con engranajes, pero la desventaja es que se debe utilizar un transistor para darle la corriente necesaria para que conmute, un segundo método que es la técnica del engaño que consiste en sustituir el potenciómetro por una resistencia fija de  $5K\Omega$  con esta sustitución se puede conseguir que el servomotor gire 360 grados con un control exacto, con la Figura 2.13 se indica este proceso.



	<p>Al quitar los cuatro tornillos posteriores se aprecia un circuito electrónico totalmente integrado. Para poder extraerlo es necesario quitar además el tornillo que une la rueda con el eje del motor. Una vez hecho esto se puede quitar la tapa superior del servomecanismo, dejando al descubierto unos engranajes blancos.</p>
	<p>Los engranajes blancos que se pueden apreciar en esta figura forman la caja reductora del servomecanismo. La misión de esta es proporcionar más par (fuerza) de salida en el eje del motor y reducir la velocidad del mismo. Para quitar el circuito electrónico se tiene que desmontar primero la caja reductora. Con mucho cuidado para no perder las piezas se irán quitando las pequeñas ruedas dentadas blancas. Atención con el pequeño eje situado en las dos ruedas intermedias.</p>
	<p>Una vez hecho lo anterior se puede presionar con un destornillador el saliente mecánico que se esconde debajo del engranaje más grande (eje de salida). Se observará como el circuito electrónico sobresale por debajo. Ahora se puede hacer palanca para extraerlo entero. En la figura se aprecia el circuito extraído.</p>
	<p>Llega el momento de empezar a transformar el servomecanismo de para que gire los 360 grados, se empieza desoldando el potenciómetro que se encuentra en la placa del circuito. Y se procede a soldar la resistencia fija de 5KΩ.</p>
	<p>Ahora se elimina la limitación mecánica. Esta consiste en un pequeño saliente situado en el engranaje que forma el eje de salida del servomecanismo. En la figura se puede apreciar dicho engranaje y la situación del saliente. Para cortarlo se pueden emplear unas pinzas, lima, etc... lo importante es no dañar las muescas de la rueda dentada, o peor aún partir el eje.</p>
	<p>Una vez eliminado el saliente se recomienda limar la zona para que no queden rugosidades, es decir que parezca que nunca hubo un saliente. La razón es evitar rozamientos innecesarios una vez montada la reductora. Cuantos más rozamientos más ruido y más pérdida de energía mecánica.</p>




	<p>Una vez realizado lo anterior se procede a montar el servomecanismo. Lo primero es introducir el motor en el hueco cilíndrico que hay en el interior de la carcasa negra, es decir del lugar de dónde salió. Una vez introducido se monta la caja reductora, para ello fijarse en la figura, sobretodo tener cuidado con la posición que deben tener los engranajes y nunca forzar su colocación. La tapa superior debe entrar sin ningún problema, en caso contrario revisar los engranajes.</p>
	<p>Por último se atornilla la tapa inferior, pero antes conviene hacer un pequeño nudo en los cablecillos del motor, y dejar dicho nudo en el interior. Este protegerá las soldaduras hechas al motor cuando se produzcan tirones en los cablecillos.</p>
	<p>En la figura se aprecia el aspecto del servomecanismo trucado. Sigue conservando los tres cables pero la más importante es que ahora puede girar continuamente, es decir giros completos de 360 grados. Llegado a este punto se tendrán preparados los motores del microbot y se podrá abordar la construcción de la estructura mecánica.</p>

Figura 2.13 Proceso de truncado del servomotor

- **Conexión del servomotor.**- La alimentación del servomotor es de 5V de corriente continua con su respectiva señal de control como se indica en la siguiente Figura 2.14.

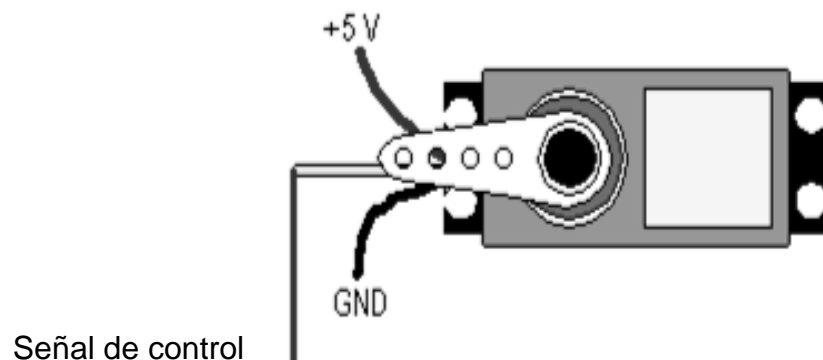


Figura 2.14 Servomotor polarizado

La Figura 2.15 muestra el flujograma que comanda a los servomotores que giran 360°, está pendiente del puerto B, si el dato coincide ingresa a la subrutina para generar el PWM, si no coincide se pone al puerto A en “0”.

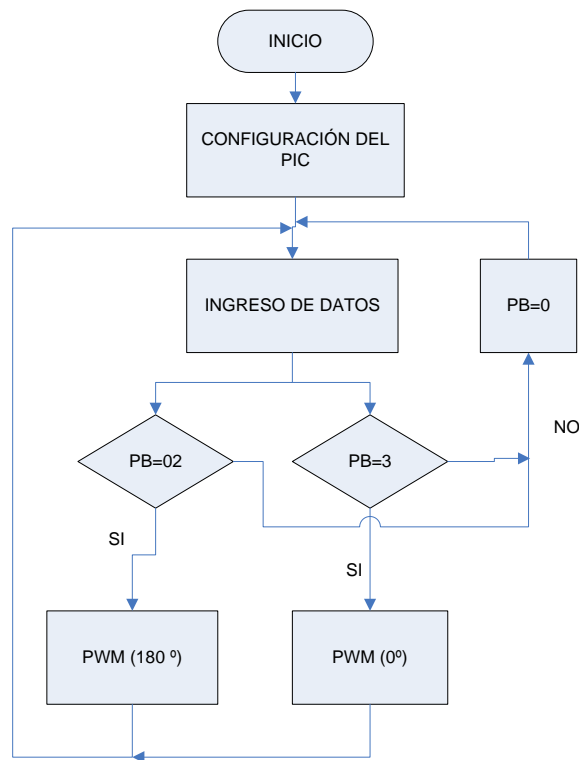


Figura 2.15 Flujograma para la programación del pic esclavo (servomotor)

### 2.1.6 Programación del PIC (gama media) para el manejo de los sensores de proximidad.

La programación de los pic para la señales de los sensores de proximidad se basan en el funcionamiento del sensor, en este proyecto se utilizó el sensor SHARP GPD15 y el receptor **TSOP4838**

- **Sensor SHARP-GPD15.**

- El sensor GP2D15 de sharp es un dispositivo de reflexión por infrarrojos con medidor de distancia proporcional al ángulo de recepción del haz de luz que incide en un sensor lineal integrado, la salida del sensor es digital "0" y "1", como se indica en la Figura 2.16, tiene 3 terminales VCC (color rojo), GND (color negro) y SALIDA (color amarillo).

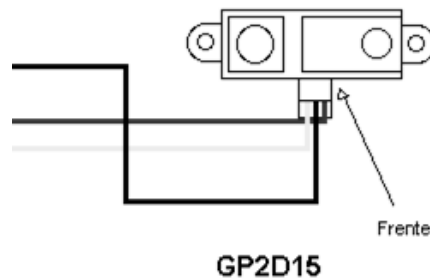


Figura 2.16 Sensor SHARP GPD15

- **Funcionamiento.**-El dispositivo emite luz infrarroja por medio de un led emisor de IR, esta luz pasa a través de una lente que concentra los rayos de luz formando un único rayo lo mas concentrado posible para así mejorar la directividad del sensor, la luz va recta hacia adelante y cuando encuentra un obstáculo reflectante rebota y retorna con cierto ángulo de inclinación dependiendo de la distancia, la luz que retorna es concentrada por otra lente y así todos los rayos de luz inciden en un único punto del sensor de luz infrarroja que contiene en la parte receptora del dispositivo.

Este sensor es un CCD lineal y dependiendo del ángulo de recepción de la luz incidirá esta en un punto u otro del sensor pudiendo de esta

manera se obtuvo un valor lineal y proporcional al ángulo de recepción del haz de luz, la Figura 2.17 muestra el funcionamiento del sensor.

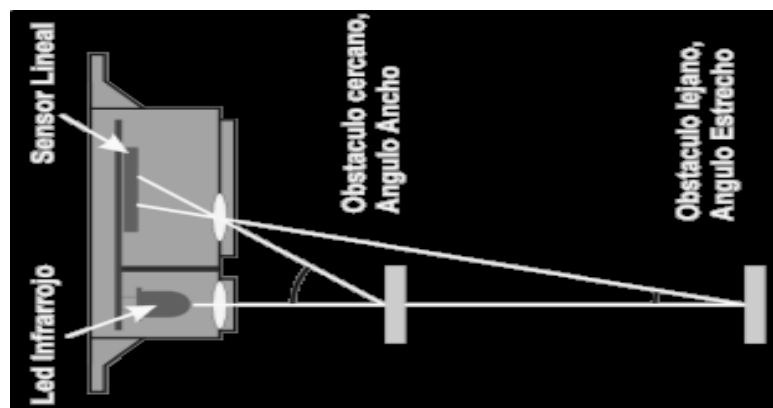


Figura 2.17 Funcionamiento del sensor SHARP GPD15

En nuestro caso el sensor utilizado viene predeterminada la distancia a 24 cm. su lógica es 1y 0, cuando el sensor no tiene obstáculo su salida es 0V, si tiene obstáculo su salida es de 128mV. Por este motivo se tuvo que diseñar un circuito amplificador como se indica el la siguiente Figura 2.18, esto se realiza para que el pic pueda reconocer los cambios del sensor.

El amplificador es un circuito no inversor de ganancia de 100, se toma una resistencia fija de 100  $\Omega$  y la otra se cálculo despejando de la formula.

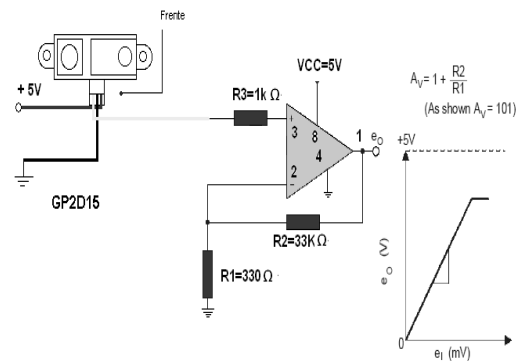


Figura 2.18 Circuito amplificador para la señal del sensor SHARP  
GPD15

La señal de salida se indica en la Figura 2.19.

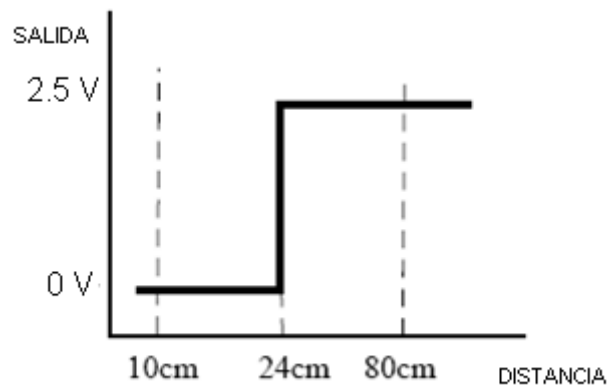


Figura 2.19 Señal de salida del sensor SHARP GPD15 amplificada

- **Receptor , Emisor de infrarrojos TSOP4838**
  - El TSOP4838 es un receptor de infrarrojos empleado para captar señal infrarroja del mando a distancia, empleados normalmente en los electrodomésticos, en la Figura 2.20 se indica el sensor, tiene tres terminales Vcc, GND, salida.

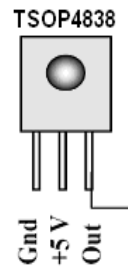


Figura 2.20 Receptor de infrarrojo TSOP4838

- **Funcionamiento.-** El sensor tiene en su interior un circuito amplificador y un oscilador a 38 KHz. que permiten la recepción de la señal, incluso en presencia de fuentes de luz intensas, para generar la señal infrarroja se diseño un circuito que genere oscilaciones de 38 KHz. En la Figura 2.21 se indica la conexión del receptor TSOP4838 con sus respectivas resistencias y capacitores recomendados por el fabricante.

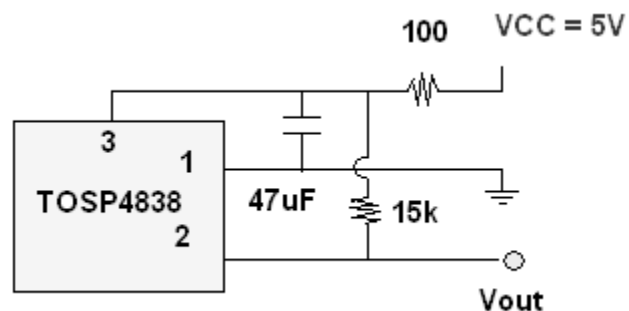


Figura 2.21 Conexión del receptor TOSP4838

**Emisor.-** Con un circuito integrado LM 555, resistencia, capacitares y led emisor de IR se construyo el emisor de IR, como se indica en la Figura 2.22.

