



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN TELECOMUNICACIONES Y**

**REDES**

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE ROBOTS CAZADORES**

**BASADOS EN UN ALGORITMO DELIBERATIVO.”**

**TESIS DE GRADO**

**Previa la obtención del título de**

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y COMPUTACIÓN**

**Presentado por:**

**MARIO EDMUNDO PINO ARGUELLO**

**ROBERTO CARLOS VALLEJO LEMA**

**RIOBAMBA - ECUADOR**

**2010**

AL ING. PAÚL ROMERO

Director de Tesis; por su  
ayuda y colaboración para la  
realización de este Proyecto.

MARIO,

A MIS PADRES

Por su abnegación y esfuerzo  
por que sin su apoyo y  
confianza no habría sido  
posible cumplir mis metas.

ROBERTO,

A MI DIOS Y A MI MADRE

Porque sin su apoyo y  
confianza no habría sido  
posible cumplir mis metas.

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Ing. IVAN MENES.	.....	.....
DECANO FACULTAD		
INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA		
Ing. JOSÉ GUERRA	.....	.....
ESCUELA DE INGENIERÍA		
ELECTRÓNICA EN		
TELECOMUNICACIONES Y REDES		
Ing. PAÚL ROMERO.	.....	.....
DIRECTOR DE TESIS		
Ing. EDWIN ALTAMIRANO.	.....	.....
MIEMBRO DEL TRIBUNAL		
Tlgo. Carlos Rodríguez	.....	.....
DIRECTOR CENTRO DE DOCUMENTACIÓN		
NOTA DE LA TESIS	.....	

“Nosotros, Mario Edmundo Pino Arguello y Roberto Carlos Vallejo Lema, somos responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta tesis; y, el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO”.

---

Mario E. Pino Arguello

---

Roberto C. Vallejo Lema

# ÍNDICE

## ÍNDICE

## ÍNDICE DE FIGURAS

## ÍNDICE DE TABLAS

## INTRODUCCION

## CAPÍTULO I

### MARCO REFERENCIAL

1.1. ANTECEDENTES.....	15
1.2. JUSTIFICACIÓN .....	16
1.3. OBJETIVOS .....	17
1.3.1. OBJETIVO GENERAL:.....	17
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS: .....	17

## CAPÍTULO II

### MARCO TEORICO

2.1. ROBÓTICA .....	18
2.1.1. FUNDAMENTOS BÁSICOS DE LA ROBÓTICA.....	18
2.1.2. CLASIFICACIÓN DE LA ROBÓTICA .....	21
2.1.3. ROBÓTICA MOVIL.....	21
2.1.4. CLASIFICACIÓN DE LA ROBÓTICA MÓVIL.....	23
2.1.5. ROBOTS AUTÓNOMOS.....	25

2.2. DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS .....	26
2.3. SENSOR DE ULTRASONIDO .....	26
2.3.1. ZONA MUERTA.....	26
2.3.2. MÁXIMO RANGO SENSIBLE .....	27
2.3.3. ANGULO DE EMISIÓN .....	28
2.3.4. DIÁMETRO DEL CONO DE EMISIÓN .....	29
2.3.5. FRECUENCIA DE DISPARO .....	29
2.3.6. INCLINACIÓN DEL HAZ DE ULTRASONIDO .....	30
2.3.7. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA ONDA ULTRASÓNICA.....	30
2.3.8. FUNCIONAMIENTO DEL SENSOR .....	32
2.3.9. INCIDENCIAS DEL MEDIO AMBIENTE .....	33
2.3.10. ERRORES EN LA MEDIDA DEL ULTRASONIDO .....	34
2.4. MÓDULOS TRANSMISOR RECEPTOR .....	34
2.4.1. TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS.....	34
2.4.2. FUNDAMENTOS BÁSICOS DE TRANSMISIÓN DE LAS ONDAS.....	35
2.4.3. SISTEMAS RF 434. ....	36
2.4.4. MODULACIÓN POR DESPLAZAMIENTO DE AMPLITUD ASK (AMPLITUDE SHIFT KEYING) .....	38

### **CAPÍTULO III**

#### **DISEÑO DEL ALGORITMO DELIBERATIVO**

3.1. ALGORITMO DELIBERATIVO.....	40
3.2. ESTADOS DEL ALGORITMO.....	41
3.2.1. BÚSQUEDA.....	41
3.2.2. AYUDA.....	44
3.2.3. PARADA.....	44
3.2.4. CAPTURA.....	45
3.3. DIAGRAMAS DE FLUJO DE LOS ESTADOS DEL ALGORITMO.....	46
3.3.1. BLOQUE DE BÚSQUEDA.....	47
3.3.2. BLOQUE DE APROXIMACIÓN.....	47
3.3.3. BLOQUE DE UBICACIÓN.....	49
3.3.4. BLOQUE DE CAPTURA.....	50
3.3.5. BLOQUE DEL TRASLADO A LA POSICIÓN ESTRATÉGICA.....	51

## **CAPÍTULO IV**

### **IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA AUTÓNOMO**

4.1. INTRODUCCION.....	52
4.2. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL CIRCUITO ELECTRÓNICO.....	53
4.2.1. ADQUISICIÓN DE INFORMACIÓN.....	53
4.2.2. TABULACIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	58
4.2.3. TRANSMISIÓN.....	62
4.3. IMPLEMENTACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL ROBOT.....	66

## **CAPÍTULO V**

### **ANÁLISIS Y RESULTADOS**

5.1. ANÁLISIS FUNCIONAL DEL ALGORITMO DELIBERATIVO..... 70

5.1.1. COMPARACIÓN DE ESTADOS DE ACUERDO A LAS ETAPAS DE PROGRAMACIÓN:..... 78

5.2. ANÁLISIS FUNCIONAL MECÁNICO..... 81

5.2.1. PINZAS Y ESTRUCTURA DEL ROBOT..... 81

### **CONCLUSIONES**

### **RECOMENDACIONES**

### **RESUMEN**

### **BIBLIOGRAFIA**

## Índice de figuras

Figura II-1. Obra de Isaac Asimos (1920-1992) - I Robot.....	20
Figura II-2. Robot con ruedas, Pionero 1 .....	24
Figura II-3. Robot Hexápodo.....	25
Figura II-4. Zona Muerta del Sensor de Ultrasonido .....	27
Figura II-5. Cono de emisión .....	28
Figura II-6. Comparación entre los rangos máximos de sensibilidad.....	28
Figura II-7. Máximo rango de inclinación.....	30
Figura II-8. Cono de emisión del ultrasonido.....	31
Figura II-9. Módulo RF a 433 MHz .....	37
Figura II-10. Modulación ASK.....	39
Figura III-11. Estados del Algoritmo.....	41
Figura III-12. Campo del Robot.....	42
Figura III-13. Cobertura del sensor en el Robot .....	42
Figura III-14. Delimitación de la pista .....	43
Figura III-15. Eficiencia en la medición .....	43
Figura III-16. Orientación del robot en la zona muerta en el estado de ayuda .....	44
Figura III-17. Posicionamiento del robot.....	45
Figura III-18. Ubicación de los sensores QRD 1114.....	45

Figura III-19. Captura y traslado del objeto.....	46
Figura III-20. Lugar estratégico en la pista.....	46
Figura III-21. Diagrama de bloques del estado de búsqueda.....	47
Figura III-22. Diagramas do bloques de los estados de aproximación Etapa 1.....	48
Figura III-23. Diagrama de bloques del estado de Ubicación.....	49
Figura III-24. Diagrama de bloques del estado de captura .....	50
Figura III-25. Diagrama de bloques del traslado del objeto .....	51
Figura IV-26. Esquema estructural de la placa. ....	53
Figura IV-27. Sensor de ultrasonido MAXSONAR EZ1.....	54
Figura IV-28. Lóbulo de radiación del sensor de ultrasonido.....	55
Figura IV-29. Polarización del ultrasonido .....	55
Figura IV-30. Filtro del ultrasonido.....	56
Figura IV-31. Conexión del ultrasonido con el micro .....	56
Figura IV-32. Vista externa y circuitos internos del sensor QRD1114 .....	57
Figura IV-33. Polarización del sensor infrarojoQRD1114.....	58
Figura IV-34. Diagrama del reloj externo .....	59
Figura IV-35. Puente H L293D .....	60
Figura IV-36. Ancho de pulso para el movimiento del servo .....	60
Figura IV-37. Servomotor .....	61
Figura IV-38. Pasos para trucar un servo .....	61

Figura IV-39. Circuito L293D .....	62
Figura IV-40. Transmisor RF TLP43A .....	63
Figura IV-41. Receptor RF RLP433A.....	64
Figura IV-42. Circuito Tx y Rx.....	65
Figura IV-43. Placa terminada.....	66
Figura IV-44. Dimensiones de las pinzas .....	67
Figura IV-45. Diseño en Autocad de las pinzas .....	67
Figura IV-46. Esquema de las Pinzas .....	68
Figura IV-47. Esquema completo del Robot.....	68
Figura IV-48. Esquema de las ruedas traseras de Robot.....	68
Figura IV-49. Esquema para la obtención del objeto .....	69
Figura IV-50. Rueda Loca.....	69
Figura V-51. Configuración del micro para procesamiento de la información. ....	71
Figura V-52. Reflexión de la onda ultrasónica.....	74
Figura V-53. Disposición del ultrasonido.....	74
Figura V-54. Expansión del lóbulo del ultrasonido.....	75
Figura V-55. Control de Comunicación .....	77
Figura V-56. Diagrama de estados del estado de búsqueda .....	79
Figura V-57. Estructura de las pinzas.....	81

## Índice de Tablas

Tabla III-I. Tabla de Condiciones .....	45
Tabla IV-II. Dimensiones del sensor Maxsonar EZ1 .....	54
Tabla IV-III. Distribución de Pines del modulo RF TLP 434A .....	63
Tabla IV-IV. Distribución de pines del módulo RF RLP434A. ....	64
Tabla V-V. Relación de ángulos en correspondencia con los giros.....	72
Tabla V-VI. Relación de ángulos en correspondencia con los giros .....	72
Tabla V-VII Estados de los Sensores QRD 1114.....	73
Tabla V-VIII. Tabla de grosores de objetos y materiales utilizables y sus porcentajes .....	76
Tabla V-IX. Distancia de la transmisión.....	78
Tabla V-X. Tabla de voltajes de baterías y tiempos de duración .....	80
Tabla V-XI. Porcentajes de agarre según el radio del objeto .....	82

# INTRODUCCION

Tomando en cuenta el avance de la tecnología y los requerimientos existentes hoy en día en el campo de la robótica, nos vemos obligados a enfocarnos en el estudio de los robots autónomos, su desarrollo de forma íntegra y constatar la capacidad de autonomía que se puede lograr al implementarlos.

Es por esto que nuestro trabajo de investigación se fijara en la implementación de un sistema autónomo que estará compuesto por dos robots, cada uno de estos cumplirán tareas similares pero en momentos diferentes puesto que se establecerá una comunicación unilateral por radiofrecuencia para que el segundo robot entre en funcionamiento.

La tarea específica que cumplirá cada robot será atrapar un objeto que en este caso será una esfera de 10 cm de diámetro que se encontrara ubicada en cualquier lugar de la pista y trasladarla a un lugar seguro, para cumplir esta función se adecuara de manera óptima los diferentes dispositivos tanto electrónicos como mecánicos.

# Capítulo I

## **MARCO REFERENCIAL**

### **1.1. ANTECEDENTES**

Desde la aparición de los robots se han ido caracterizando por ir ganando espacio en diferentes campos como es el de la recolección de objetos, por ejemplo en las casas, empresas, etc., se necesita robots que sean capaces de trabajar autónomamente sin necesidad de un control externo, estos robots deben tener una planeación cooperativa del movimiento de objetos.

Las aplicaciones de los robots en la recolección de objetos y en otros campos son muy interesantes por las posibilidades que ofrecen.

El uso de robots que actúen coordinadamente para obtener medidas simultáneas mejora significativamente el proceso de autocontrol.

Así pues, es necesario que los robots tengan un alto grado de autonomía, aunque acepten órdenes externas de carácter más abstracto. Ha de ser posible, por ejemplo, detener el trabajo de todos los robots o indicarles cuándo deben empezar. Por otra parte, la obligada simplicidad de los robots hace necesario que cooperen entre sí para poder llevar a cabo tareas más complejas.

Existen algunos algoritmos para el control del robot, uno de ellos es el algoritmo deliberativo, que está a un nivel de abstracción alto.

Este algoritmo permite comportamientos deterministas y de carácter reactivo, pero es conveniente organizarlo como una máquina de estados.