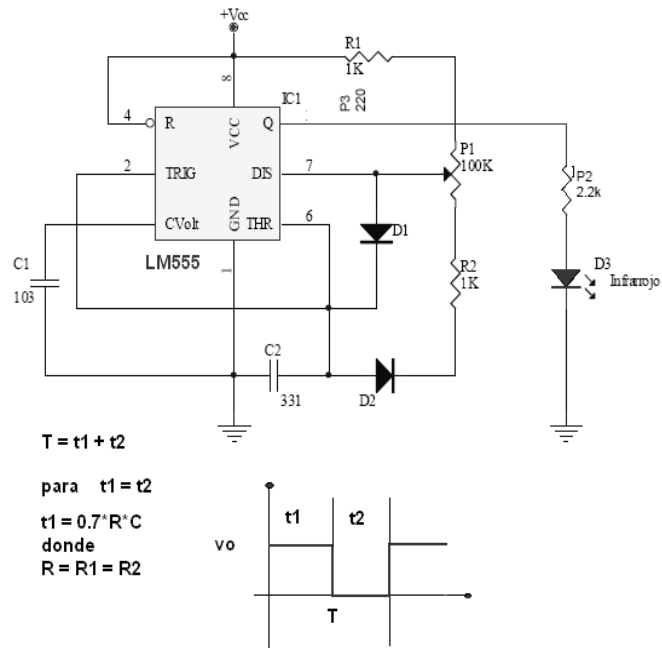


Figura 2.22 Diseño del circuito emisor de IR

Realizado el diseño del emisor y receptor se obtiene un sensor de proximidad de distancia variable, 1 a 10 cm.

## 2.2 Acoplamiento de las partes del robot.

### 2.2.1 Interconexión tarjeta - PIC

El acoplamiento de la tarjeta y el pic se realiza, digitalizando el puerto del pic como entrada digital, la tarjeta entrega datos digitales en 8 líneas, la línea del pic deben ser protegidas con resistencias de  $250\Omega$ , mediante la programación se da la interpretación para ser procesada y enviar el comando de forma serial al transmisor., como se indica en la Figura 2.23.



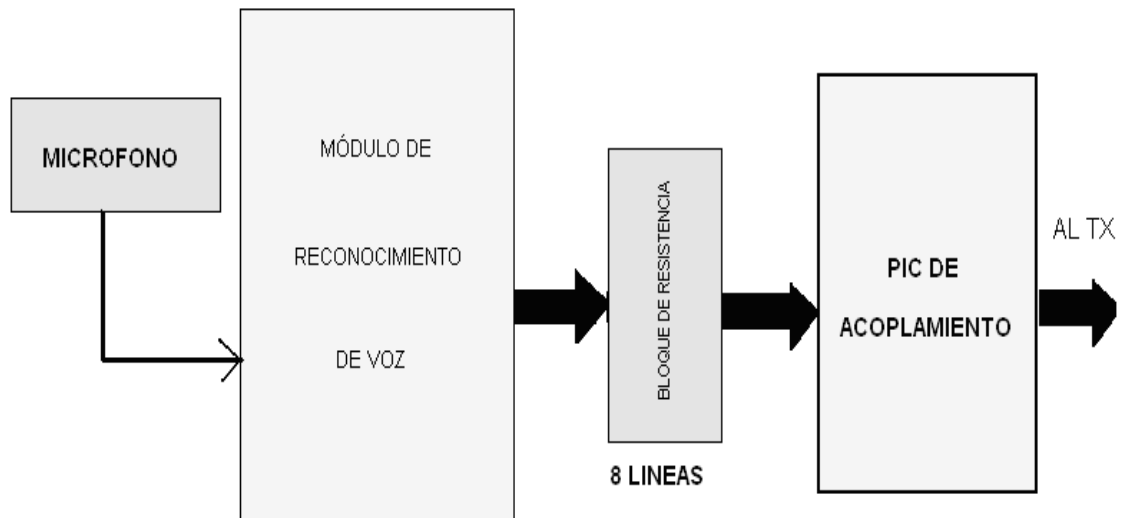


Figura 2.23 Acoplamiento tarjeta SR-07 con el pic

### 2.2.2 Bloque transmisor.

El bloque transmisor es el emisor de la orden pedida por el operador del robot explorador y contiene las siguientes partes:

- Módulo de reconocimiento de voz.
  - Módulo de transmisión con LCD.
  - Módulo de alimentación.
  - Antena.
- **Módulo de reconocimiento de voz.-** Es encargado de realizar la conversión de señales de voz a datos digitales, se indica en la Figura 2.24

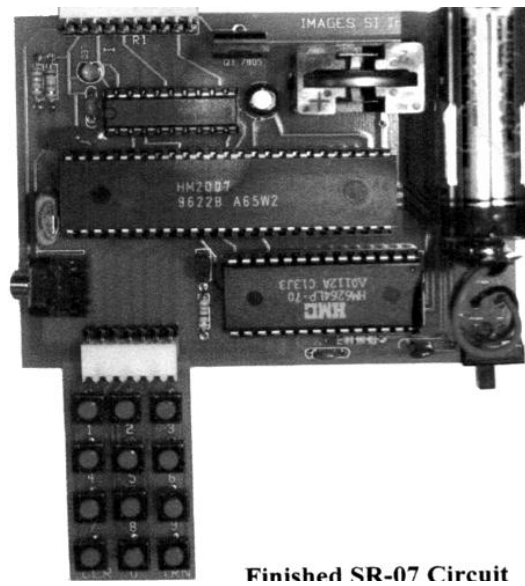


Figura 2.24 Módulo de reconocimiento de voz

- **Módulo transmisión con LCD.-** Contiene dos microcontroladores (PIC 16F628A), transmisor de rf TWS-433, resistencias, cable tipo bus de conexión y un LCD, está
- **Módulo de alimentación.-**El diseño de la fuente de alimentación para el bloque transmisor consta de los siguientes elementos un transformador(110V a 20V), un puente rectificador, regulador de la familia LM (78012, 7805, 7809), se tomo el regulador por reunir características para este diseño, el regulador da estabilidad al suministro de energía, LM78012 regulador para el transmisor, LM7809 regulador para el módulo de reconocimiento de voz, LM7805 suministra energía para circuitos TTL, LCD.- El diseño se aprecia en la siguiente Figura 2.25.

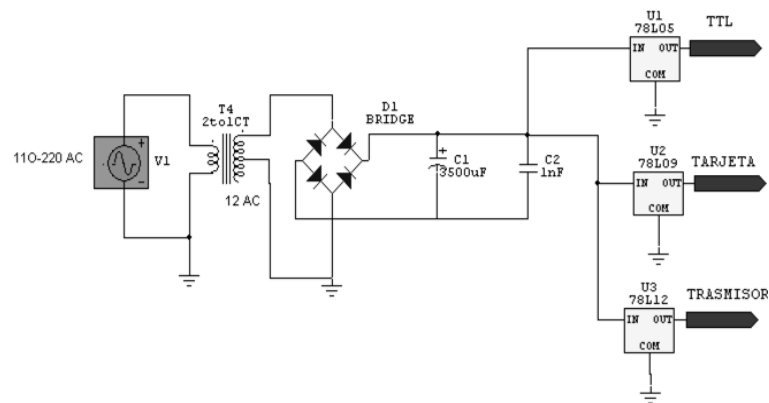


Figura 2.25 Fuente de alimentación para el bloque transmisor

## 2.2.5 Bloque receptor

El bloque receptor consta de las siguientes partes:

- Módulo de alimentación.
- Módulo de sensores.
- Módulo cerebro.
- Antena.
- Actuador.
- Cuerpo del robot.
- Accesorios.

**Módulo de alimentación.-** La alimentación del bloque de recepción esta compuesta de un bloque de baterías recargables de alto rendimiento su voltaje de alimentación es de 12V para poder manejar la cámara inalámbrica, el voltaje se conecta a tres fuentes diseñadas para circuitos TTL, actuador (servomotor) y sensores.

Por el consumo alto de corriente se diseñaron fuentes independientes para un grupo de elementos como son servomotores, sensores, circuitos TTL, para el diseño de la alimentación del servomotor, su consumo alto de corriente se utilizó el integrado LM338 por reunir características acordes al diseño, esta fuente es capaz de dar hasta 5A en esta configuración, en la Figura 2.26 se puede ver la configuración recomendada por el fabricante para obtener esta cantidad de corriente.

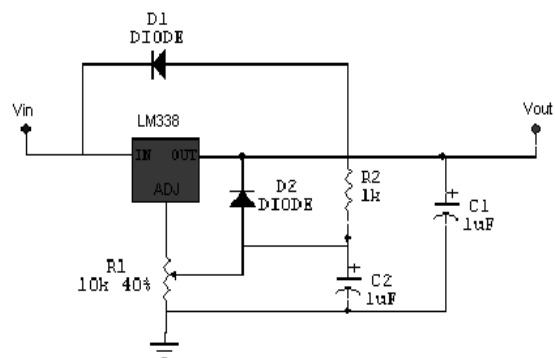


Figura 2.26 Fuente de alimentación para el servomotor con LM338

La fuente de alimentación de circuitos TTL se realizó con un circuito integrado LM317 que es capaz de dar hasta 1A mediante la configuración dada por el fabricante, se realizó dos fuentes, para TTL y sensores en la Figura 2.27 se indica el diagrama de conexiones.

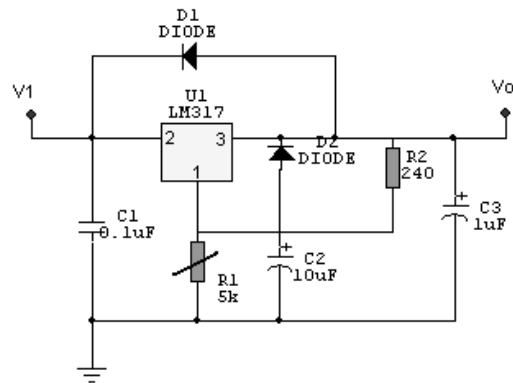


Figura 2.27 Fuente de alimentación para circuitos TTL y sensores

**Módulo de sensores.-** Consta de los siguientes elementos dos Integrados LM555, 10 potenciómetros de  $10K\Omega$ , 3 sensores SHARP-GPD15, 3 integrados LM358, resistencias, 4 led emisores de IR, 4 receptores de IR TOSP4838, capacitores y cable de conexión tipo bus con su respectivo conector, este módulo realiza la función de aviso ante un eventual peligro.

En la Figura 2.28 se indica el módulo de sensores utilizado para este diseño.

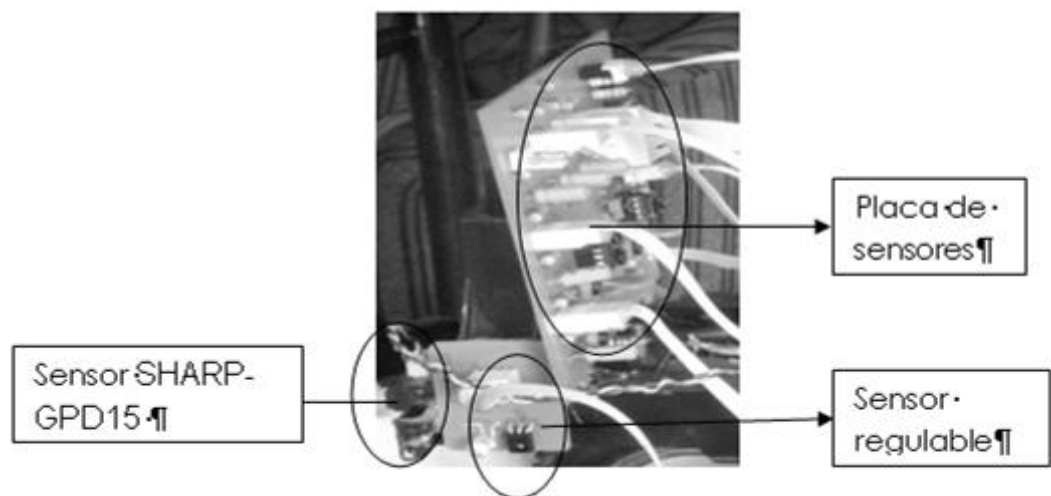


Figura 2.28 Módulo de sensores del robot explorador

**Módulo cerebro.-** Se compone de los siguientes elementos, microcontrolador (pic 16F77A), 3 microcontroladores (pic 16F628A), receptor de RF RSW-434, oscilador de cristal (4 MHz.), resistencias, antena, el módulo cerebro es el interprete del diseñador, como se indica en al Figura 2.29