## **1.2. JUSTIFICACIÓN**

Por lo expuesto anteriormente se desea crear un sistema de robots empleando elementos disponibles comercialmente, que ayude al ser humano con la recolección de objetos en lugares de difícil acceso, que podrían ser peligrosos para él y para su salud, estos robots estarían encargados de realizar el trabajo sucio.

Estos prototipos estarían encargados de recoger los objetos y ponerlos en un lugar seguro.

Para esto se creará un entorno aplicable que se basara en un “Problema juguete” de búsqueda, recolección y guardado de unas pelotas que estarán en cualquier parte de un área predestinada, esto a su vez nos permitirá cumplir con los objetivos del trabajo.

Este prototipo fácilmente podrá ser trasladado a empresas o lugares que necesiten de robots para la recolección de objetos peligrosos para el hombre, con ello se

obtendrá al menos, un modelo de comportamiento de los robots, que se espera sea trasladable fácilmente a entornos reales.

Así pues, el trabajo que se realizará consistirá, fundamentalmente, en el diseño de unos robots que cooperan para conseguir recolectar unas pelotas.

En este sentido, cabe indicar que la analogía entre el problema juguete y uno real, estriba en algunas de las limitaciones que se imponen en cuanto a la capacidad computacional de los robots y en la necesidad de que éstos, en una primera fase, se sitúen alrededor de la muestra que atarían buscando.

### **1.3. OBJETIVOS**

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

- Implementar un prototipo de robots cazadores basados en un algoritmo deliberativo.

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Estudiar los dispositivos, sensores, actuadores para la implementación del proyecto.
- Analizar y diseñar un algoritmo deliberativo que se ocupe de determinar el comportamiento funcional del robot al nivel de abstracción alto.
- Implementar los robots cazadores
- Implementar el algoritmo deliberativo en los robots cazadores

## Capítulo II

### **MARCO TEORICO**

#### **2.1. ROBÓTICA**

En este apartado se tratará los principios básicos necesarios para la comprensión y desarrollo de la teoría así como también definiciones que ayudarán a que el lector tenga una percepción de lo que es un robot, su clasificación, la importancia en el mundo contemporáneo y otros temas relacionados al tópico.

##### **2.1.1. FUNDAMENTOS BÁSICOS DE LA ROBÓTICA**

La robótica desde hace cientos de años atrás nace como un anhelo de muchos pueblos de construir dispositivos que ayuden al ser humano y mejoren el rendimiento dentro de una tarea específica.

Ahora bien, según el Instituto Norteamericano del Robot y de la ISO 8373: “Un robot es un manipulador reprogramable, multifuncional, controlado

automáticamente, que puede estar fijo en un sitio o moverse, y que está diseñado para mover materiales, piezas, herramientas o dispositivos especiales, por medio de movimientos variables programados para la realización de diversas tareas o trabajos”. Cabe señalar que esta definición sirvió principalmente para disminuir la ambigüedad entre una máquina y un robot ya que en varias definiciones anteriores pueden entrar dentro del concepto robot máquinas domésticas sin ser estas un robot.

Para una mejor comprensión de la definición de la ISO 8373 es necesario comprender lo que significa manipulador, reprogramable y multifuncional; para lo cual se detalla sus definiciones:

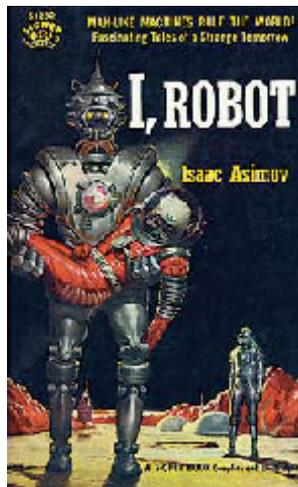
- **Manipulador:** es un mecanismo consistente en un conjunto de segmentos y uniones para mover objetos normalmente en varios grados de libertad.
- **Reprogramable:** Los movimientos programados o funciones auxiliares pueden modificarse sin que se realicen alteraciones en la estructura mecánica o en el sistema de control, excepto aquellas que suponen cambios de programas y memorias.
- **Multifuncional:** Es posible que sea adaptado a diferentes aplicaciones con alteraciones en la estructura mecánica o en el sistema de control.

Es necesario acotar que un robot tiene una capacidad de procesamiento inferior a la de un ser humano, pero puede realizar operaciones limitadas de forma más rápida y precisa sin importar las condiciones de trabajo y realizándolo en forma

continua, sin que esto implique salirse de las tres leyes que rigen la inteligencia de los robots, las cuales son:

- Un robot no debe dañar a un ser humano o, por inacción, dejar que un ser humano sufra daño.
- Un robot debe obedecer las órdenes que le son dadas por un ser humano, excepto cuando estas órdenes estén en oposición con la primera ley.
- Un robot debe proteger su propia existencia hasta donde esta protección no esté en conflicto con la primera o la segunda ley.

Estas leyes fueron dadas por el científico ruso Isaac Asimov (1920-1992) en su obra "I Robot" con la finalidad de terminar con mitos populares sobre el dominio del mundo por los robots.



**Figura II-1. Obra de Isaac Asimov (1920-1992) - I Robot**

### **2.1.2. CLASIFICACIÓN DE LA ROBÓTICA**

No se tiene una clasificación exacta dentro de la robótica ya que se puede hacer múltiples clasificaciones en función de sus características entre las que se destacan:

- Generación
- Nivel de inteligencia
- Nivel de control
- Nivel de lenguaje de programación.

En este documento nosotros haremos más énfasis en la robótica móvil en si ya que esa va a ser nuestra área de estudio.

### **2.1.3. ROBÓTICA MOVIL**

La robótica móvil es un área relativamente de investigación nueva que se aplica en el control de vehículos autónomos y semiautónomos. Lo que coloca a la robótica móvil con la excepción de otras áreas de investigación como la robótica convencional del manipulador artificial.

Los autómatas móviles no son sólo una colección de algoritmos, son también encarnaciones físicas de estos algoritmos, ideas que deben hacer frente a todo los caprichos del mundo real, como tal, los autómatas móviles proveen una realidad de un entorno físico.

Realmente las aplicaciones en las cuales los autómatas móviles actuales han sido exitosamente aplicado se caracterizan por:

- La ausencia de un humano en el sitio, que es un costo potencialmente alto, y la necesidad para tolerar condiciones medioambientales que no podrían ser aceptables para el humano, los autómatas están especialmente bien adecuados para las tareas que el humano como tal no podría realizar.
- Un ambiente inhóspito en el cual enviar a un ser humano sería costoso o muy peligroso.
- Una instancia extrema en dominios completamente inaccesibles para los humanos como ambientes microscópicos.
- Una tarea con un muy exigente ciclo de trabajo o un factor muy alto de fatiga.
- Una tarea que es altamente desagradable a un humano.

Los autómatas móviles son difíciles de diseñar. Los accionadores o relés, los procesadores, interfaz de usuario, los sensores, y los mecanismos de comunicación permiten a un robot móvil reaccionar, pensar y dar soluciones inteligentes en espacios abiertos.

La estructura de un robot móvil es muy complicada, requiere una inversión considerable de recurso humano en cuanto al tiempo y al diseño.

Dependiendo del medio en el que desempeñara sus actividades se debe considerar:

- Un mecanismo para hacer que el robot reconozca su medio ambiente. Incluye la organización de motores, cinturones, y los engranajes necesarios para que se mueva el robot.

- Algún dispositivo electrónico para controlar el robot.
- Una colección de sensores con los cuales el robot recoge información reconociendo su ambiente.
- Hardware de comunicaciones para permitirle al robot comunicarse.

#### **2.1.4. Clasificación de la robótica móvil**

Básicamente se pueden clasificar los robots móviles atendiendo a su modo de desplazamiento; así, se distinguen entre robots con ruedas y con patas

##### **2.1.4.1. Robots móviles con ruedas**

Frente a la otra clase de robots móviles (los robots con patas) estos disponen de un ámbito de aplicación más extenso debido a que se requiere un control sencillo, menos cantidad de energía y los movimientos no son bruscos y son rápidos.

Las características y disposición de las ruedas en el robot le van a permitir adaptarse al tipo de terreno en que desarrolle su tarea. Estos robots móviles presentan buena estabilidad, pero habitualmente necesitan de sistemas de suspensión para asegurar que las ruedas de tracción y/o dirección estén en el suelo.

Con el objetivo de no instalar los sistemas de suspensión, es adecuado utilizar robots de tres ruedas, éstos últimos garantizan un mejor contacto con el suelo y se puede afirmar que el centro de gravedad del robot se encontrará en el centro del círculo que pasa por los tres puntos de contacto del robot con el suelo.

El uso de ruedas para realizar el desplazamiento conlleva problemas cuando se pretende realizar el desplazamiento en un terreno accidentado o escarpado, en

cuyo caso las ruedas deber ser lo suficientemente grandes para pasar los obstáculos.



**Figura II-2. Robot con ruedas, Pionero 1**

#### **2.1.4.2. Robots móviles con patas**

Su principal aplicación se extiende a aquellas zonas a las que un vehículo con ruedas no pueda alcanzar, por la orografía del terreno por ejemplo. El uso de patas permite al robot desplazarse en terrenos escarpados evitando y pasando por encima de los obstáculos. A pesar de la maniobrabilidad que permite este tipo de tracción o la posibilidad de realizar tareas como subir escaleras, el uso de patas suele ser minoritario frente a la tracción con ruedas, y la mayoría de las aplicaciones existentes suelen ser de investigación. En la actualidad es posible encontrar robots móviles que disponen desde dos a varias patas. Así dentro de éstos se pueden clasificar en robots móviles con estabilidad estática o dinámica.

A menudo los robots con estabilidad dinámica disponen de menos de 3 patas y su estabilidad es lograda realizando los movimientos continuos del cuerpo o las patas. Estos movimientos no son requeridos en el caso de disponer de estabilidad

estática, ya que el robot puede posicionarse firmemente en el suelo sin necesidad de corregir su posición continuamente.



**Figura II-3. Robot Hexápodo**

### **2.1.5. Robots Autónomos**

Los robots autónomos son entidades físicas con capacidad de percepción sobre un entorno y que actúan sobre el mismo en base a dichas percepciones, sin supervisión directa de otros agentes.

En muchas ocasiones se asimila el término "robot autónomo" con el de "robot móvil", pero en realidad son términos diferentes. Un robot autónomo suele ser móvil, entendiendo por móvil que no se encuentra fijado a una posición y puede desplazarse por su entorno, pero no hay nada que en principio obligue a ello. A la inversa, un robot móvil no es necesariamente autónomo: existen multitud de robots móviles que son tele operados en mayor o menor medida.

Las características principales de los robots autónomos son las siguientes:

Están **situados**: Cuando decimos que un robot autónomo percibe un entorno y actúa sobre él, no lo hacemos a la ligera. El robot está literalmente inmerso en el entorno, esto es, el robot no actúa sobre abstracciones o modelos, sino directamente sobre la realidad material.

Son **entidades corpóreas**: Como hemos comentado anteriormente, los robots operan sobre el mundo físico; su experiencia del mundo y sus acciones sobre el mismo se producen de forma directa haciendo uso de sus propias capacidades físicas.

## **2.2. DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS**

Los dispositivos electrónicos son la parte medular en la implementación de los sistemas autónomos teniendo en cuenta sus tecnologías es necesario realizar un análisis de los más importantes entre ellos tenemos:

### **2.3. SENSOR DE ULTRASONIDO**

Para el análisis del sensor de ultrasonido es necesario conocer algunos conceptos básicos:

#### **2.3.1. Zona Muerta**

Los sensores de ultrasonidos tienen una zona muerta en la cual no pueden detectar exactamente el objeto u obstáculo. Esta es la distancia entre la membrana que sensa y el mínimo rango de sensibilidad. Si el objeto está demasiado cercano, la señal ultrasónica puede chocar contra el objeto antes de que dicha señal haya dejado el transductor, por tanto, la información del eco devuelta al sensor es ignorada por el transductor, puesto que este está todavía transmitiendo y no recibiendo. Si el objeto está demasiado cerca puede ocurrir otro problema, que el

eco generado se refleje sobre la membrana censora y viaje de nuevo hacia el objeto. Estos ecos múltiples pueden dar lugar a errores cuando el objeto está dentro de la zona muerta.