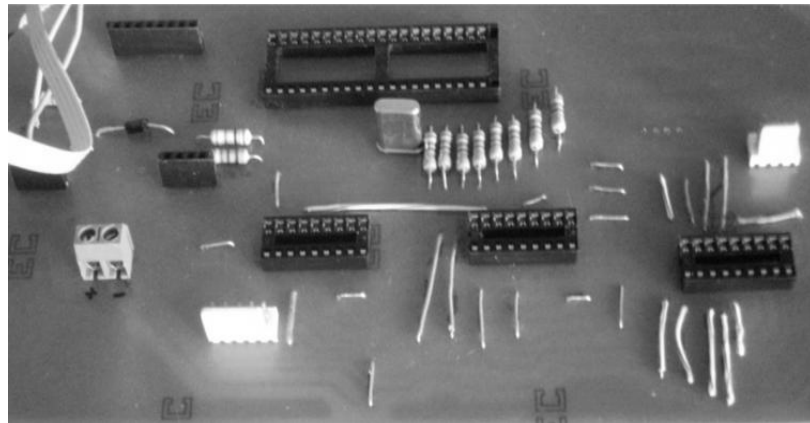
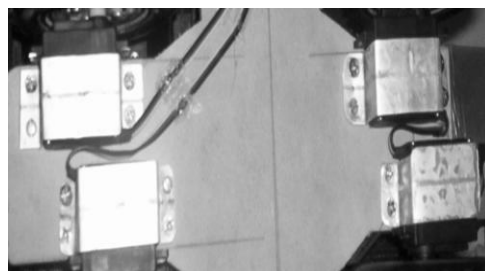


Figura 2.29 Módulo cerebro

**Actuador.-** Se utilizaron servomotores en total se utiliza 5, que están distribuidos 4 en las llantas y el otro está en el recolector de muestras, como se indica en la Figura 2.30.



a) Servomotor acoplado a la llanta  
muestras



b) Servomotor para

Figura 2.30 Servomotor

**Cuerpo del robot.-** Esta conformado por el soporte que se obtuvo del vehículo motorizado de cuatro llantas (juguete), como se indica en la Figura 2.31

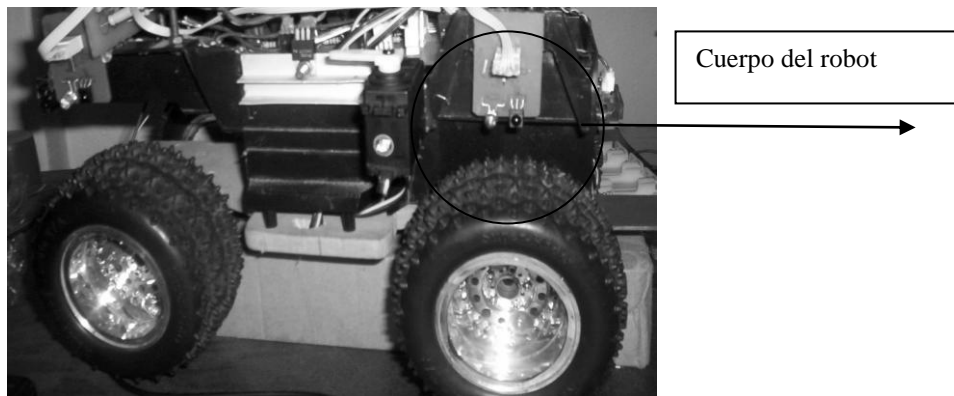


Figura 2.31 Cuerpo del robot explorador

**Accesorios.-** Como accesorio tiene el cepillo circular, el cual se puede montar y desmontar al robot explorador, que esta provisto con un motor de corriente continua, engranajes, banda de trasmisión de movimiento.

#### 2.2.4 Bloque de video

- Módulo de interconexión PC video.
- Cámara inalámbrica(transmisor, receptor)
- Software que utiliza el módulo de interconexión PC video.

**Módulo de interconexión PC video.-** El módulo tiene comunicación USB, lo cual facilita su acondicionamiento a una PC, también posee terminales para conectar a un TV, las características principales del módulo USB2.0 TV. Box de la firma EASRON son las siguientes:

- Conector USB 2.0 de alto rendimiento, no necesita energía externa soporta NS-Alta Velocidad, alcanza 480Mbps de transferencia

- Las características del producto completamente están de acuerdo con las especificaciones del estándar USB 2.0
- Escaneo total de canales (contenido suplementario de canal), más de 125 canales de TV
- Soporta TV, Video, DVD/VCD displaying and watching, music listening, picture browsing
- Soporta varios idiomas
- Soporta transmisiones de audio/video via USB
- Tiempo programable para cambio de canal
- Chipset: Trident TV Master 5600
- Entradas de video: TV, S-Video, video Composite (DVD o VCR)
- Resolución de video, 720\*576 (PAL), 720\*480 (NTSC)
- Entrada de audio: Stereo audio (L) (R)
- Soporta: Audio Stereo, Mono
- Dimensiones: 13.5cm\*8.0cm\*3.2cm.

En la Figura 2.32 se muestra la tarjeta USB2.0 TV. Box para diferentes aplicaciones.





Figura 2.32 Tarjeta USB2.0 TV BOX

**Cámara inalámbrica.-** La cámara utilizada en el proyecto fue escogida por reunir las características adecuadas para este proyecto, posee su transmisor y receptor propio, en la Tabla 2.4 se indican las características más importantes.

Tabla 2.4 Característica radio AV RECEIVER

CARACTERÍSTICAS DEL RADIO AV RECEIVER	
Frecuencia de transmisión	950MHz a 1200 MHz
Salida de video	75Ω/1V <sub>p-p</sub>
Salida de audio	10KΩ/ 200mV <sub>p-p</sub>
Consumo de energía	< 2 W
Temperatura de trabajo	0 a 40 grados Celsius
Tamaño	115X60X20 mm
Peso	250 gramos

Fuente de alimentación	12 Vcc
------------------------	--------

### **Software que utiliza el modulo de interconexión PC video.-**

El software está incluido con el módulo de interconexión a la PC, tiene las siguientes prestaciones hacia el usuario.

- Puede grabar video (Calidad DVD) capturando la señal de televisión
- Puede pausar el programa que esta viendo y TVbox lo grabara para continuar cuando presione la tecla "play" (time shifting).

### **2.2.5 Diseño del Hardware del robot**

Para la estructura del robot explorador se seleccionó, está diseñado en base a un vehículo de 4 llantas, ya construido con las dimensiones adecuadas para nuestra aplicación.

El diseño consta en la estructura básica de este vehículo motorizado de cuatro llantas, con las necesidades que requiere el diseño principal, para que cumpla con la función de limpiar con el uso del cepillo incorporado.

- **Construcción de la base.-** La base del robot tipo vehículo esta diseñado en madera por su fácil construcción, menor peso y consta de las siguientes medidas, como se indica en la Figura 2.33

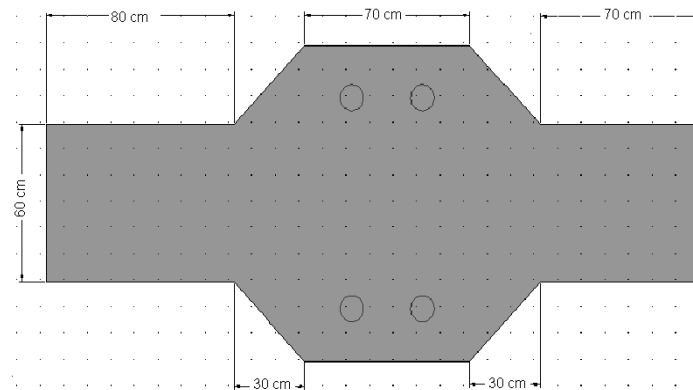


Figura 2.33 Base del robot explorador

- **Construcción de la rueda de acople para la llanta.-** Se elaboro de madera por su fácil construcción, en la Figura 2.34 se indica las medidas de esta rueda que acopla al servomotor con su llanta.

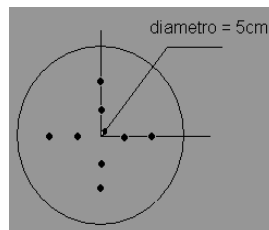


Figura 2.34 Rueda de acople llanta-servomotor

- **Construcción de la base para el servomotor.-** La base del servomotor se construyó de aluminio, por su fácil maniobrabilidad, en la Figura 2.35 se indican la medida de la base.

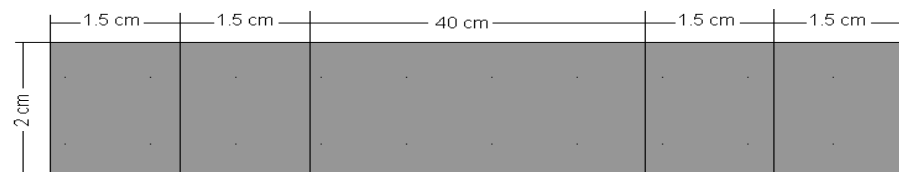


Figura 2.35 Base para sujetar el servomotor

- **Construcción de la base para la cámara de video.-** Esta se construyo de aluminio por su fácil maniobrabilidad, sus medidas se indican en la Figura 2.36.

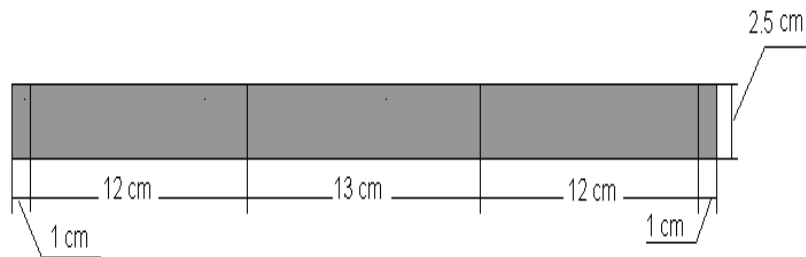


Figura 2.36 Base de la cámara

### 2.2.6 Ensamblaje del robot explorador.

- **Acoplamiento de la llanta al servomotor.-** Para realizar el acoplamiento de la llanta al servomotor, se realizó una rueda de madera del diámetro interno de la llanta, para ser sujeta mediante tornillos a la llanta con el servomotor, como se ilustra en la Figura 2.37



Figura 2.37 Acople de la llanta con el servomotor

- **Acoplamiento de la base con el servomotor.-** Este acople se realiza con la base del servomotor construida anteriormente (Figura 2.33), con la base del robot, ésta es sujeta con tornillos, dando un acoplamiento excelente, como se puede ver en la Figura 2.38.

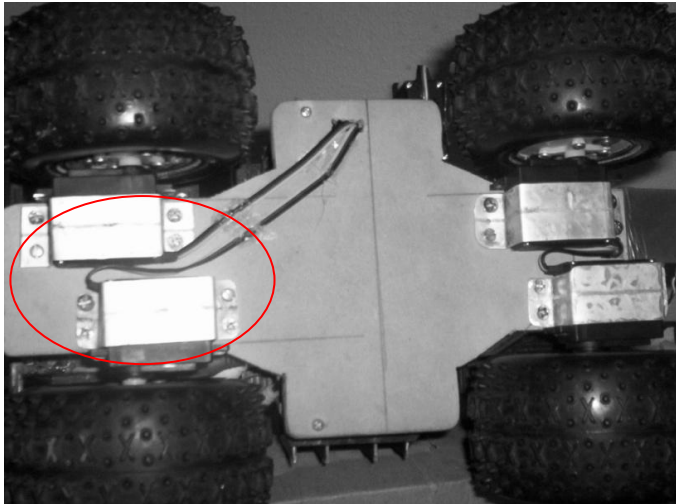


Figura 2.38 Acoplamiento del servomotor con la base

- **Acoplamiento del soporte a la base.-** El soporte se obtuvo del vehículo motorizado de cuatro llantas, esta sujeta a la base con tornillos para darle firmeza a este acoplamiento, como se indica en la Figura 2.39

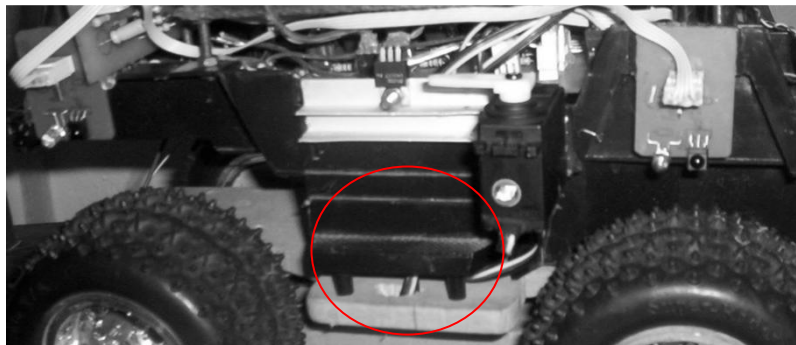


Figura 2.39 Acople del soporte con la base del robot

- **Montaje del sistema sensorial.-** El sistema está sujeta con tornillos al soporte del vehículo, para dar mayor firmeza al sensor, en la Figura 2.40 se indica el sistema sensorial ya ubicado en la posición final.