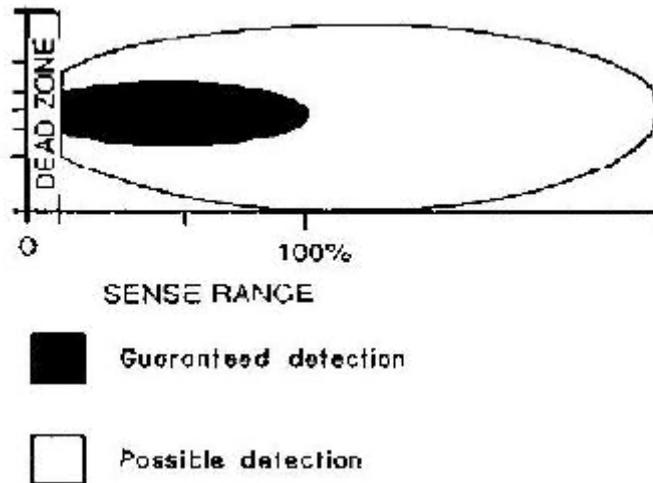


Figura II-4. Zona Muerta del Sensor de Ultrasonido

### 2.3.2. Máximo rango sensible

El rango máximo en el que se puede detectar cada objeto y cada aplicación se determina mediante experimentación. En la Figura II-5 y Figura II-6 se muestran las características de sensibilidad y las distancias sensibles típicas para el sensor de ultrasonidos.

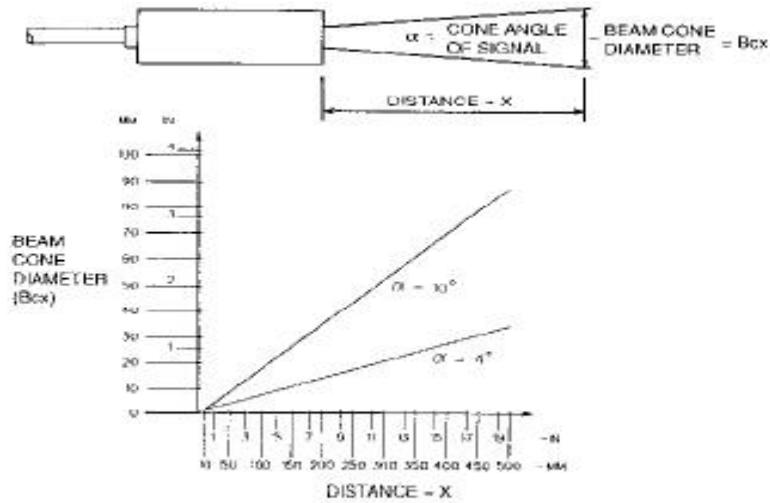


Figura II-5. Cono de emisión

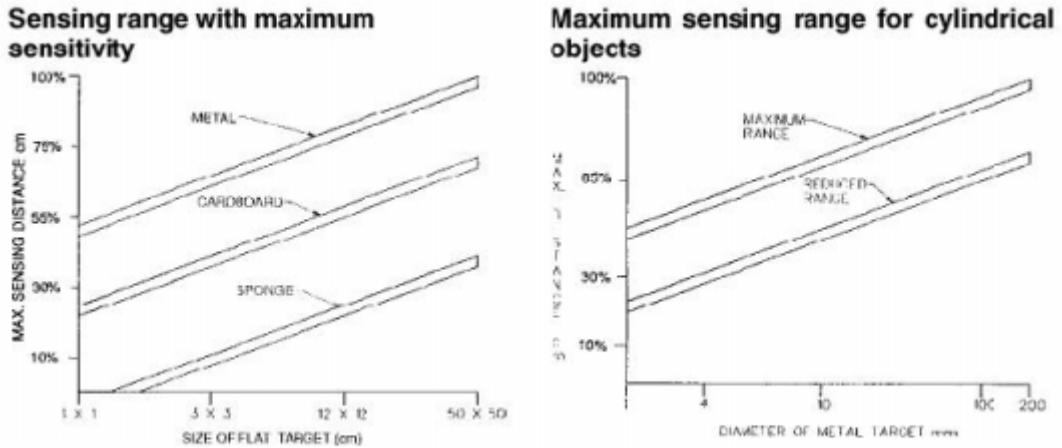


Figura II-6. Comparación entre los rangos máximos de sensibilidad

### 2.3.3. Angulo de emisión

El ángulo del cono de emisión está formado por los puntos del espacio en los que la señal del sensor es atenuada por lo menos 3dB. Fuera de este cono la señal de ultrasonidos existe pero es bastante débil. Este cono debe determinarse experimentalmente y dentro de él pueden detectarse los objetos.

### 2.3.4. Diámetro del cono de emisión

El sensor de ultrasonidos emite un haz de sonido en forma de cono que elimina los lóbulos laterales. Es importante el tamaño del objeto respecto del tamaño de la zona que abarca el haz. Teóricamente, el objeto más pequeño detectable es aquel que mide la mitad de la longitud de onda de la señal del sensor de ultrasonidos. Para determinar el área que abarca el sensor de ultrasonidos a una determinada distancia (diámetro del cono de emisión), se usa la fórmula:

$$Box = 2 * X * \tan \frac{\alpha}{2}; \quad \text{Área que abarca el Sensor de Ultrasonido}$$

Donde **Box** es el diámetro del cono de emisión a la distancia **X**.

**X** es la distancia del objeto (obstáculo) al sensor.

$\alpha$  es el ángulo del cono de emisión.

### 2.3.5. Frecuencia de Disparo

La máxima frecuencia a la que un sensor es capaz de dispararse o pararse depende de varias variables, las más significativas son:

- El tamaño del objeto
- El material del que está hecho
- La distancia a la que se encuentra.

De este modo la máxima frecuencia para un objeto pequeño será menor que para un objeto grande así como los materiales que absorben el sonido de alta frecuencia (algodón, esponja,...) son más difíciles de detectar que el acero, el cristal o el plástico. De este modo, ellos tienen también un menor o máximo nivel de frecuencia cambiante.

### 2.3.6. Inclinación del haz de ultrasonido

Si un objeto liso es inclinado más de  $3^\circ$  con respecto a la normal el eje del haz de emisión de la señal de ultrasonidos, parte de la señal es desviada del sensor y la distancia de detección disminuye. Sin embargo, para objetos pequeños situados cerca del sensor, la desviación respecto a la normal puede aumentar hasta  $8^\circ$ . Si el objeto está inclinado más de  $12^\circ$  respecto a la normal, toda la señal es desviada fuera del sensor y el sensor no responderá. La señal que choca contra un objeto de superficie rugosa (como un material granulado) se difunde y refleja en todas las direcciones y parte de la energía vuelve al sensor como un eco débil.

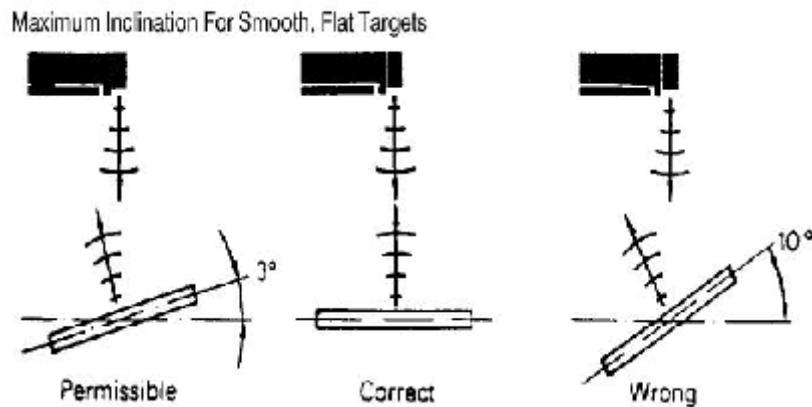


Figura II-7. Máximo rango de inclinación

### 2.3.7. Características físicas de la onda ultrasónica

Las ondas de ultrasonido se han utilizado para la determinación de la distancia desde hace muchos años, así mismo se han empleado para la ubicación de un objeto en el espacio, en sistemas militares, de construcción, control industrial y robótico.

El funcionamiento básico del sensor de ultrasonidos se basa en la medida del tiempo transcurrido entre la emisión de un ultrasonido y la recepción del eco correspondiente al mismo. Conocido el tiempo, y siguiendo la velocidad de propagación del sonido en el aire se obtiene la siguiente expresión.

$$v = 331,6 + 0,6 * T; \quad \text{Velocidad de Propagación del ultrasonido}$$

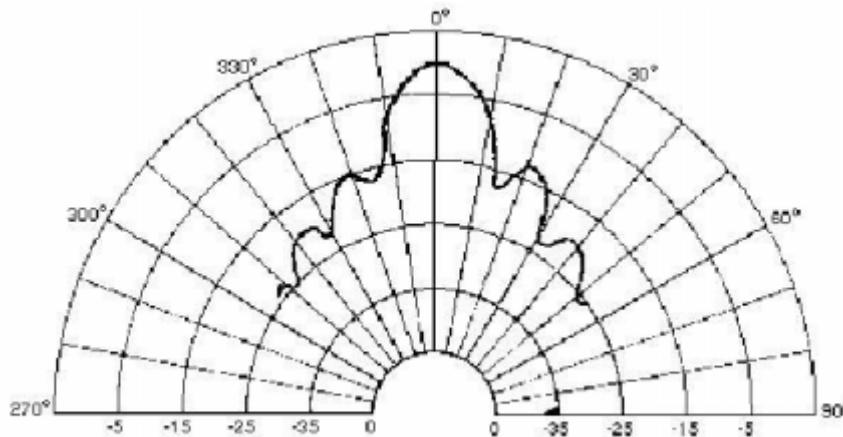
( $T$  en  $^{\circ}\text{C}$  y  $v$  en  $\text{m/s}$ )

La distancia a la que se encuentra el objeto que ha devuelto el eco se calcula según la ecuación:

$$d = \left( v * \frac{t}{2} \right); \quad \text{Distancia entre el ultrasonido y un objeto}$$

Donde  $t$  representa el tiempo transcurrido entre la emisión y la recepción.

La apertura del cono de emisión constituye en realidad una aproximación del lóbulo central de emisión, pues la expresión de la onda emitida es en realidad más compleja, siguiendo un patrón como el mostrado en la Figura II-8



**Figura II-8. Cono de emisión del ultrasonido.**

Observar como el lóbulo central abarca un ángulo de  $\approx 30$

### **2.3.8. Funcionamiento del sensor**

Mientras que el hecho de medir el eco recibido es relativamente simple, algunos de los procesos involucrados en él no lo son. La propagación de la energía acústica a través de un medio fluido es muy compleja, pero afortunadamente, a las frecuencias con las que se trabaja está bastante bien estudiada, y la mayor parte de los factores de atenuación, reflexión, refracción, etc. pueden ser simplificados de una forma bastante satisfactoria.

El funcionamiento típico de un sensor de ultrasonidos viene dado por un ciclo de operación que sigue los siguientes pasos:

- El circuito de control dispara el transductor, quedando a la espera de una señal que confirme el comienzo de la transmisión.
- El circuito de recepción es blanqueado durante un tiempo, para evitar que ondas residuales de la transmisión puedan ser interpretadas como falsos ecos.
- Las señales recibidas son amplificadas mediante un amplificador de ganancia variable, el cual compensa la atenuación del medio en aquellas señales que han recorrido una mayor distancia.
- Las señales recibidas que superen un determinado nivel son reconocidas como ecos, calculándose la distancia a la que se encuentra el objeto que lo ha provocado.

De los puntos anteriores se deduce que la distancia mínima a la que un sensor responderá, vendrá dada por el tiempo de blanqueo. Para el caso del sensor usado

es de 2.38 ms sustituyendo este valor en la fórmula de la distancia del ultrasonido y un objeto se obtiene una distancia mínima de 20cm. Por otro lado, la distancia máxima vendrá dada por la atenuación de la onda ultrasónica en el medio en el que se propague (aire) y por la ganancia del amplificador que recoge los ecos. En los sensores usados esta distancia es de 6 m. La señal emitida por cada sonar tiene una duración de 300µs., y consta de un pulso de 47KHz.

La apertura del cono de emisión de la onda ultrasónica se calcula a partir de la expresión:

$$\vartheta = \arcsin\left(\frac{0,61\lambda}{r}\right); \quad \text{Apertura del cono de emisión de la onda ultrasónica}$$

Donde  $\lambda$  es la longitud de onda, y  $r$  el radio del anillo exterior del sensor.

Los sensores de ultrasonidos detectan todos los objetos sean del material que sean e independientemente del color que tengan. Detectan objetos claros, transparentes y brillantes tan fácilmente como los oscuros y opacos. Esta habilidad permite a los sensores de ultrasonidos detectar todo el rango de materiales, desde una botella de cristal transparente hasta neumáticos de goma negra.

### 2.3.9. Incidencias del medio ambiente

- **Temperatura.-** La velocidad del sonido en el aire depende de la temperatura. Las fluctuaciones grandes de temperatura dentro del camino que recorre la onda ultrasónica pueden causar dispersión y refracción de la señal de ultrasonidos
- **Presión de Aire.-** Los cambios normales en la presión atmosférica del aire no tienen efectos sustanciales en la exactitud de la medida.

- **Humedad.-** El efecto de la humedad en la medida es virtualmente insignificante, sólo cambia un 0.07% para un cambio en la humedad relativa de 20
- **Turbulencias en el aire.-** Las corrientes de aire, turbulencias, y capas de distinta densidad causan refracción de la onda de sonido

### 2.3.10. Errores en la medida del Ultrasonido

- **Errores de origen natural.-** La velocidad de propagación del sonido en el aire depende de la temperatura. El patrón de emisión de la onda no es completamente cónico (Ver Figura II-8), si no que existen unos lóbulos laterales de emisión que pueden provocar un eco.
- **Errores de origen electrónico.-** El amplificador de ganancia variable que contrarresta el efecto de la atenuación en el aire es aproximado por 16 niveles de amplificación.
- **Errores debidos a la posición relativa Sonar-Objeto.-** Según sea la posición relativa de los sonares frente a un objeto, se pueden producir diferentes efectos que pueden hacer que un objeto que esté más cercano aparezca como más lejano o viceversa.

## 2.4. MÓDULOS TRANSMISOR RECEPTOR

### 2.4.1. Tecnologías Inalámbricas

Las comunicaciones inalámbricas son aquellas que no utilizan un medio de propagación físico, sino que utilizan ondas electromagnéticas con una cierta

modulación, que se propagan por el aire, sin necesidad de una conexión directa con los dispositivos a comunicar.

#### **2.4.2. Fundamentos básicos de transmisión de las ondas**

Cualquier transmisión se hace a través de las denominadas Ondas Electromagnéticas. Este tipo de ondas se caracterizan porque están formadas, como su nombre indica por la conjunción de un campo eléctrico y otro magnético, la unión de estos campos es la que permite que este tipo de ondas se pueda transmitir por el espacio.

Las ondas se propagan por el espacio (independientemente de cuál sea su frecuencia) a la velocidad de la luz; a esta propiedad de las ondas se la denomina como propagación de ondas electromagnéticas.

Una onda electromagnética se define con tres parámetros:

- **Frecuencia:** Define el número de ondas que se transmiten en un segundo.
- **Velocidad:** Es siempre la misma ya que es independiente de la frecuencia. Esta velocidad es igual a la velocidad de la luz (300.000 kilómetros por segundo).
- **Longitud de onda:** Es el resultado de dividir la velocidad de propagación (la velocidad de la luz) por la frecuencia. El resultado viene expresado en metros.

### 2.4.3. Sistemas RF 434.

Los sistemas RF a 434 MHz se caracterizan por no utilizar ningún protocolo estándar. Los dispositivos electrónicos pertenecientes a este sistema se basan en un integrado de un solo circuito a excepción de la antena, el cristal y algunos componentes externos que no precisan de ajustes de RF. Tampoco necesitan de licencia, ya que su potencia de salida está por debajo de la máxima permitida, y esta junto con la velocidad de transmisión puede ser programada mediante la conexión a un Microcontrolador. Los módulos RF de este tipo de sistemas son circuitos parcialmente terminados que se pueden incorporar en diseños más grandes.

Los módulos de radiofrecuencia son dispositivos no lineales que producen una señal de salida con una frecuencia más alta que la correspondiente a la señal de entrada. Estos módulos operan sobre un rango de entrada específico y son capaces de suprimir o reducir armónicos no deseados en la señal de salida.

Hay dos tipos básicos de módulos RF, activos y pasivos.

- **Los módulos RF activos.-** Producen una señal de salida con un nivel de potencia que es más grande al de la señal de entrada. La diferencia de potencia entre la señal de entrada y la señal de salida, se denomina ganancia de conversión, la cual es medida en decibelios (dB) y expresada como un número positivo.
- **Los módulos RF pasivos.-** Producen una señal de salida con un nivel de potencia que es más pequeña que la de entrada. En este caso el diferencial, se designa como pérdida de conversión, también expresado

en decibeles. Sin embargo, este diferencial es un número negativo, usualmente expresado como un valor absoluto.

Las especificaciones de rendimiento de módulos de Radiofrecuencia incluyen: sensibilidad, potencia de salida, interfaz de comunicación, frecuencia de funcionamiento, medición de resolución y máxima distancia de transmisión.

- **La sensibilidad** es la mínima señal de entrada necesaria para producir una señal de salida que tenga una determinada relación señal-ruido (S/N).
- **La potencia de salida** es el máximo de potencia de señal que se puede transmitir.
- **La frecuencia de funcionamiento** es el rango de transmisión de las señales recibidas.
- **La medición de resolución** es el mínimo de resolución digital.
- **La distancia máxima de transmisión** es la mayor distancia que un transmisor y un receptor pueden estar separados.

En la Figura II-9 se puede apreciar un módulo de radiofrecuencia a 433 MHz.



Figura II-9. Módulo RF a 434 MHz

#### **2.4.4. Modulación por desplazamiento de amplitud ASK (Amplitude Shift Keying)**

En ASK se cuenta con dos valores posibles para representar la amplitud de la portadora. Un dígito binario representará entonces presencia de portadora con amplitud constante, mientras que un cero representará ausencia de la misma.

Este tipo de modulación es conocido como OOK (On/Off Keying). Además, proporciona ventajas al momento del diseño pues implica un menor costo y bajo consumo de potencia.

Entre las desventajas de este tipo de modulación está el hecho que presenta fragilidad ante interferencias ocurridas por ruido eléctrico, las cuales provocan errores en los datos que se reciben.

La modulación ASK se basa en los cambios de amplitud de la portadora según los estados que tenga la señal de datos. ASK además de ser usada en distintos módulos de transmisión RF, se aplica también para la transmisión de datos digitales a través de fibra óptica, donde un estado de la señal se representa con un pulso de luz, mientras que el otro estado será representado mediante la ausencia de luz. Sin embargo para la construcción de módems este método no es recomendable, pues no permite implementar técnicas que le permitan un aumento de la velocidad de transmisión.

En la Figura II-10 se observa un ejemplo de modulación ASK.

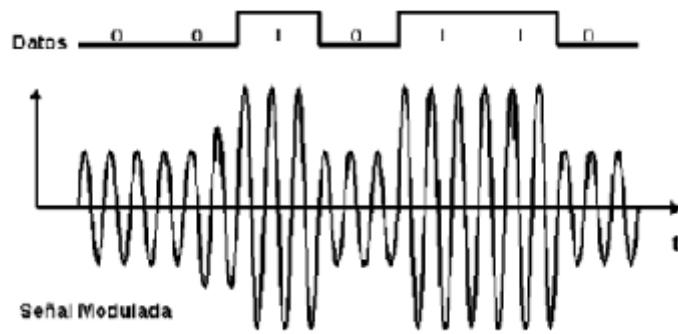


Figura II-10. Modulación ASK

## Capítulo III

### **DISEÑO DEL ALGORITMO DELIBERATIVO**

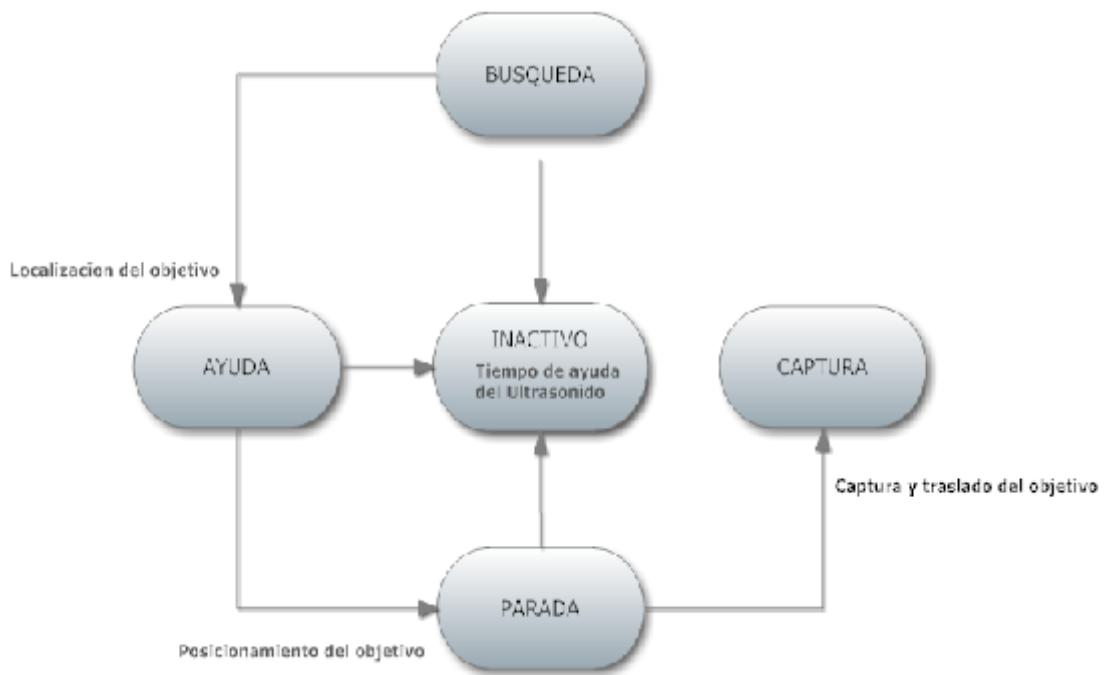
#### **3.1. ALGORITMO DELIBERATIVO**

El algoritmo deliberativo se ocupa de determinar el comportamiento funcional del robot. Para comportamientos deterministas y de carácter reactivo es conveniente organizarlo como una máquina de estados.

Dado que se trata de dos robots que deben encontrar y capturar dos objetivos, habrá una primera etapa en la que el primer robot buscará un objeto (pelota). Una vez la haya detectado el robot recogerá el objeto y la trasladará a un lugar seguro, emite una señal por radio frecuencia para dar paso al siguiente robot para que realice su búsqueda, en este paso el primer robot apaga su sensor de ultrasonido y enciende los sensores QRD 1114 para guiarse hasta llegar a la meta. Como ya se ha dicho, no se trata de buscar una analogía perfecta entre una aplicación real con robots. Sólo se pretende tener la suficiente similitud como para que los algoritmos

deliberativos que se obtengan puedan ser fácilmente trasladables a los controladores de los robots.

Teniendo en cuenta el comportamiento global que se persigue, los estados que gobernarán su comportamiento individual serán los siguientes:

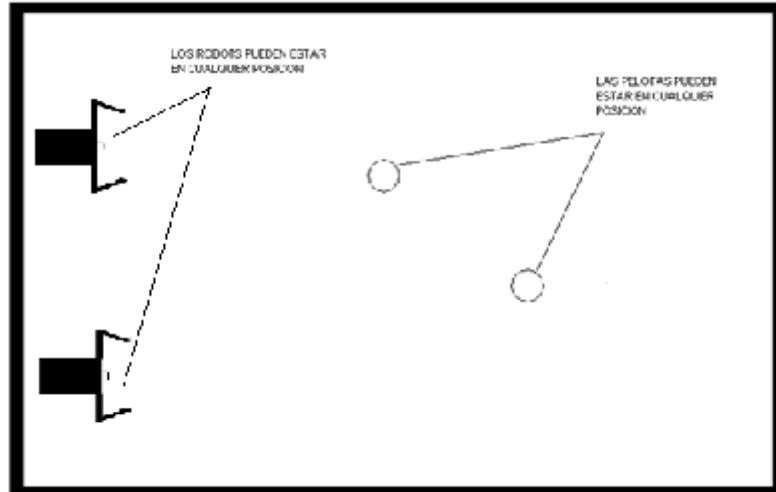


**Figura III-11. Estados del Algoritmo**

## **3.2. ESTADOS DEL ALGORITMO**

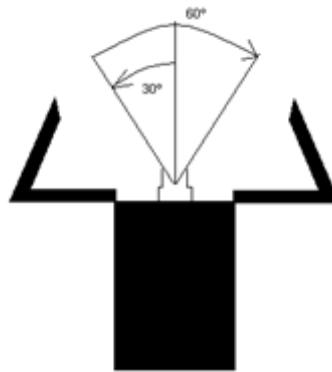
### **3.2.1. Búsqueda**

El robot en base al algoritmo recorre toda la pista hasta detectar la pelota, en este caso se programó al robot para realizar una búsqueda basada en un diseño propio.