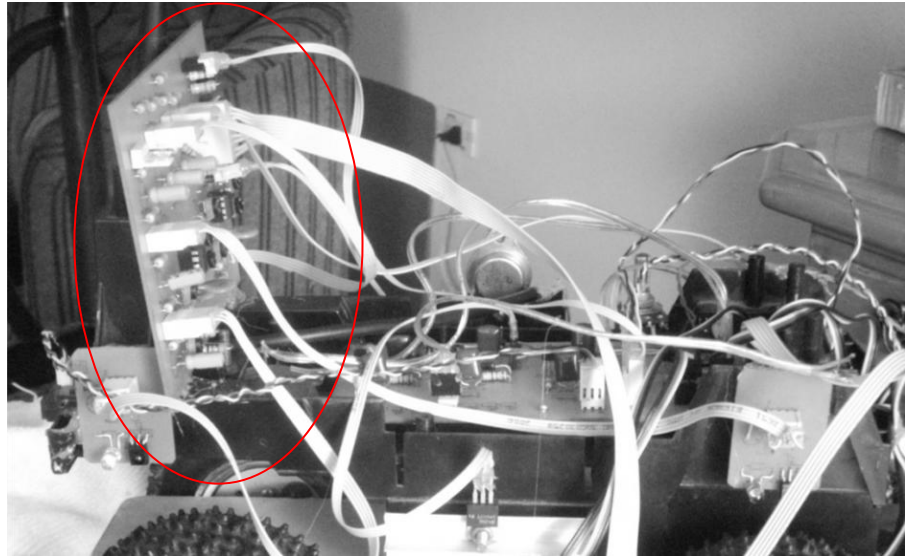


Figura 2.40 Montaje del sistema sensorial

- **Montaje del sistema de alimentación.-** El sistema esta sujeta con tornillos para dar mejor firmeza, como se aprecia en la Figura 2.41

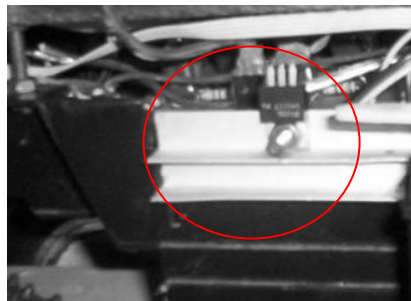


Figura 2.41 Montaje del sistema de alimentación

- **Montaje del cerebro.-** Se sujeta con tornillos al soporte del vehículo para darle mayor firmeza, como se indica en la Figura 2.42

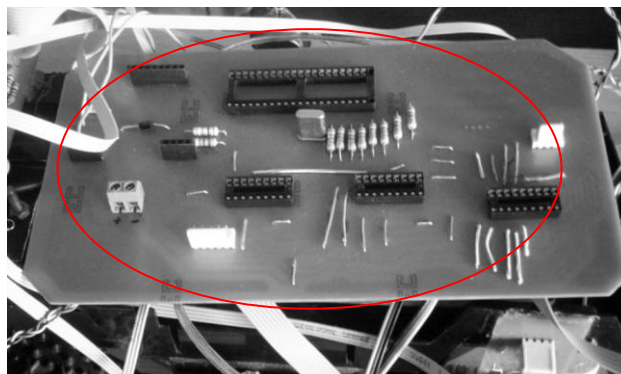


Figura 2.42 Montaje del cerebro

- **Montaje de la cámara de video inspección.-** La cámara esta sujeta a la base, con tornillos para darle mayor firmeza, como se indica en la Figura 2.43.

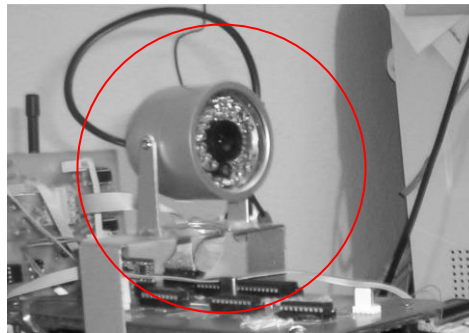


Figura 2.43 Montaje de la cámara

- **Montaje del sistema recolector de muestras.-** Esta sujeta con tornillos para dar firmeza al acople, como se indica en la Figura 2.44

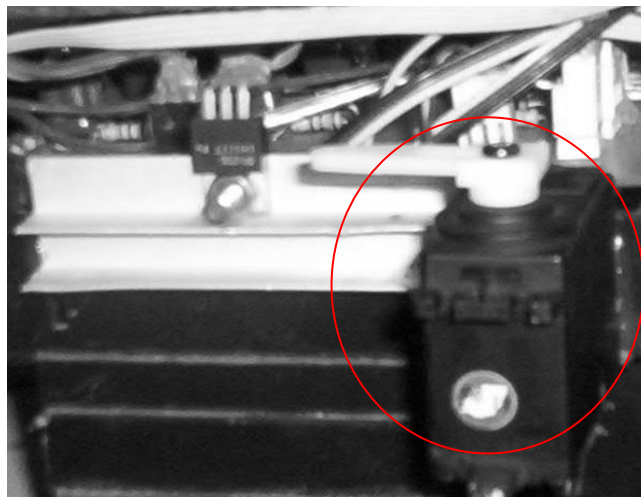


Figura 2.44 Montaje del tomador de muestras

- **Montaje del cepillo de limpieza.-** El cepillo dentro de este diseño esta propuesto como un accesorio de limpieza esto quiere decir que

se puede desmontar en el momento que el usuario lo requiera, como se ilustra en la Figura 2.45

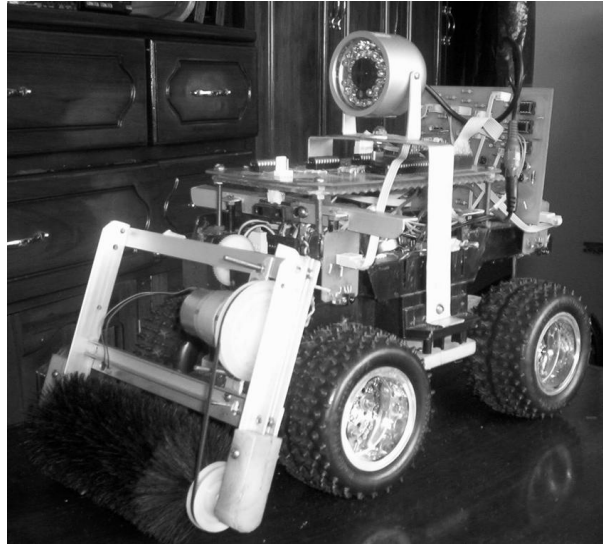


Figura 2.45

### **2.2.7 Integración del Sistema Total.**

La integración del sistema total consta del equipo ensamblado, con la unión de los tres bloques, bloque transmisor, bloque receptor y el bloque de video. Con la integración del sistema el robot explorador controlado por comandos de voz esta listo para ser utilizado por el operador del robot, como se ilustra el la Figura 2.46

Bloque transmisor

Bloque Receptor



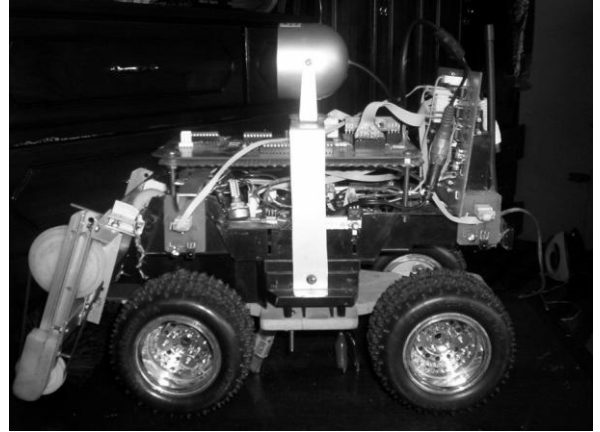


Figura 2.46 Integración del sistema total

## CAPITULO III

### PRUEBAS EXPERIMENTALES

#### 3.3 PRUEBAS EXPERIMENTALES

Todas las pruebas experimentales se realizaron en una maqueta que permite recrear el ambiente en el cuál debe movilizarse el robot en aplicaciones futuras, esto permite obtener una idea exacta del desempeño del robot, sus limitaciones y alcances.

##### 3.1.1 Pruebas de comunicación

La comunicación RF es instantánea, se realizó con y sin obstáculo para comprobar la comunicación, sin obstáculo arrojó los siguientes datos como se muestra en la tabla 3.1.

Tabla 3.1. Resultados de las pruebas de comunicación sin obstáculos

Ítem (Numero de pruebas realizadas)	Distancia (m.)	Dato Recibido
1	5	Si
2	10	Si
3	30	Si
4	40	No
5	50	No

La comunicación con obstáculo arrojó los siguientes datos como se muestra en la tabla 3.2.

Tabla 3.2. Resultados de las pruebas de comunicación con obstáculos

Ítem (Numero de pruebas realizadas)	Distancia (m.)	Dato Recibido
1	2	Si
2	5	Si
3	8	Si

4	10	Si
5	15	No

### 3.1.2 Pruebas de sensores

Una característica del sensor utilizado es el tiempo de respuesta, relativamente pequeño (instantáneo), que facilita la detección del obstáculo, realiza una acción inmediata, el robot tiene implementado dos tipos de sensores de proximidad al realizar las pruebas con el sensor SHARP GP2D15 se obtiene resultados que están detallados en la tabla 3.3.

Tabla 3.3. Resultados de las pruebas del sensor SHARP GP2D15

Ítem (Numero de pruebas realizadas)	Distancia (cm.)	Respuesta del sensor (V)
1	30	0
2	25	0
3	20	4.2
4	10	4.2
5	5	0

La segunda prueba se realizó con el sensor diseñado para distancia variable, la cual arrojó los datos que se detallan en la tabla 3.4.

Tabla 3.4. Resultados de las pruebas del sensor TSOP4838

Ítem (Numero de pruebas realizadas)	Distancia (cm.)	Respuesta del sensor (V)
1	30	4.7
2	25	4.7
3	20	4.7
4	10	0
5	5	0

### 3.1.3

### 3.1.4 Pruebas de control del robot

Para realizar la prueba de control, se graba previamente el comando en el módulo de reconocimiento de voz, que son siete los comandos a ser utilizados, luego se continuó con las pruebas y los resultados obtenidos se detallan en la tabla 3.5.

Tabla 3.5. Resultados de las pruebas de control del robot

Ítem (Numero de pruebas realizadas)	Comandos	Acción del robot
1	Alto	Si
2	Adelante	Si
3	Atrás	Si
4	Derecha	Si
5	Izquierda	Si
6	Muestra	Si
7	Giro	Si

Todos los comandos cumplen satisfactoriamente, con el fin de obtener el mejor desempeño y control del robot es necesario grabar los comandos con un **todo** de voz fuerte claro con palabras simples, adicionalmente es muy importante tomar en cuenta la posición del cuerpo que uno adopte al momento de grabar los comandos, ya que la voz varia dependiendo de la misma.

## 3.2 ALCANCES Y LIMITACIONES

### 3.2.1 Alcances

- Permite realizar video inspección dentro del sistema de aire acondicionado.
- Permite grabar un video del interior del sistema de aire acondicionado para su posterior análisis.
- Toma de muestras para ser analizadas en un laboratorio con el fin de buscar posibles infecciones que está en el sistema de aire acondicionado.
- Cumple el control mediante comandos de voz.

- El robot puede realizar video inspección en otros entornos de trabajo, y puede ser grabada esta información en una PC.
- El bloque transmisor puede ser utilizado en otras aplicaciones.

### **3.2.2 Limitaciones**

- El tiempo de trabajo del robot esta limitado por la duración de la batería.
- El control sobre el robot no es fino.
- La distancia es un limitante para ejercer control sobre el robot.
- El obstáculo limita el control del robot.
- El área de trabajo del robot se limita a superficies planas.
- Los comandos de voz deben ser cortos y bien claros en su pronunciación.
- No puede trabajar en lugares, donde hay aparatos que trabajen ala misma frecuencia del sistema de comunicación del robot.
- No posee control de velocidad.

## **CAPITULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **CONCLUSIONES**

- Al finalizar el proyecto se cumplió el objetivo general propuesto, que fue Diseñar y Construir un Robot explorador controlado mediante comandos de voz en forma remota que servirá como herramienta de limpieza de sistemas de aire acondicionado.
- Al disponer de este sistema se complemento la limpieza de conductos de aire acondicionado.
- La incorporación de un sistema de visualización en un robot de pequeñas dimensiones hace posible verificar la efectividad del trabajo realizado.
- Se realizo la toma de muestras en el sistema de aire acondicionado para su posterior análisis en un laboratorio mediante un accesorio de material flexible.
- La correcta utilización del módulo de reconocimiento de voz conlleva a su mejor desempeño en la aplicación implementada.
- Al ser el microcontrolador de gama media un dispositivo programable diseñado para diversas aplicaciones, permite orientar sus recursos y prestaciones a aplicaciones específicas, en este caso control de servomotores, monitoreo de sensores y comunicación serial.
- La correcta selección de los dispositivos de avanzada tecnología permite la implementación del módulo de radio frecuencia, mediante ASK.
- La programación en Microcode facilita la tarea creando un ambiente atractivo y amigable para el programa.
- Seleccionar los sensores de acuerdo a los requerimientos del sistema sobre el cual se incurrirá, evita perdidas económicas y subutilización de los mismos.
- El control por voz se encuentra en pleno desarrollo por lo tanto no se puede explotar todo su verdadero potencial.

- La distancia de comunicación entre el bloque transmisor y el bloque receptor se ve fuertemente afectada debido a los obstáculos presentes, y a las interferencias existentes en el medio, como pueden ser celulares, computadores, alarmas de seguridad, etc.

## **RECOMENDACIONES**

- Asesorarse con profesionales que hayan tenido experiencias previas con la utilización y manipulación de equipos similares a los que se requiere para dimensionar correctamente el sistema teniendo en cuenta la interconectividad de los mismos
- Para la instalación y puesta en marcha de elementos especialmente electrónicos se debe revisar manuales, guías de inicio y hojas de especificaciones técnicas del fabricante, con el fin de evitar daños en los mismos.
- Se recomienda realizar el grabado de los comandos en el bloque transmisor con el bloque receptor apagado, para evitar daños en el mismo.
- Extremo cuidado con el módulo de reconocimiento de voz ya que el mismo es de tecnología CMOS.
- La grabación de los comandos de voz se debe ejecutar en la misma posición en la que se vaya a controlar al robot para que los patrones de voz sean los mismos.

## **ANEXO A**

### **GLOSARIO DE TÉRMINOS**



**ASK:** La modulación por desplazamiento de amplitud, en inglés Amplitude-shift keying (**ASK**)

**Antena:** Equipo utilizado en electrónica para propagar o recibir ondas de radio o electromagnéticas.

**Ancho de banda:** Medida de extensión de la banda de frecuencias en la que se transmiten las señales con una atenuación inferior a 3 db.

**Amplificador:** Aumenta la señal de voltaje.

## **C**

**Condensador.-** Dispositivo que almacena carga eléctrica.

**DC:** Corriente continua.

**CCD:** Viene del inglés Charge-Coupled Device, Dispositivo Acoplado por Carga, el CCD es un circuito integrado, la característica principal de este circuito es que posee una matriz de celdas con sensibilidad a la luz alineadas en una disposición físico-eléctrica, que permite "empaquetar" en una superficie pequeña un enorme número de elementos sensibles, y manejar esa gran cantidad de información de imagen.

## **D**

**Dato:** Información dispuesta de manera adecuada para su tratamiento

## **E**

**Estator:** Constituye la parte fija de la máquina, su función es suministrar el flujo magnético.

## M

**Memoria:** Integrado que permiten almacenar y recuperar la información.

**Motor:** Máquina destinada a producir movimiento a expensas de otra fuente de energía. Motor eléctrico, térmico, hidráulico.

## P

**PIC:** Microcontrolador lógico programable.

**PWM:** Modulación de ancho de pulso.

**Puerto:** Utilizado para enviar y recibir bits de datos.

## R

**RF:** Radio frecuencia.

**Resistencia:** Propiedad de un objeto o sustancia que hace que se resista u oponga al paso de una corriente eléctrica

**Robot:** Máquina controlada por ordenador y programada para moverse, manipular objetos y realizar trabajos a la vez que interacciona con su entorno.

**Robótica:** Rama de la [tecnología](#), que estudia el diseño y construcción de máquinas capaces de desempeñar tareas repetitivas o peligrosas para el ser humano.

**Rotor:** Constituye la parte móvil del motor, proporciona el troqué para mover a la carga.

**Ruido:** Sonido inarticulado, por lo general desagradable.

## **S**

**Servomotor:** Es un dispositivo pequeño que tiene un eje de rendimiento controlado.

**Sensor:** Dispositivo que detecta una determinada acción externa, temperatura, presión, etc., y la transmite adecuadamente.

## **T**

**Truncaje:** Método realizado para cambiar propiedad del servomotor, conseguir el giro de 0 a 360 grados.

## **U**

**USB:** En informática, siglas de Universal Serial Bus, bus serie universal.

## ANEXO B

PROGRAMA DE LOS MICROCONTROLADORES PIC 16F682A Y PIC 16F877A

### PROGRAMA DEL TRANSMISOR (PIC 16F628A)

```
INCLUDE "MODEDEFS.BAS"  
CMCON=7  
TRISB=%11111111
```

```
DATOS VAR BYTE
```

```
INICIO:
```

DATOS=PORTB

SELECT CASE DATOS

```
CASE 0
    SEROUT PORTA.0,N2400,["A"]
    SEROUT PORTA.1,N2400,["A"]
CASE 1
    SEROUT PORTA.0,N2400,[DATOS]
    SEROUT PORTA.1,N2400,[DATOS]
CASE 2
    SEROUT PORTA.0,N2400,[DATOS]
    SEROUT PORTA.1,N2400,[DATOS]
CASE 3
    SEROUT PORTA.0,N2400,[DATOS]
    SEROUT PORTA.1,N2400,[DATOS]
CASE 4
    SEROUT PORTA.0,N2400,[DATOS]
    SEROUT PORTA.1,N2400,[DATOS]
CASE 5
    SEROUT PORTA.0,N2400,[DATOS]
    SEROUT PORTA.1,N2400,[DATOS]
CASE 6
    SEROUT PORTA.0,N2400,[DATOS]
    SEROUT PORTA.1,N2400,[DATOS]
CASE 7
    SEROUT PORTA.0,N2400,[DATOS]
    SEROUT PORTA.1,N2400,[DATOS]
CASE 8
    SEROUT PORTA.0,N2400,[DATOS]
    SEROUT PORTA.1,N2400,[DATOS]
CASE 9
    SEROUT PORTA.0,N2400,[DATOS]
    SEROUT PORTA.1,N2400,[DATOS]
CASE ELSE
    SEROUT PORTA.0,N2400,["B"]
    SEROUT PORTA.1,N2400,["B"]
END SELECT
```

GOTO INICIO  
END

### PROGRAMA DE LA PRESENTACIÓN EN LCD (PIC 16F628A)

```
INCLUDE "MODEDEFS.BAS"
CMCON=7
CANAL_1 VAR PORTA.1
DATOS VAR BYTE
;***** CONFIGURACION DEL LCD *****;
;*****;
;
; DEFINE LCD_DREG PORTB ; PARA UTILIZAR 4 BITS PARA TX_DATOS
; DEFINE LCD_DBIT 4 ; DESDE EL BIT D.4 HASTA D.7
; DEFINE LCD_RSREG PORTB; REGISTRO CONTROL DE DATOS
; DEFINE LCD_RSBIT 3 ; EN EL BIT D.3
; DEFINE LCD_EREG PORTB ; ABILITA EL PUERTO D
; DEFINE LCD_EBIT 2 ; EN EL BIT D.2
;*****;
;
```

```
INICIO:  
  SERIN CANAL_1,N2400,DATOS
```

```
  SELECT CASE DATOS
```

```
    CASE "A"  
      GOSUB PRESENTACION  
    CASE "B"  
      GOSUB PRESENTACION  
    CASE 1  
      GOSUB ALTO  
    CASE 2  
      GOSUB ADELANTE  
    CASE 3  
      GOSUB ATRAS  
    CASE 4  
      GOSUB DERECHA  
    CASE 5  
      GOSUB IZQUIERDA  
    CASE 6  
      GOSUB MUESTRA  
    CASE 7  
      GOSUB GIRO  
    CASE 8  
      GOSUB LIMPIA  
    CASE 9  
      GOSUB PARAR  
    CASE ELSE  
      LCDOUT $FE,1  
      GOTO INICIO
```

```
  END SELECT
```

```
GOTO INICIO
```

```
ALTO:  
  LCDOUT $FE,1,"ROBOT_EXPLORADOR"  
  LCDOUT $FE,$C0,"  ALTO "  
  GOSUB RETARDO  
RETURN
```

```
ADELANTE:  
  LCDOUT $FE,1,"ROBOT_EXPLORADOR"  
  LCDOUT $FE,$C0,"  ADELANTE "  
  GOSUB RETARDO  
RETURN
```

```
ATRAS:  
  LCDOUT $FE,1,"ROBOT_EXPLORADOR"  
  LCDOUT $FE,$C0,"  ATRAS "  
  GOSUB RETARDO  
RETURN
```

```
DERECHA:  
  LCDOUT $FE,1,"ROBOT_EXPLORADOR"  
  LCDOUT $FE,$C0,"  DERECHA "  
  GOSUB RETARDO  
RETURN
```

```
IZQUIERDA:
  LCDOUT $FE,1,"ROBOT_EXPLORADOR"
  LCDOUT $FE,$C0," IZQUIERDA "
  GOSUB RETARDO
RETURN
```

```
MUESTRA:
  LCDOUT $FE,1,"ROBOT_EXPLORADOR"
  LCDOUT $FE,$C0," MUESTRA "
  GOSUB RETARDO
RETURN
```

```
PRESENTACION:
  LCDOUT $FE,1,"ESPE_LATACUNGA"
  LCDOUT $FE,$C0,"TESIS DE GRADO "
  GOSUB RETARDO
RETURN
```

```
GIRO:
  LCDOUT $FE,1,"ROBOT_EXPLORADOR"
  LCDOUT $FE,$C0," GIRO "
  GOSUB RETARDO
RETURN
```

```
LIMPIA:

  LCDOUT $FE,1,"ROBOT_EXPLORADOR"
  LCDOUT $FE,$C0," LIMPIAR "
  GOSUB RETARDO
```

```
RETURN
```

```
PARAR:
  LCDOUT $FE,1,"ROBOT_EXPLORADOR"
  LCDOUT $FE,$C0," PARAR "
  GOSUB RETARDO
RETURN
```

```
RETARDO:
  PAUSE 300
RETURN
```

```
END
```

### PROGRAMA DE PIC MASTER (PIC 16F877A)

```
!*****
!* Nombre: Programa Principal *
!* Author : Pumashunta Carlos y Villalba Jefferson *
!*
!*****
```

```
INCLUDE "MODEDEFS.BAS"
```

```
ADCON1=6
PORTC=0
```

```
.***** PUERTO D COMO ENTRADA DE SENSORES *****  
,  
TRISD=%11111111  
.***** PUERTO C COMO SALIDA DE DATOS *****  
,  
TRISC=%00000000  
SALIDA VAR PORTC  
.***** PUERTO E COMO ENTRADA DEL MODULO RF *****  
TRISE=%1  
.***** VARIABLE DONDE SE CARGA EL DATO RECIVIDO *****  
,  
DATOS VAR BYTE
```

INICIO:

```
SERIN PORTE.0,N2400,DATOS
```

```
SELECT CASE DATOS
```

```
    CASE 1
```

```
        IF DATOS=1 THEN  
            GOSUB ALTO  
        ELSE  
            SALIDA=1  
            GOTO INICIO  
        ENDIF
```

```
    CASE 2
```

```
        IF DATOS=2 THEN  
            GOSUB ADELANTE  
        ELSE  
            SALIDA=1  
            GOTO INICIO  
        ENDIF
```

```
    CASE 3
```

```
        IF DATOS=3 THEN  
            GOSUB ATRAS  
        ELSE  
            SALIDA=1  
            GOTO INICIO  
        ENDIF
```

```
    CASE 4
```

```
        IF DATOS=4 THEN  
  
            GOSUB DERECHA  
        ELSE  
            SALIDA=1  
            GOTO INICIO  
        ENDIF
```

```
    CASE 5
```

```
        IF DATOS=5 THEN  
            GOSUB IZQUIERDA  
        ELSE  
            SALIDA=1  
            GOTO INICIO  
        ENDIF
```

```
    CASE 6
```

```
        IF DATOS=6 THEN  
            GOSUB MUESTRA  
        ELSE  
            SALIDA=1  
            GOTO INICIO
```



```
        ENDIF
    CASE 7
        IF DATOS=7 THEN
            GOSUB GIRO
        ELSE
            SALIDA=1
            GOTO INICIO
        ENDIF
    CASE 8
        GOSUB LIMPIA
    CASE 9
        GOSUB PARAR
    CASE "B"

        GOSUB ALTO
    CASE "A"
        GOSUB ALTO
    CASE ELSE
        SALIDA=1
    END SELECT
GOTO INICIO
```

```
ALTO:
    SALIDA=1
RETURN
```

ADELANTE:

```
    IF PORTD.0=1 AND PORTD.1=0 THEN
        SALIDA=2
```

```
    IF PORTD.7=0 AND PORTD.6=1 THEN SALIDA=5
    IF PORTD.4=0 AND PORTD.3=1 THEN SALIDA=4
```

```
    ELSE
        SALIDA=1
```

```
    ENDIF
```

```
RETURN
```

ATRAS:

```
    IF PORTD.2=0 THEN
        SALIDA=3
```

```
    IF PORTD.6=0 AND PORTD.7=1 THEN SALIDA=4
    IF PORTD.3=0 AND PORTD.4=1 THEN SALIDA=5
```

```
    ELSE
        SALIDA=1
```

```
    ENDIF
```

```
RETURN
```

DERECHA:

```
    IF PORTD.7=1 AND PORTD.6=1 THEN SALIDA=4
    IF PORTD.7=1 AND PORTD.6=0 THEN SALIDA=9
    IF PORTD.7=0 AND PORTD.6=1 THEN SALIDA=1
    IF PORTD.7=0 AND PORTD.6=0 THEN SALIDA=1
```

RETURN

IZQUIERDA:

```
IF PORTD.4=1 AND PORTD.3=1 THEN SALIDA=5
IF PORTD.4=1 AND PORTD.3=0 THEN SALIDA=11
IF PORTD.4=0 AND PORTD.3=1 THEN SALIDA=1
IF PORTD.4=0 AND PORTD.3=0 THEN SALIDA=1
```

RETURN

MUESTRA:

```
SALIDA=6
```

RETURN

GIRO:

CUATRO:

```
SERIN PORTE.0,N2400,DATOS
IF DATOS=4 THEN SALIDA=7
IF DATOS=5 THEN SALIDA=8
IF DATOS=1 THEN GOTO TRES
IF DATOS=2 THEN GOTO TRES
IF DATOS=3 THEN GOTO TRES
GOTO CUATRO
```

TRES:

RETURN

LIMPIA:

```
SALIDA=10
```

RETURN

PARAR:

```
SALIDA=14
```

RETURN

### **PROGRAMA PARA EL PIC ESCLAVO DERECHA(PIC 16F628A)**

CMCON=7

TRISB=%11111111

PWM\_1 VAR PORTA.0

PWM\_2 VAR PORTA.1

DATO VAR PORTB

R VAR BYTE

I VAR BYTE

INICIO:

```
SELECT CASE DATO
```

CASE 1

```
        GOSUB DETENER
CASE 2
        GOSUB ADELANTE
CASE 3
        GOSUB ATRAS
CASE 4
        GOSUB DERE
CASE 5
        GOSUB IZQU
CASE 7
        GOSUB PASO
CASE 8
        GOSUB TRAS
CASE 9
        GOSUB DETENER
CASE 11
        GOSUB IZQ_1
CASE ELSE
        LOW PWM_1: LOW PWM_2
END SELECT
```

GOTO INICIO

DETENER:

```
        LOW PWM_1: LOW PWM_2
```

RETURN

ADELANTE:

```
        HIGH PWM_1: HIGH PWM_2
        PAUSEUS 1200
        LOW PWM_1: LOW PWM_2
        PAUSEUS 20000
```

RETURN

.\*\*\*\*\* SUB RUTINA PARA PONER EN REVERSA UNA LLANTA \*\*\*\*\*

ATRAS:

```
        HIGH PWM_1: HIGH PWM_2
        PAUSEUS 1800
        LOW PWM_1: LOW PWM_2
        PAUSEUS 20000
```

RETURN

DERE:

```
        FOR R=1 TO 15
        HIGH PWM_1: HIGH PWM_2
        PAUSEUS 500
        LOW PWM_1: LOW PWM_2
        PAUSEUS 20000
        IF DATO=1 THEN GOTO INICIO
        NEXT
```

CINCO:

```
        IF DATO=4 THEN
        GOTO CINCO
```

```
ELSE
  GOTO INICIO
ENDIF
GOTO CINCO
RETURN
```

```
IZQU:
  FOR R=1 TO 15
    HIGH PWM_1: HIGH PWM_2
    PAUSEUS 2500
    LOW PWM_1: LOW PWM_2
    PAUSEUS 20000
    IF DATO=1 THEN GOTO INICIO
  NEXT
```

```
CUATRO:
  IF DATO=5 THEN
    GOTO CUATRO
  ELSE
    GOTO INICIO
  ENDIF
GOTO CUATRO
RETURN
```

```
PASO:
  FOR R=1 TO 90
    HIGH PWM_1: HIGH PWM_2
    PAUSEUS 500
    LOW PWM_1: LOW PWM_2
    PAUSEUS 20000
    IF DATO=1 THEN GOTO INICIO
  NEXT
```

```
DOS:
  IF DATO=7 THEN
    GOTO DOS
  ELSE
    GOTO INICIO
  ENDIF
GOTO DOS
RETURN
```

```
TRAS:
  FOR R=1 TO 90
    HIGH PWM_1: HIGH PWM_2
    PAUSEUS 2500
    LOW PWM_1: LOW PWM_2
    PAUSEUS 20000
    IF DATO=1 THEN GOTO INICIO
  NEXT
```

```
TRES:
  IF DATO=8 THEN
    GOTO TRES
  ELSE
    GOTO INICIO
  ENDIF
GOTO TRES
RETURN
```

```

IZQ_1:
  FOR R=1 TO 20
    HIGH PWM_1: HIGH PWM_2
    PAUSEUS 1200
    LOW PWM_1: LOW PWM_2
    PAUSEUS 20000
  IF DATO=1 THEN GOTO INICIO
  NEXT
SEIS:
  IF DATO=11 THEN
    GOTO SEIS
  ELSE
    GOTO INICIO
  ENDIF
GOTO CUATRO
RETURN
END

```

### PROGRAMA DEL PIC ESCLAVO IZQUIERDA (PIC 16F628A)

```

CMCON=7

TRISB=%11111111

PWM_1 VAR PORTA.0
PWM_2 VAR PORTA.1

DATO VAR PORTB
R VAR BYTE
I VAR BYTE

INICIO:
  SELECT CASE DATO

    CASE 1
      GOSUB DETENER
    CASE 2
      GOSUB ADELANTE
    CASE 3
      GOSUB ATRAS
    CASE 4
      GOSUB DERE
    CASE 5
      GOSUB IZQU
    CASE 7
      GOSUB PASO
    CASE 8
      GOSUB TRAS
    CASE 9
      GOSUB DERE_1
    CASE 11
      GOSUB DETENER
    CASE ELSE
      LOW PWM_1:LOW PWM_2
  END SELECT

```

GOTO INICIO

DETENER:

    LOW PWM\_1: LOW PWM\_2

RETURN

ADELANTE:

    HIGH PWM\_1: HIGH PWM\_2

    PAUSEUS 1800

    LOW PWM\_1: LOW PWM\_2

    PAUSEUS 20000

RETURN

ATRAS:

    HIGH PWM\_1: HIGH PWM\_2

    PAUSEUS 1200

    LOW PWM\_1: LOW PWM\_2

    PAUSEUS 20000

RETURN

DERE:

    FOR R=1 TO 15

        HIGH PWM\_1: HIGH PWM\_2

        PAUSEUS 500

        LOW PWM\_1: LOW PWM\_2

        PAUSEUS 20000

    IF DATO=1 THEN GOTO INICIO

    NEXT

CINCO:

    IF DATO=4 THEN

        GOTO CINCO

    ELSE

        GOTO INICIO

    ENDIF

GOTO CINCO

RETURN

IZQU:

    FOR R=1 TO 15

        HIGH PWM\_1: HIGH PWM\_2

        PAUSEUS 2500

        LOW PWM\_1: LOW PWM\_2

        PAUSEUS 20000

    IF DATO=1 THEN GOTO INICIO

    NEXT

CUATRO:

    IF DATO=5 THEN

        GOTO CUATRO

    ELSE

        GOTO INICIO

    ENDIF

GOTO CUATRO

RETURN

PASO:

```
FOR R=1 TO 90
  HIGH PWM_1: HIGH PWM_2
  PAUSEUS 500
  LOW PWM_1: LOW PWM_2
  PAUSEUS 20000
  IF DATO=1 THEN GOTO INICIO
NEXT
DOS:
  IF DATO=7 THEN
    GOTO DOS
  ELSE
    GOTO INICIO
  ENDIF
GOTO DOS
RETURN
```

```
TRAS:
  FOR R=1 TO 90
    HIGH PWM_1: HIGH PWM_2
    PAUSEUS 2500
    LOW PWM_1: LOW PWM_2
    PAUSEUS 20000
    IF DATO=1 THEN GOTO INICIO
  NEXT
```

```
TRES:
  IF DATO=8 THEN
    GOTO TRES
  ELSE
    GOTO INICIO
  ENDIF
GOTO TRES
RETURN
```

```
DERE_1:
  FOR R=1 TO 20
    HIGH PWM_1: HIGH PWM_2
    PAUSEUS 1800
    LOW PWM_1: LOW PWM_2
    PAUSEUS 20000
    IF DATO=1 THEN GOTO INICIO
  NEXT
```

```
SEIS:
  IF DATO=9 THEN
    GOTO SEIS
  ELSE
    GOTO INICIO
  ENDIF
GOTO TRES
RETURN
```

**PROGRAMA PARA EL PIC ESCLAVO MUESTRA Y CEPILLO LIMPIADOR (PIC  
16F628A)**

CMCON=7

TRISB=%11111111

PWM\_1 VAR PORTA.7  
MOTOR\_1 VAR PORTA.0

DATO VAR PORTB  
R VAR BYTE  
I VAR BYTE

INICIO:

    SELECT CASE DATO

        CASE 6

            GOSUB MUESTRA

        CASE 1

            GOSUB POSICION

        CASE 10

            HIGH MOTOR\_1

        CASE 14

            LOW MOTOR\_1

        CASE ELSE

            GOTO INICIO

    END SELECT

GOTO INICIO

MUESTRA:

    UNO:

        HIGH PWM\_1

        PAUSEUS 1500

        LOW PWM\_1

        PAUSEUS 20000

    IF DATO=1 THEN

        GOTO INICIO

    ELSE

        GOTO UNO

    ENDIF

GOTO UNO

RETURN

POSICION:

    HIGH PWM\_1

    PAUSEUS 2500

    LOW PWM\_1

    PAUSEUS 20000

RETURN

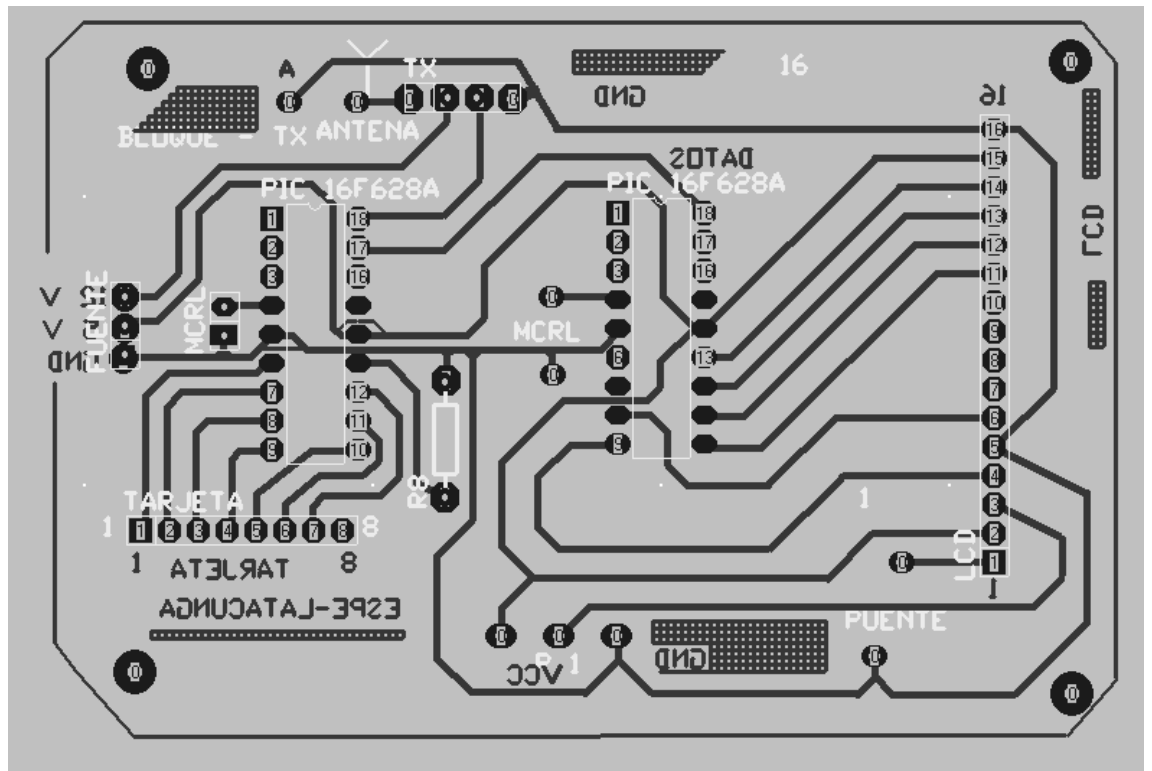
END



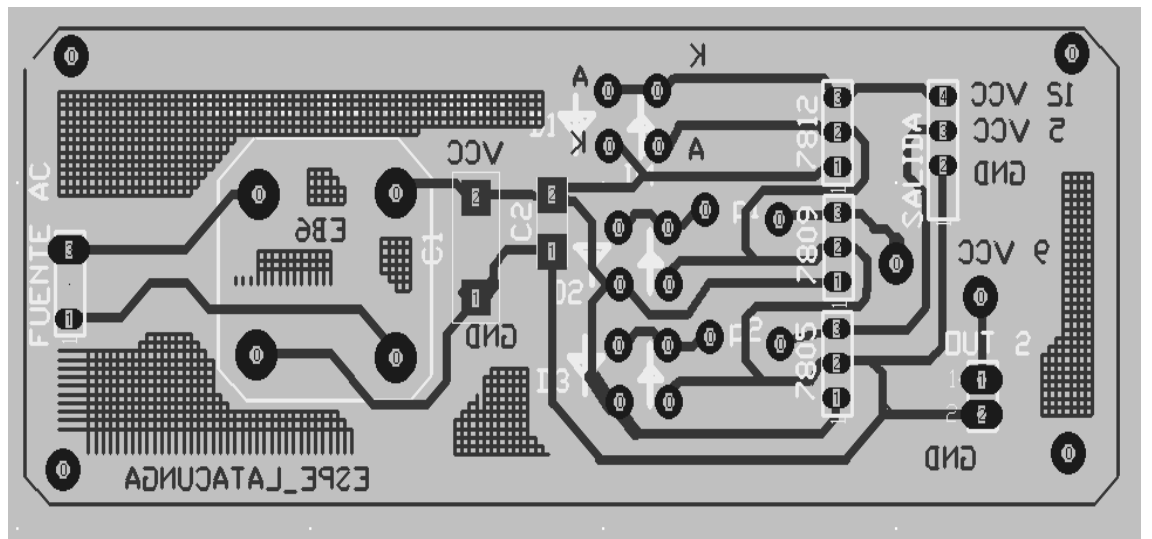
## **ANEXO C**

### **DISEÑO DE PLACAS**

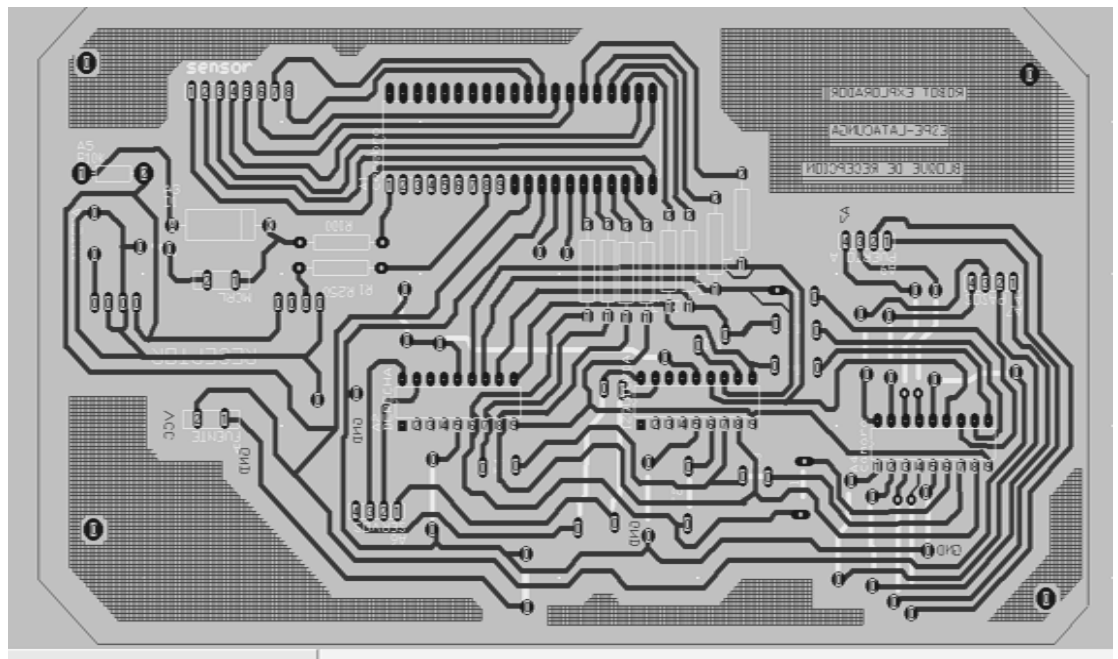
## TRANSMISOR



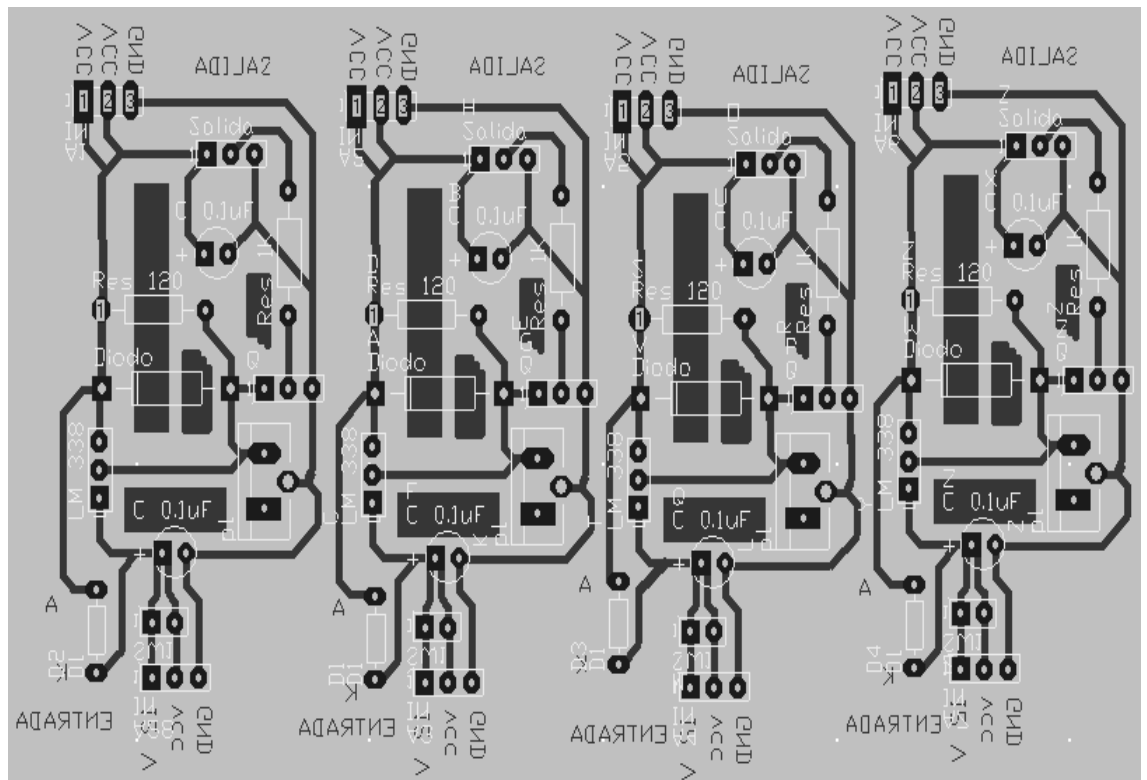
## FUENTE DEL BLOQUE TRANSMISOR



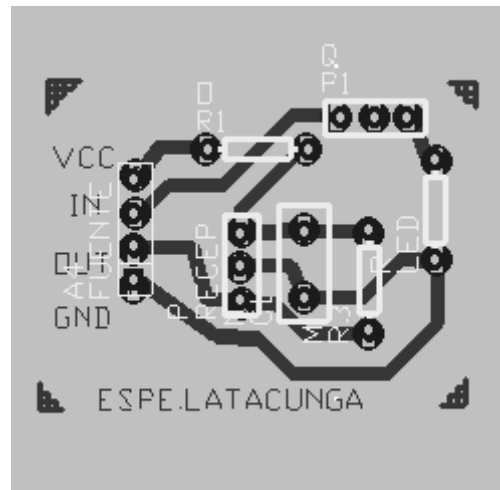
### CEREBRO



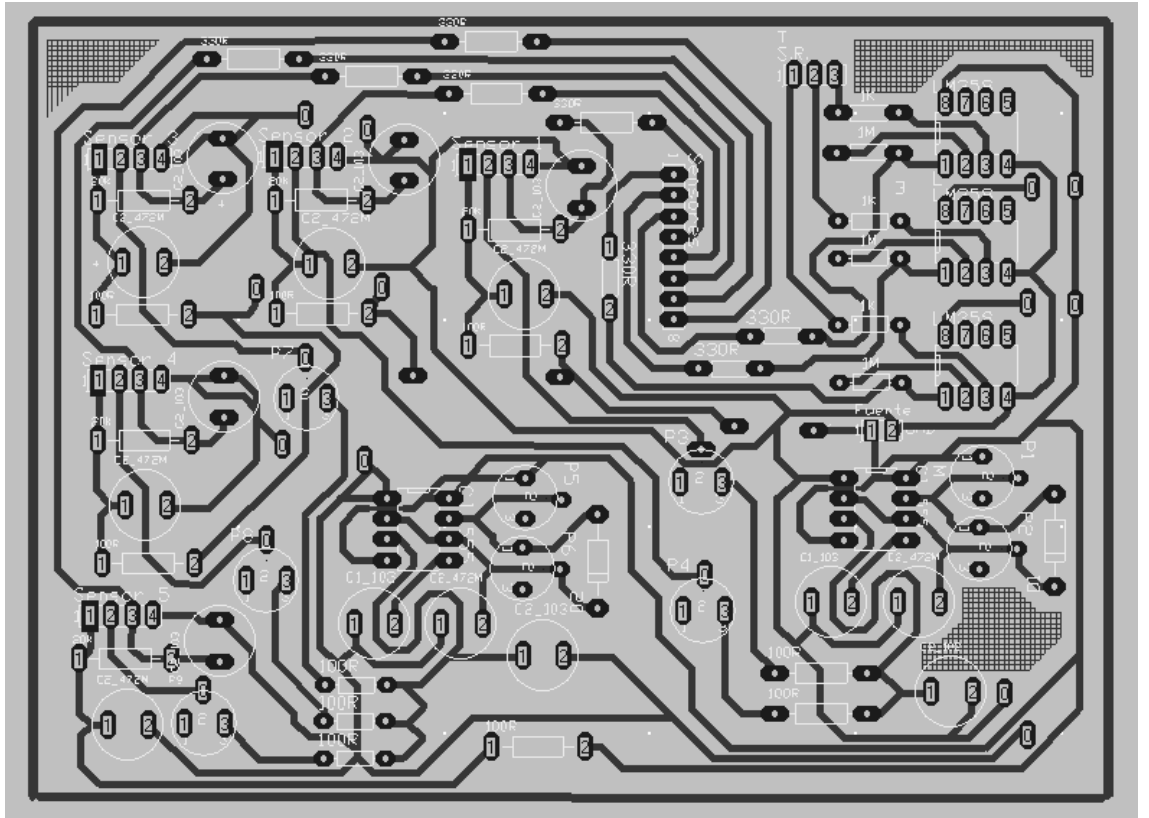
### FUENTE DEL BLOQUE RECEPTOR



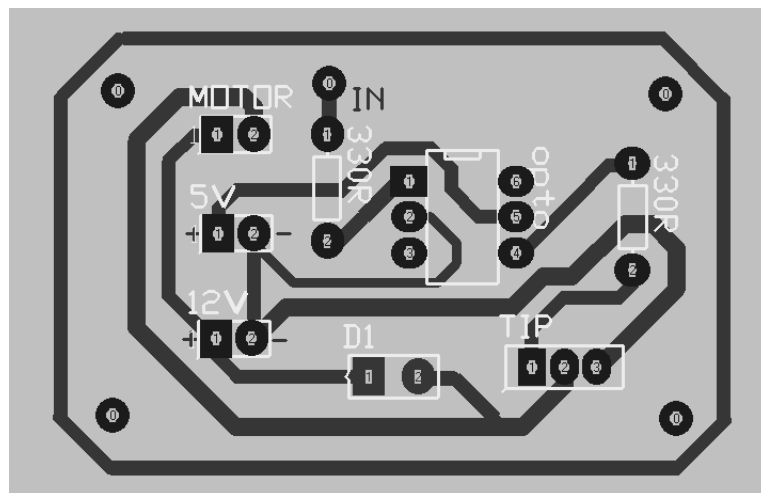
**SENSOR INFRARRORO PARA DISTANCIA REGULABLE**



**SISTEMA SENSORIAL**



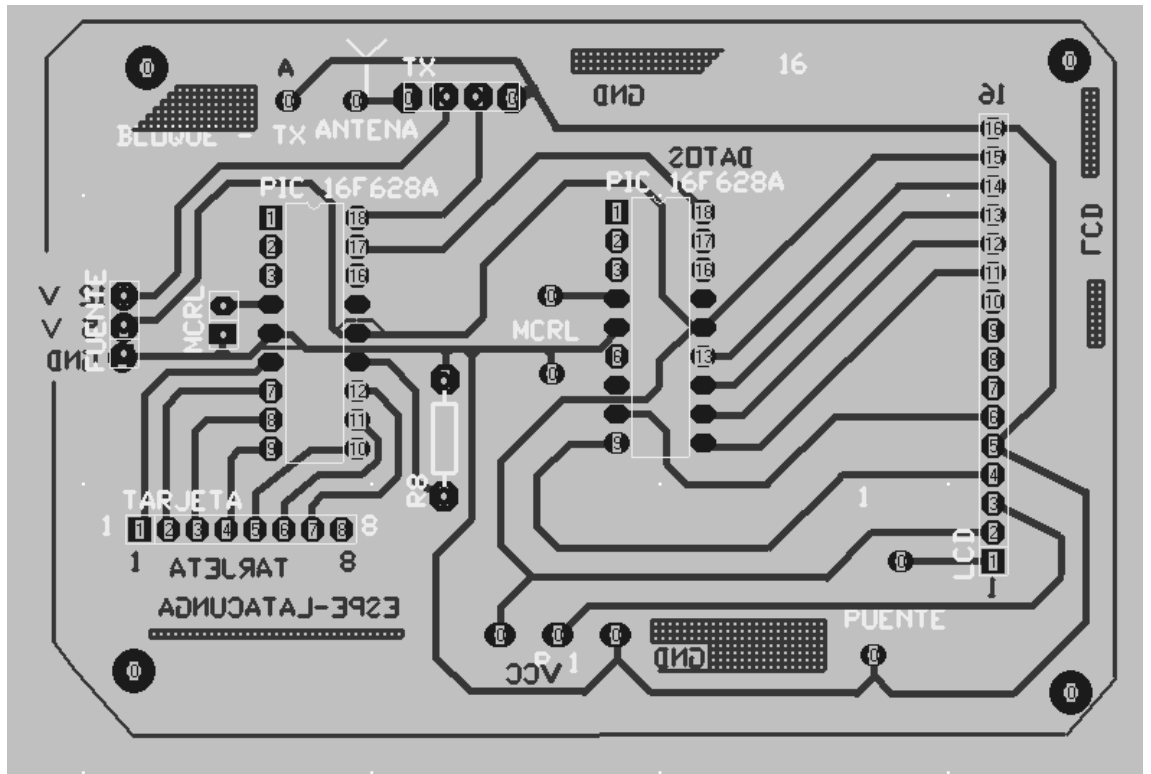
**CIRCUITO DE PONECIA DEL MOTOR DE D.C.**