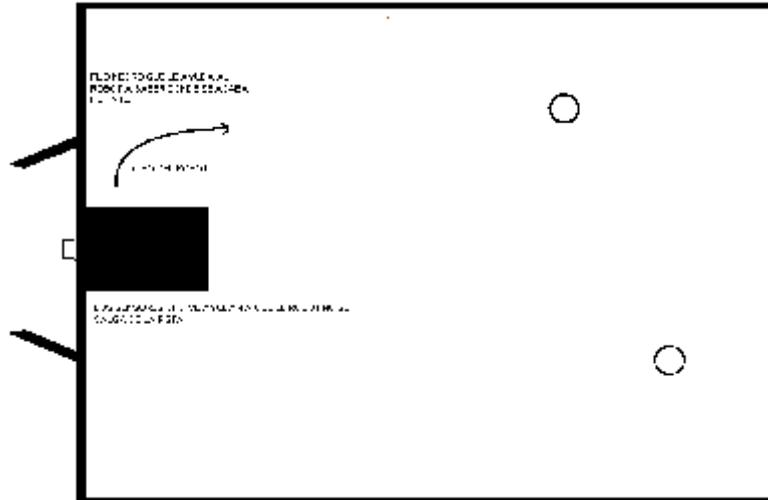
**Figura III-12. Campo del Robot**

Este algoritmo se diseñó en base a una búsqueda predefinida, el robot sale y da tres giros para la derecha y cinco giros para la izquierda, según los cálculos que realizamos los robots cubrirán una zona de  $30^{\circ}$  a la derecha y  $60^{\circ}$  a la izquierda



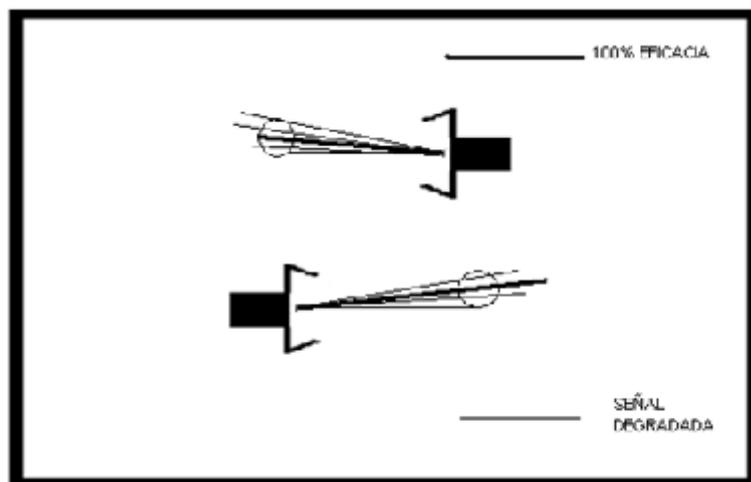
**Figura III-13. Cobertura del sensor en el Robot**

Entonces asumimos que exista la posibilidad que el robot se pierda para lo cual se estructuro una alternativa para evitar esto, debido a que objetivo está siempre dentro de la pista se delimito el área evitando así que el robot se pierda.



**Figura III-14. Delimitación de la pista**

Otra característica fundamental que se les dio a los robots es que mientras giran hacia la derecha y a la izquierda estos van a censar para ver si encuentra algo, esto significa que por cada giro que dé a la derecha o a la izquierda, se emitirá una onda de ultrasonido que detectara el objeto, dicha onda tendrá una eficiencia de reflexión de acuerdo al área del objeto que detecte, teniendo una eficacia del 100% el centro de la pelota



**Figura III-15. Eficiencia en la medición**

### 3.2.2. Ayuda.

Cuando el robot ubique la pelota este se detendrá a 20cm del objetivo dependiendo de la calibración, (por la zona muerta del ultrasonido) entonces este procederá a dar seis giros para la derecha, con esto ayudaremos al posicionamiento del robot.

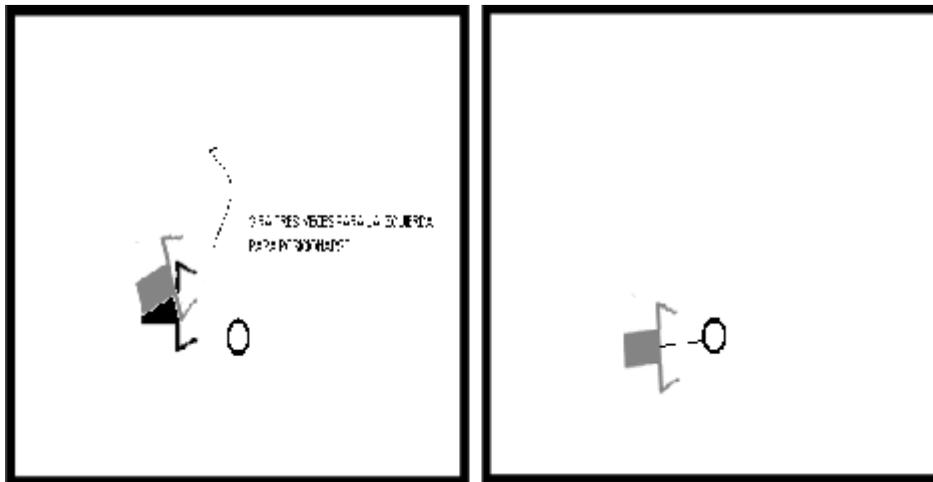
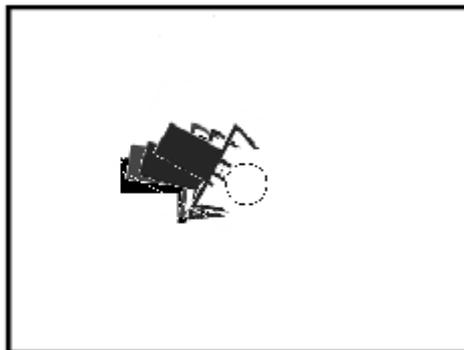


Figura III-16. Orientación del robot en la zona muerta en el estado de ayuda

### 3.2.3. Parada.

En este estado el robot se ubica frente al objetivo pero con un desfase frente a este, por lo que con la ayuda de los sensores QRD 1114 se elimina dicho desfase para el buen funcionamiento de las pinzas.

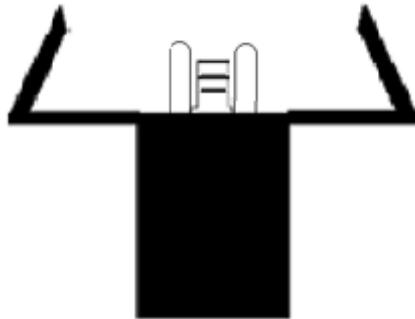


**Figura III-17. Posicionamiento del robot**

Los sensores QRD 1114 ayudan al robot al posicionamiento del mismo, le dicen hacia donde deben moverse de acuerdo al siguiente diagrama de estados:

<b>SENSOR IZQUIERDO</b>	<b>SENSOR DERECHO</b>	<b>RESPUESTA</b>	<b>CONDICION</b>
0	0	DELANTE	NINGUNA
0	1	DERECHA	SI=1 AND SD=1
1	0	IZQUIERDA	SI=1 AND SD=1
1	1	PULSO	NINGUNA

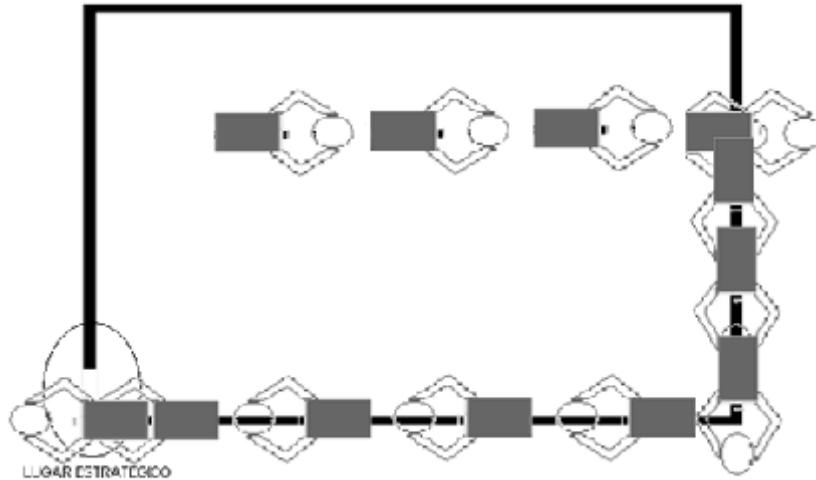
**Tabla III-I. Tabla de Condiciones**



**Figura III-18. Ubicación de los sensores QRD 1114**

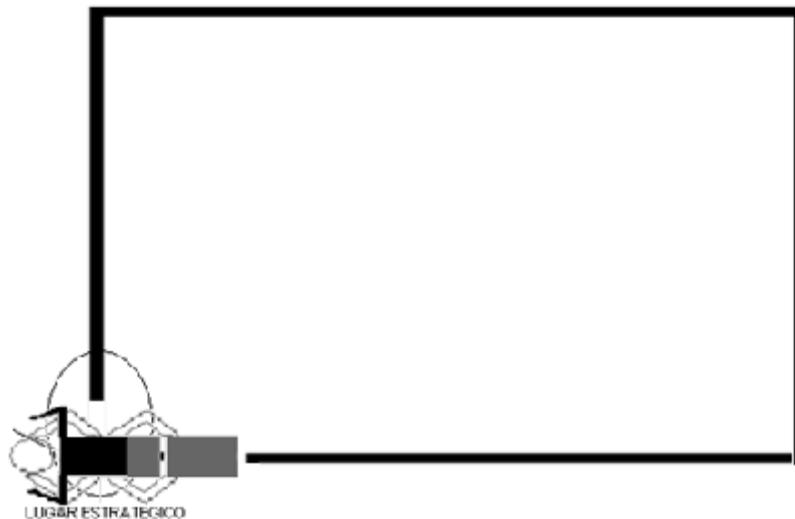
#### **3.2.4. Captura.**

Al momento en que los dos sensores se encuentren en el estado (1,1) este procede a apagar el ultrasonido, después captura al objetivo y camina hacia delante hasta encontrar el filo de la pista donde emite a una señal al siguiente robot para que salga en busca del segundo objeto, mientras el primer robot se dirige a una zona predeterminada.



**Figura III-19. Captura y traslado del objeto**

Al momento de llegar al lugar estratégico de la pista el robot detiene su funcionamiento y permite que el segundo robot realice su trabajo.



**Figura III-20. Lugar estratégico en la pista**

### **3.3. DIAGRAMAS DE FLUJO DE LOS ESTADOS DEL ALGORITMO**

A continuación describiremos los distintos bloques:

### 3.3.1. Bloque de Búsqueda

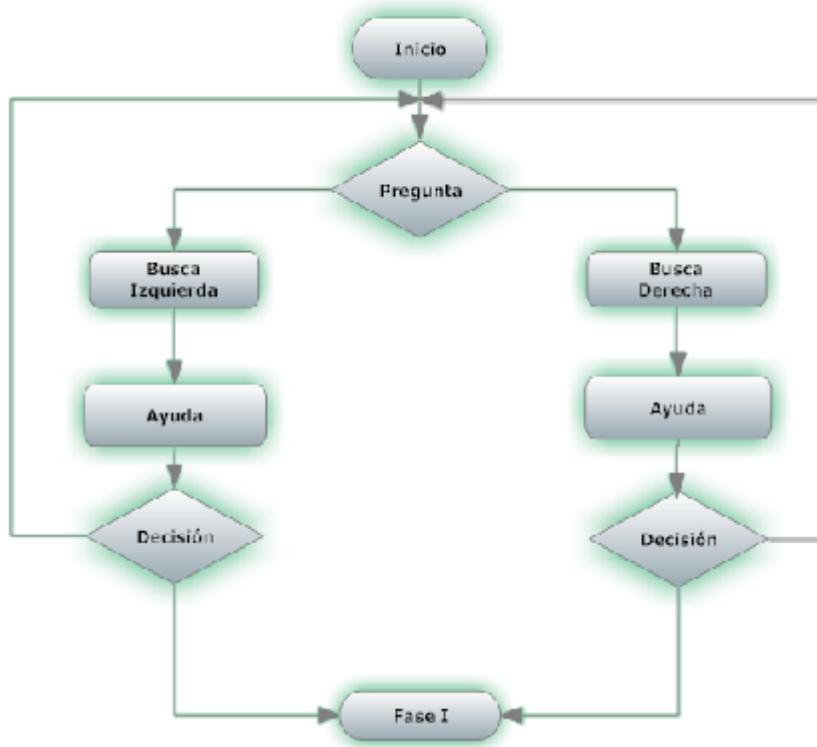


Figura III-21. Diagrama de bloques del estado de búsqueda

En esta etapa se receptara toda la información que recopile el ultrasonido en base a un algoritmo diseñado para recorrer la pista en busca del objetivo.