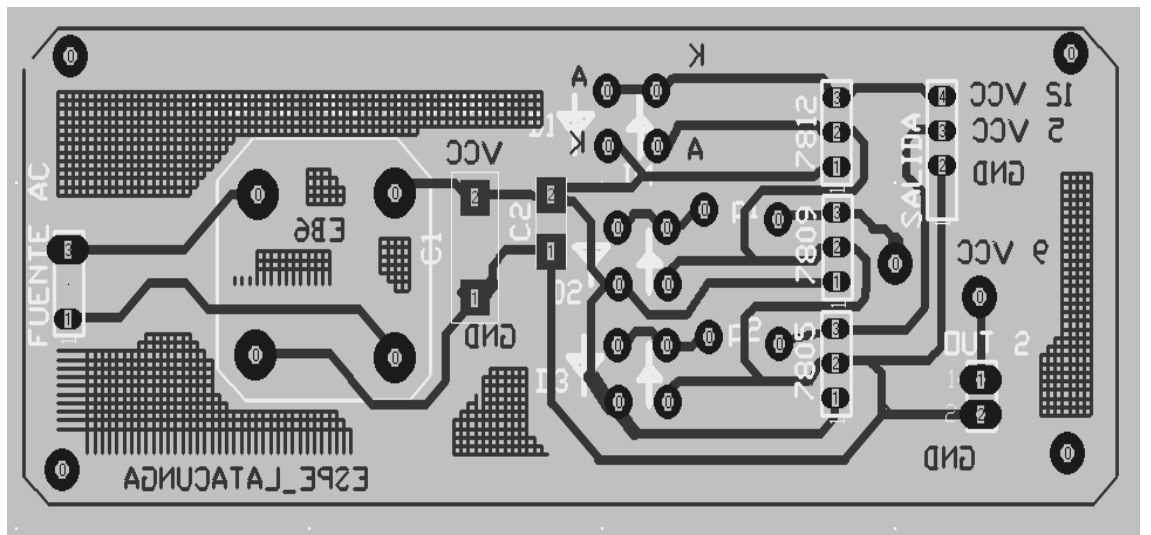
## **ANEXO C**

### **DISEÑO DE PLACAS**

**TRANSMISOR**

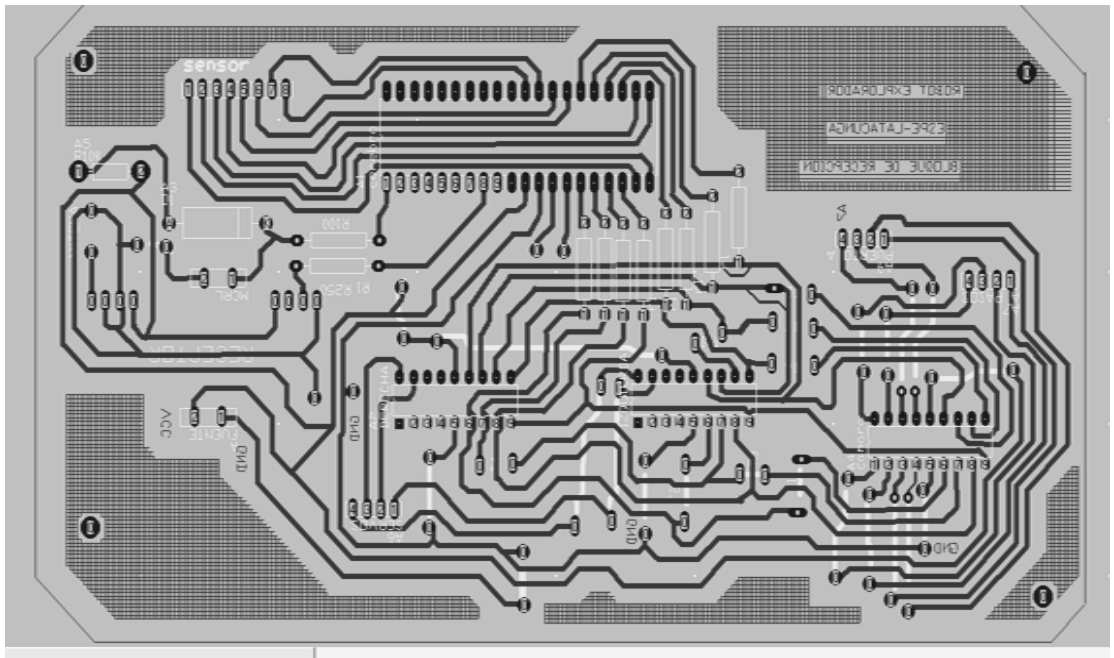


FUENTE DEL BLOQUE TRANSMISOR

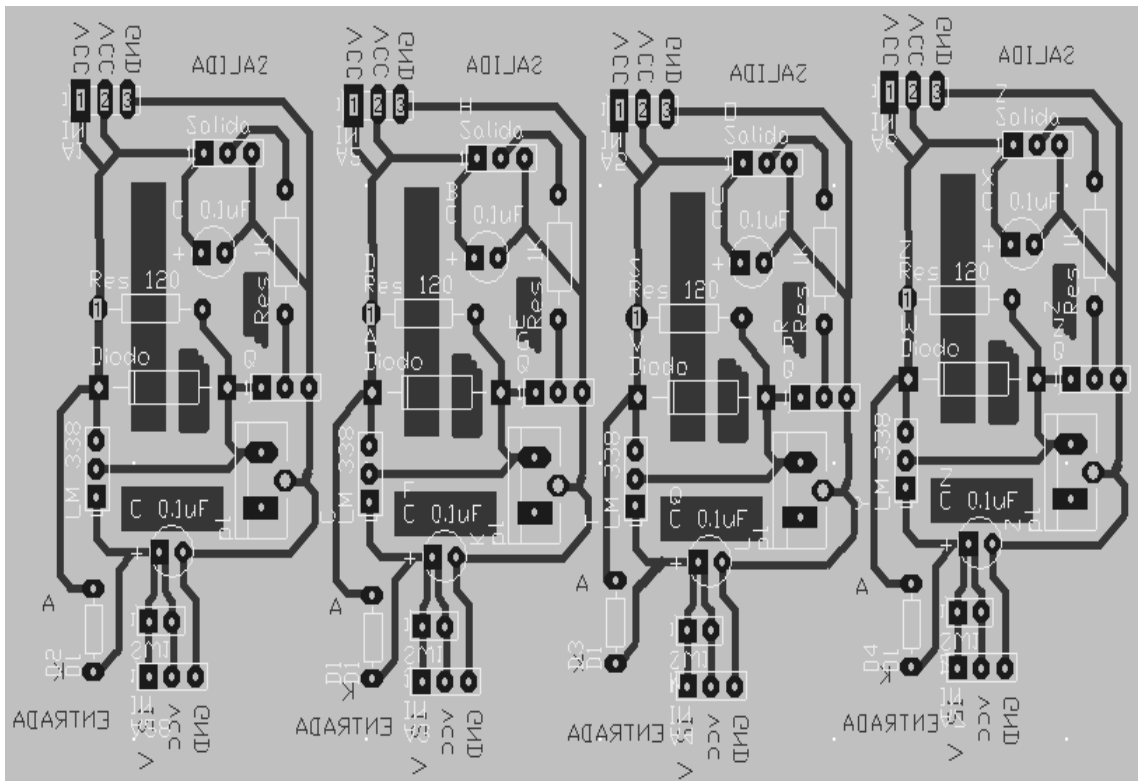


CEREBRO

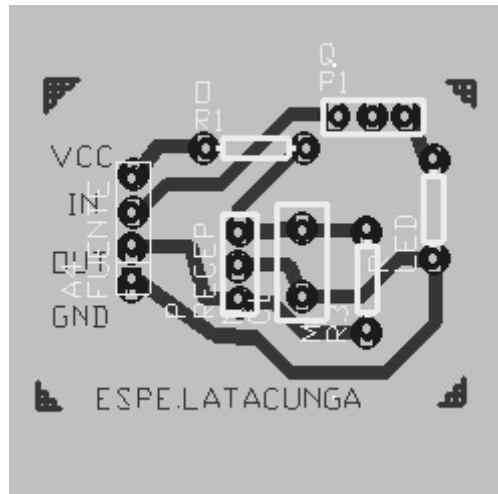




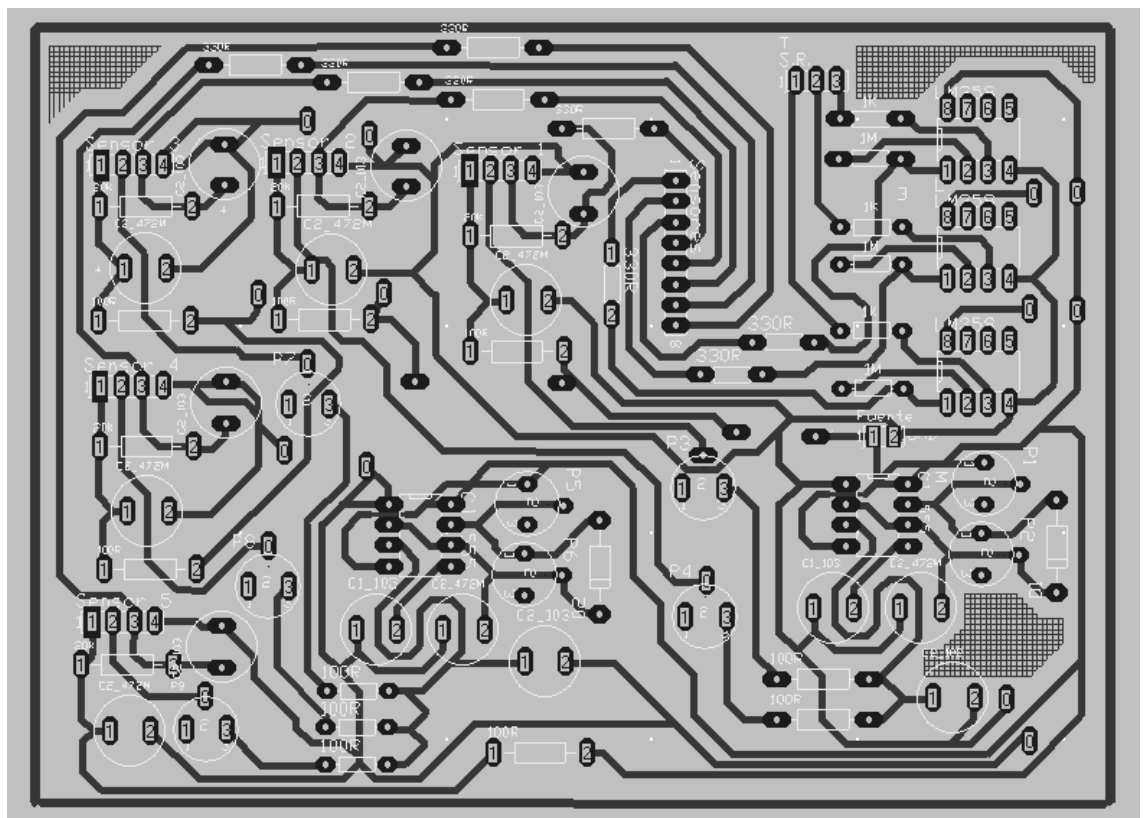
**FUENTE DEL BLOQUE RECEPTOR**



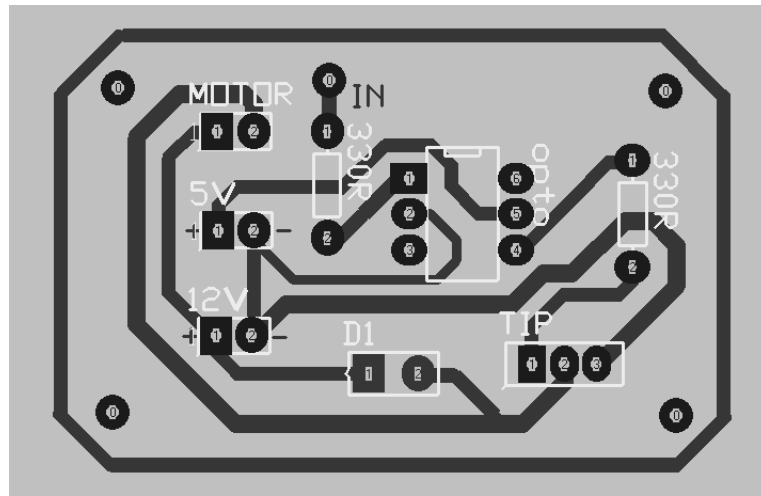
**SENSOR INFRARRORO PARA DISTANCIA REGULABLE**



**SISTEMA SENSORIAL**



**CIRCUITO DE PONECIA DEL MOTOR DE D.C.**



**Elaborado por:**

---

Carlos Pumashunta Guisha

---

Jefferson Villalba Jácome

**EL COORDINADOR DE LA CARRERA DE INGENIERIA ELECTRÓNICA  
ESPECIALIDAD INSTRUMENTACIÓN**

---

Ing. Armando Álvarez Salazar

**EL SECRETARIO ACADEMICO ESPE-LATACUNGA**

---

Ab. Eduardo Vásquez Alcazár