### 3.3.2. Bloque de aproximación

Se generan dos etapas debido a la existencia de la zona muerta con similar funcionamiento.

La primera etapa entra en funcionamiento al momento de ser detectado el objetivo hasta llegar a la zona muerta que de acuerdo a cálculos se determinó una distancia de 20 cm.

Luego de llegar a esta zona el robot tratara de posicionarse frente al objeto para lo cual se ubica al robot a la izquierda de la pelota para tener una referencia de la ubicación de este.

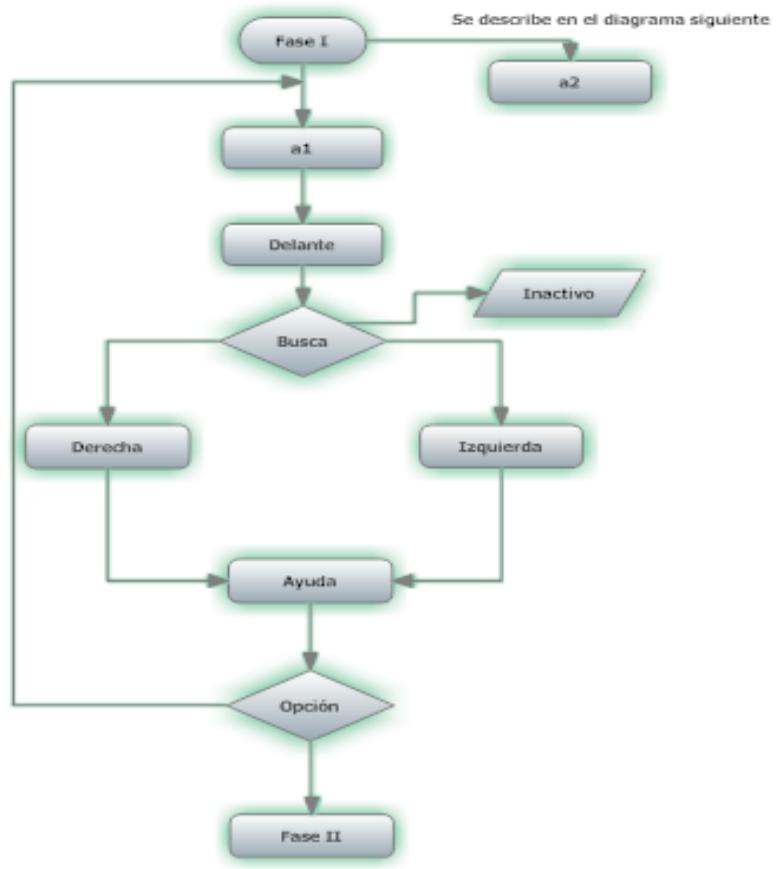
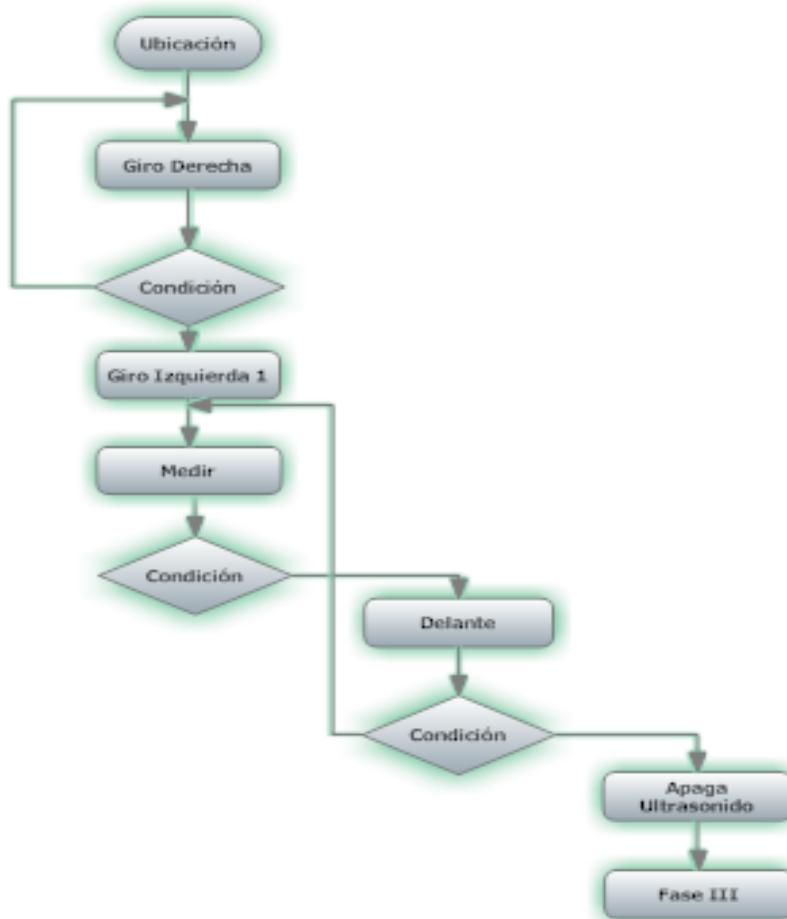


Figura III-22. Diagramas do bloques de los estados de aproximación Etapa 1

### 3.3.3. Bloque de Ubicación



**Figura III-23. Diagrama de bloques del estado de Ubicación**

En esta etapa el robot procederá a posicionarse, ya que el ultrasonido detecta el objeto pero no de una manera precisa considerando un área de cobertura de 30° por lo que genera un desfase en el funcionamiento de las pinzas para la recolección del objeto, entonces el robot con la ayuda de los sensores QRD 1114 en los extremos del ultrasonido, se posiciona en el centro de la pelota.

### 3.3.4. Bloque de Captura

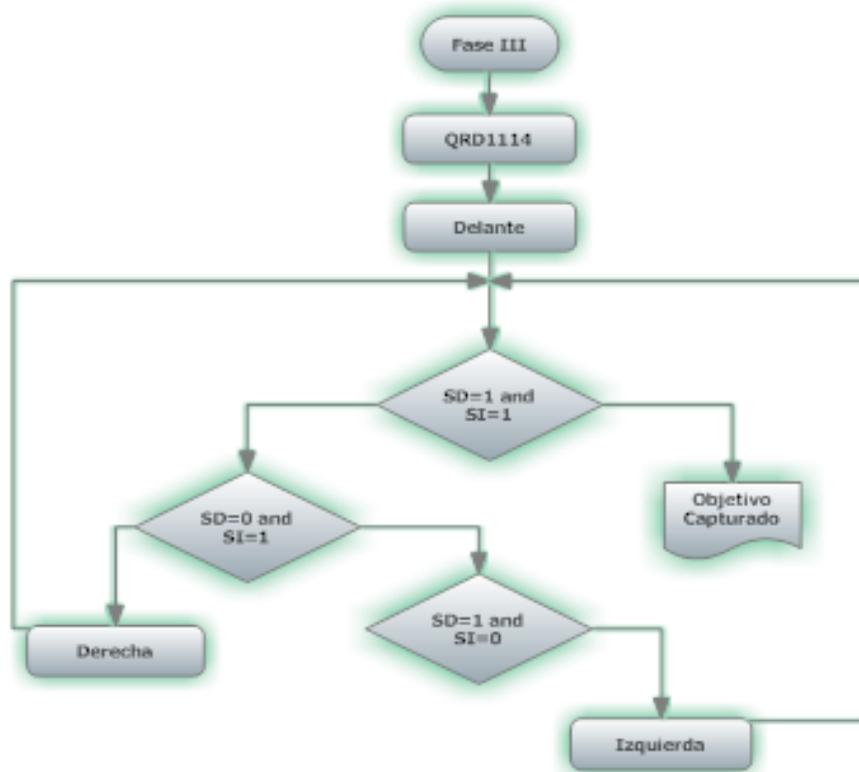
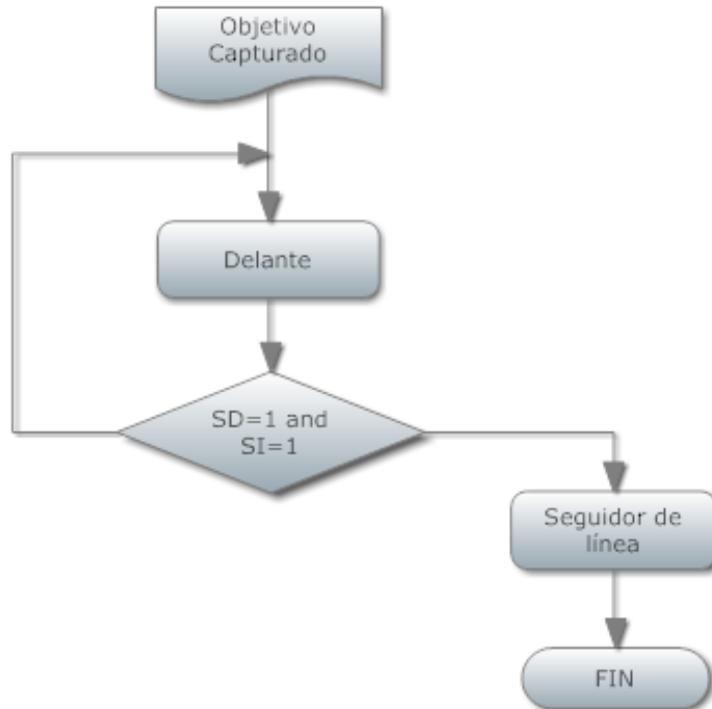


Figura III-24. Diagrama de bloques del estado de captura

Esta etapa de captura se basó en la utilización del QRD 1114 con el cual podemos saber si el objetivo se encuentra a la derecha o a la izquierda del robot

### 3.3.5. Bloque del traslado a la posición estratégica.



**Figura III-25. Diagrama de bloques del traslado del objeto**

En este estado el robot, una vez que ya ha capturado al objetivo se convertirá en un seguidor de línea, como este puede encontrar al objetivo en cualquier parte de la pista este recorrerá hacia delante hasta encontrar un filo negro, entonces girará hacia la derecha hasta llegar a una posición específica que el robot determinará autónomamente.

## Capítulo IV

# IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA AUTÓNOMO

### 4.1. INTRODUCCION

En el diseño del sistema autónomo se toma en cuenta que se debe localizar y atrapar dos objetos en diferentes ubicaciones de una pista. Previa investigación se llegó a la conclusión de utilizar los dispositivos y tecnologías detalladas en capítulos y apartados anteriores. Definiendo bloques estructurados de tal forma que interactúen de manera coordinada la parte física como lógica.

La estructura lógica del sistema se detalló a profundidad en el Capítulo III de este documento.

La parte física del sistema se divide en dos etapas:

- Diseño e implementación del circuito electrónico
- Implementación de la estructura del robot

## 4.2. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL CIRCUITO ELECTRÓNICO

La implementación del circuito eléctrico definirá el buen desempeño del sistema ya que de este depende el funcionamiento del robot. El circuito está compuesto por etapas que de acuerdo a su funcionamiento se ha estructurado en el siguiente diagrama:

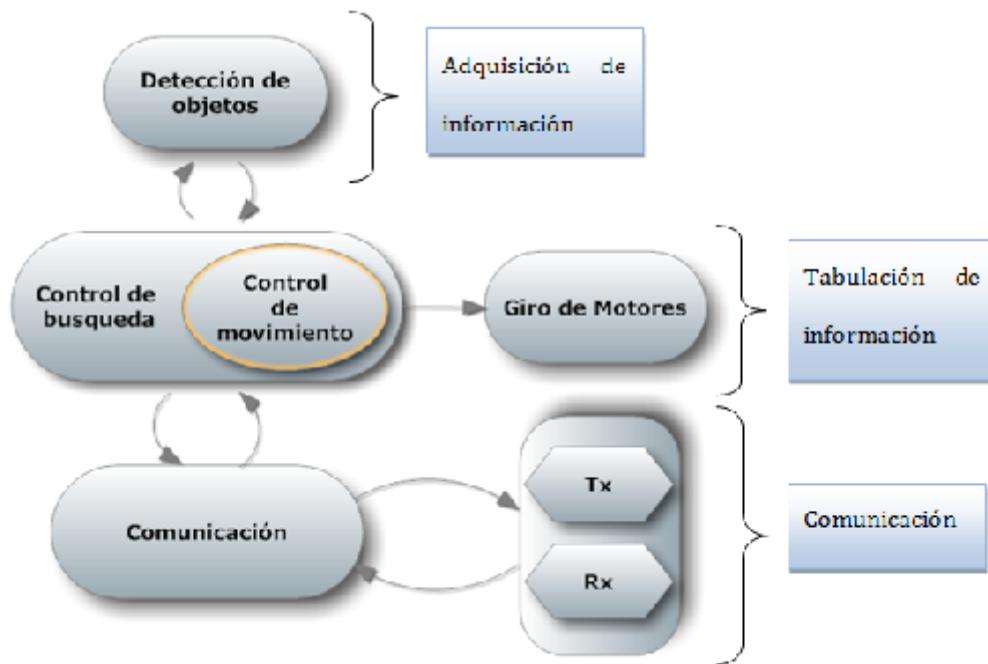


Figura IV-26. Esquema estructural de la placa.

### 4.2.1. Adquisición de información

Esta etapa la dirige la detección del objeto para lo cual se usará el sensor de distancias por ultrasonido que en nuestro caso es MaxSonar EZ1

#### 4.2.1.1. Ultrasonido MAXSONAR EZ1

Este pequeño sensor por ultrasonido ofrece capacidades de detección de presencia y medición de distancia en rango corto y largo y un consumo muy bajo

(Alimentación única de 5 voltios con un consumo de corriente de 2mA). MaxSonar-EZ1 detecta objetos situados entre 6 metros de distancia, proporcionando los datos obtenidos del cálculo de la distancia con una resolución de 1 pulgada (2,54 cm). Entre los formatos de salida se incluyen la salida de ancho de pulso, salida de tensión analógica y salida digital serie.

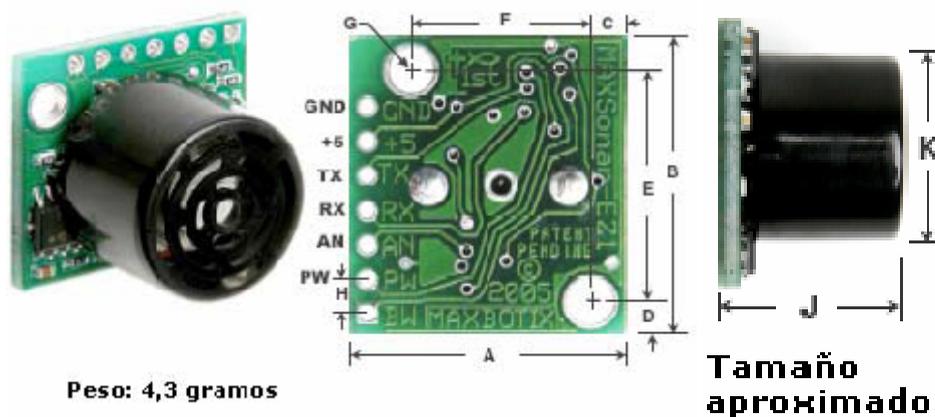
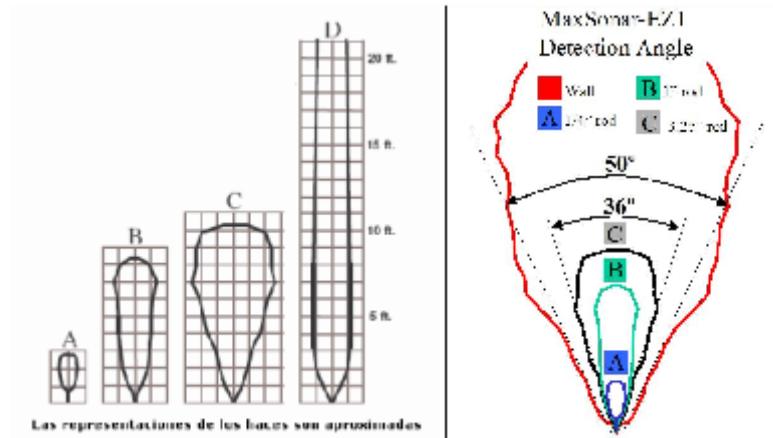


Figura IV-27. Sensor de ultrasonido MAXSONAR EZ1

A	0,785"	19,9 mm	F	0,519"	12,6 mm
B	0,870"	21,1 mm	G	0,124" diarr.	3,1 mm
C	0,100"	2,54 mm	H	0,100"	2,54 mm
D	0,100"	2,54 mm	J	0,645"	16,4 mm
E	0,670"	17,0 mm	K	0,610"	15,5 mm

Tabla IV-II. Dimensiones del sensor Maxsonar EZ1

Las siguientes figuras reflejan los resultados de muestra para los cálculos de patrones de haces en cuadrículas de 12 pulgadas.

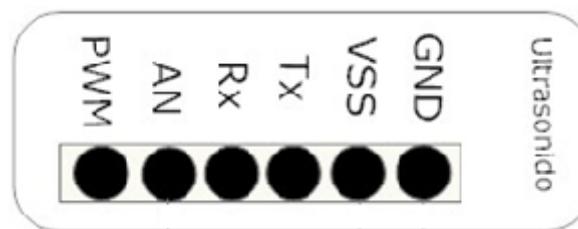


**Figura IV-28. Lóbulo de radiación del sensor de ultrasonido**

- (A) Cilindro de 0,25 pulgadas de diámetro.
- (B) Cilindro de 1 pulgada de diámetro.
- (C) Barra de 3,25 pulgadas de diámetro.
- (D) Placa de 11 pulgadas de ancho.

#### 4.2.1.2. Detección de objetos

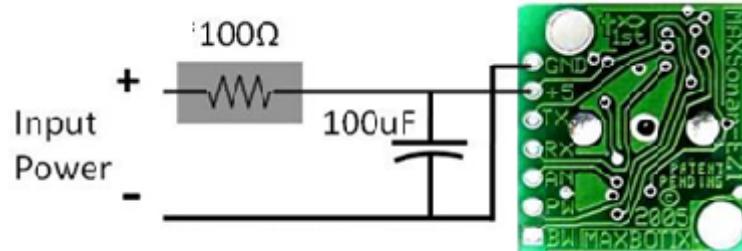
La detección y ubicación de objetos es la sección central del circuito, formada por el ultrasonido que presenta los siguientes pines de polarización



**Figura IV-29. Polarización del ultrasonido**

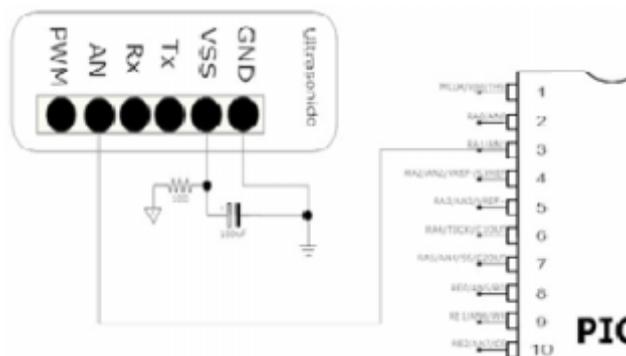
El cual es gobernado por el Microcontrolador 16F877A, debido a la inestabilidad en la recepción de datos se optó por poner un filtro formado por un capacitor de

100  $\mu$ F y una resistencia de 100  $\Omega$  para evitar interferencias por la generación de armónicos o de ruido en la entrada de la polarización y así evitar mediciones erradas.



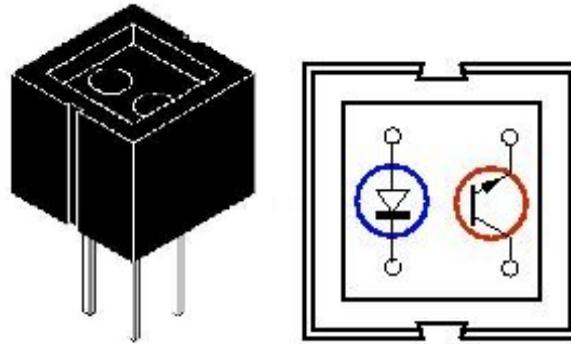
**Figura IV-30. Filtro del ultrasonido**

Una vez colocado el filtro se polariza el ultrasonido de acuerdo a los pines disponibles. En nuestro caso utilizaremos la salida analógica para enviar información puesto que el microprocesador dispone de un convertidor análogo digital que facilita el manejo de la información, la cual será recibida por el puerto 3 del microprocesador 16F877A.



**Figura IV-31. Conexión del ultrasonido con el micro**

Además el microprocesador es el encargado de manejar los sensores externos que se colocaron en el robot para poder orientarlo de mejor manera. Entre estos sensores está el infrarrojo QRD1114



**Figura IV-32. Vista externa y circuitos internos del sensor QRD1114**

Estos sensores adicionales se usan para mejorar la ubicación del robot, por tal razón se les polariza con una resistencia de  $220 \Omega$  en la sección del diodo infrarrojo emisor y con una resistencia de  $20 \Omega$  en el sector del transistor cuyas salidas van a los puertos 15, 16, 17, 18 respectivamente del microprocesador 16F877A

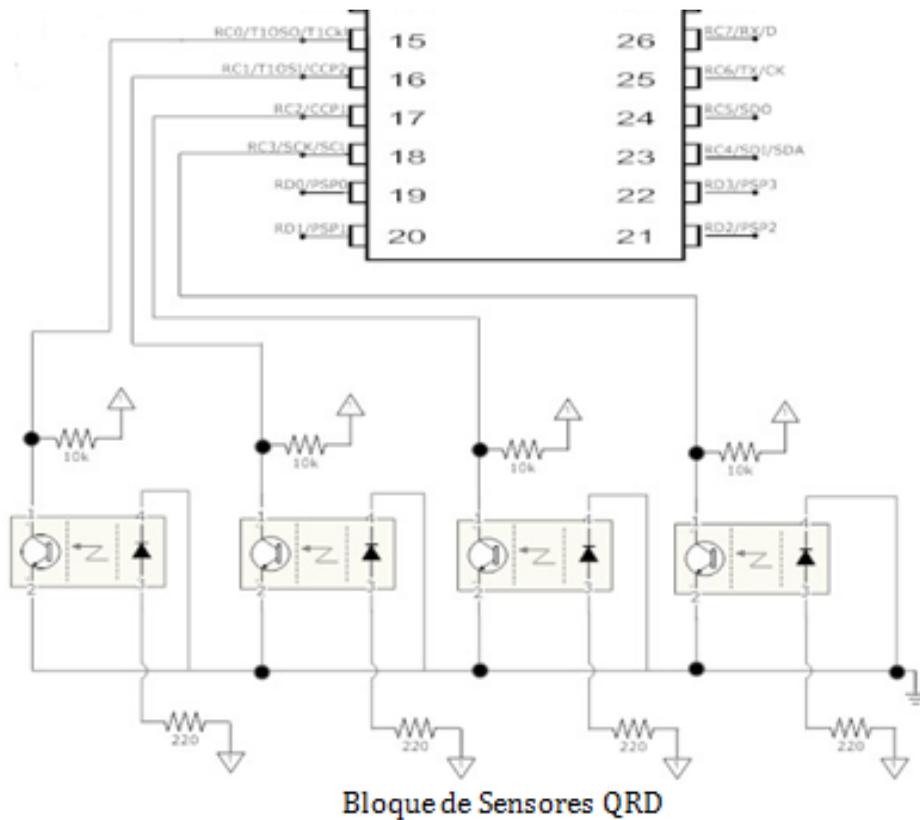
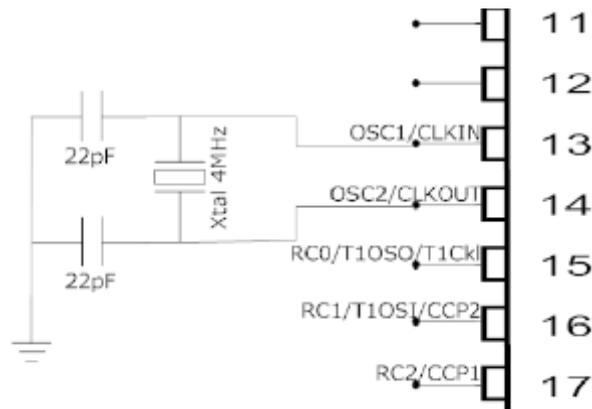


Figura IV-33. Polarización del sensor infrarojo QRD1114

#### 4.2.2. Tabulación de la información.

El elemento central de esta etapa es el microprocesador 16F877A que se encarga de emitir los pulsos necesarios para que las demás secciones funcionen de manera correcta por tal razón se debe tener mucho énfasis en su implementación.

Como se sabe el microprocesador 16F877A no dispone de un reloj interno por tal razón se debe implementar uno. El reloj o generador de pulsos externo está formado por la combinación de un cristal de 4 MHz con dos capacitores tipo lenteja de 22 pF en paralelo. Que se conectan en los pines 13 y 14 respectivamente que son las entradas del oscilador en el microcontrolador como se observa en la figura.



**Figura IV-34. Diagrama del reloj externo**

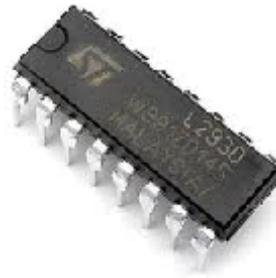
Una vez obtenidos los datos tanto del ultrasonido como del infrarrojo se procede con la configuración del puente H L293D que nos ayuda al movimiento de los motores utilizados.

#### **4.2.2.1. Puente H (L293D)**

Un Puente H es un circuito electrónico que permite a un motor eléctrico DC girar en ambos sentidos, avance y retroceso. Son ampliamente usados en robótica y como convertidores de potencia. Los puentes H están disponibles como circuitos integrados, pero también pueden construirse a partir de componentes discretos.

Entre las características más destacadas tenemos

- Compatible con corrientes de salida desde 600mA por canal
- Auto protección a altas temperaturas
- Alta inmunidad al ruido
- Entrada lógica "0" - Voltajes hasta 1.5 V

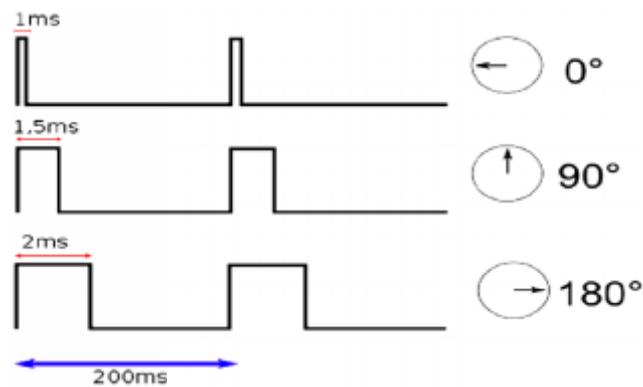


**Figura IV-35. Puente H L293D**

#### 4.2.2.2. Servomotor

Está formado por un motor de corriente continua, una caja reductora y un circuito de control, y su margen de funcionamiento generalmente es de menos de una vuelta completa.

El control de un servo se reduce a indicar su posición mediante una señal cuadrada de voltaje: el ángulo de ubicación del motor depende de la duración del nivel alto de la señal.



**Figura IV-36. Ancho de pulso para el movimiento del servo**

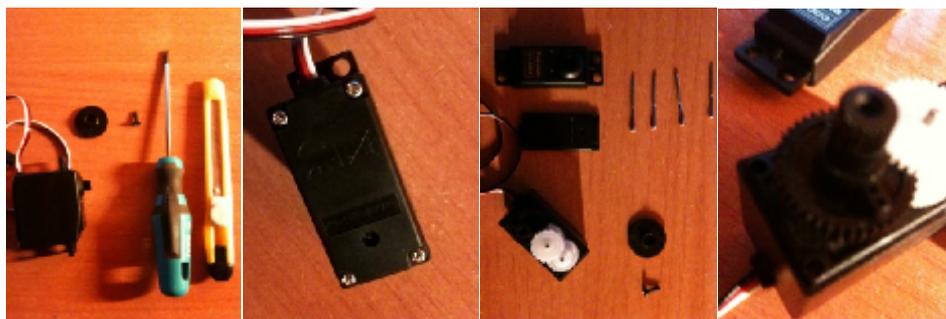
Sin embargo, debe tenerse en cuenta que ningún valor de ángulo o de duración de pulso puede estar fuera del rango de operación del dispositivo, en efecto, el servo tiene un límite de giro de modo que no puede girar más de cierto ángulo en un

mismo sentido debido a la limitación física que impone el potenciómetro del control de posición.



**Figura IV-37. Servomotor**

Para evitar la limitación en el movimiento del servo se realiza el proceso de truncamiento que se detalla en las siguientes imágenes:



(a).

(b).

(c).

(d).

**Figura IV-38. Pasos para trucar un servo**

(a) Desatornillar engrane exterior (b) Sacar tornillos de servo (c) Identificación y extracción de engranes (d) Eliminación de pestaña limitadora



El dispositivo transmisor consta de cuatro pines, de izquierda a derecha se observa:

<b>PIN</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Pin GND	Pin a 0 V
Pin de datos	Por donde ingresa la señal que será transmitida
Vcc	Pin 5 V
ANT	Correspondiente a la antena.

**Tabla IV-III. Distribución de Pines del módulo RF TLP 434A**

En la Figura IV-40 se observa el transmisor RF con sus respectivos pines.



**Figura IV-40. Transmisor RF TLP434A.**

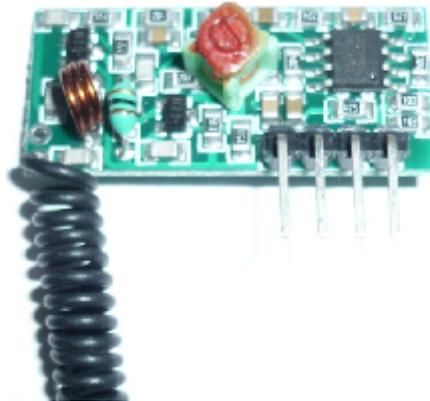
#### **4.2.3.2. Receptor RF RLP434A.**

El receptor también de la marca Laipac, permite recibir señales a una frecuencia que puede ser ajustable. Entre las características importantes se encuentran:

- Alimentación: 3.3 a 6 VDC
- Alcance: 140 metros al aire libre y hasta 30 m en interiores.
- Modulación ASK.
- Trabaja conjuntamente con el transmisor TLP434A.

- Aplicaciones en sistemas inalámbricos de seguridad, alarmas para vehículos, comunicación de datos, control remoto para puertas, etc.

En la Figura IV-41 se puede observar el receptor RF con los respectivos pines que lo conforman.



**Figura IV-41. Receptor RF RLP433A.**

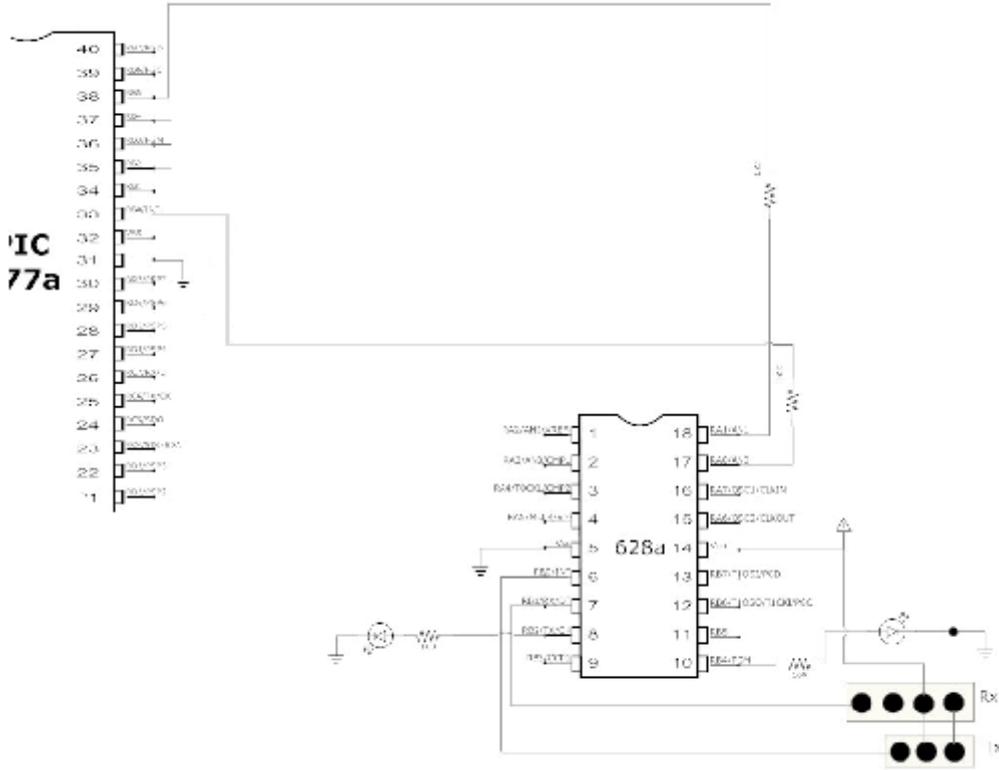
El receptor RF consta de ocho pines cuya distribución se detalla en la Tabla IV-IV empezando por el primer pin de izquierda a derecha:

<b>PIN</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
GND	Pin a 0 V
SALIDA DIGITAL	Entrega de datos hacia Microcontrolador
SALIDA	Entrega de datos hacia Microcontrolador
VCC	Pin a 5 V
ANT	Antena

**Tabla IV-IV. Distribución de pines del módulo RF RLP434A.**

#### **4.2.3.3. Establecimiento de la comunicación**

Para establecer la comunicación entre los sistemas autónomos se emite un mensaje a través del microprocesador 16F628A para el cual se presenta el circuito de la siguiente manera:



**Figura IV-42. Circuito Tx y Rx**

En este caso el microprocesador 16F628A tiene un reloj incorporado por lo que no es necesario implementar el circuito oscilador.

Cada detalle de las operaciones realizadas por el circuito en conjunto se presentan con un display que necesita de un potenciómetro para regular la intensidad de los datos emitidos.

Es necesario recalcar que debido al espacio disponible para adecuar el circuito con la parte mecánica es reducido razón por la que se optó por utilizar una placa con las siguientes dimensiones.

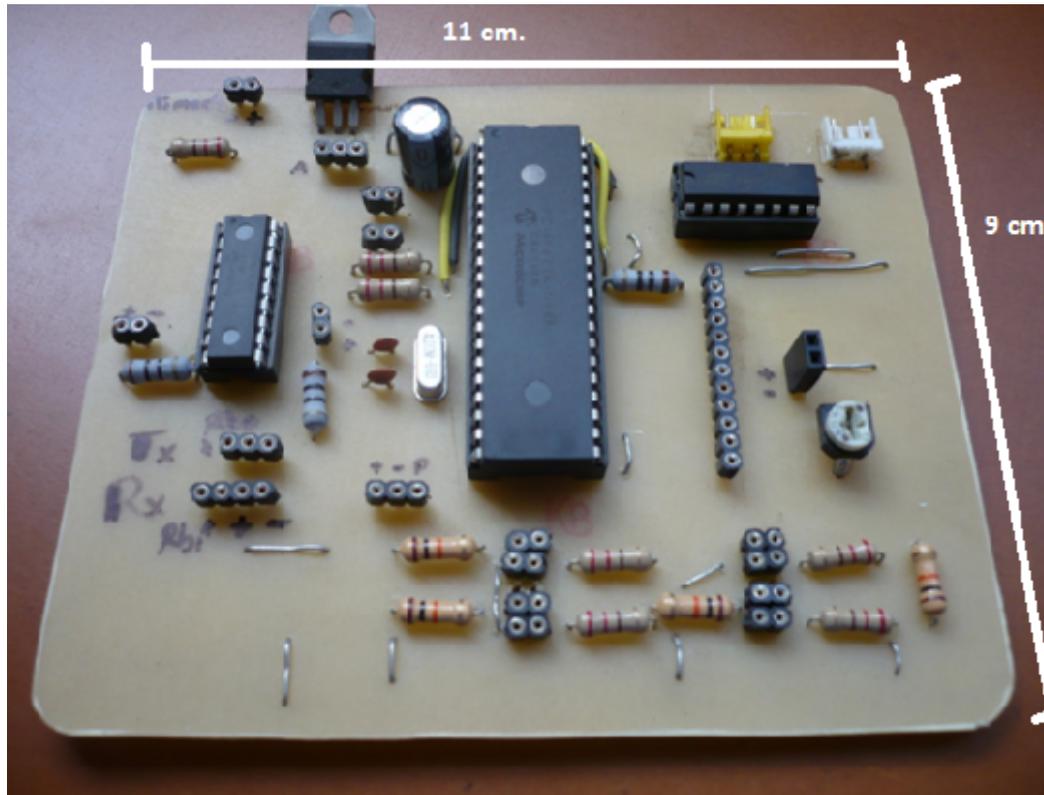


Figura IV-43. Placa terminada.

#### 4.3. IMPLEMENTACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL ROBOT

En vista de las operaciones que van a realizar los robots es indispensable estructurarlos de tal manera que interactúen de manera óptima con los elementos electrónicos. Toda la estructura de los robots se la realizo con aluminio por sus características de firmeza y bajo peso ayudan al mejor desenvolvimiento de sus partes.

Es así que la sección principal son las pinzas Por su función de atrapar la pelota razón por lo cual se pone más énfasis en su desarrollo

#### 4.3.1.1. Dimensiones del Robot

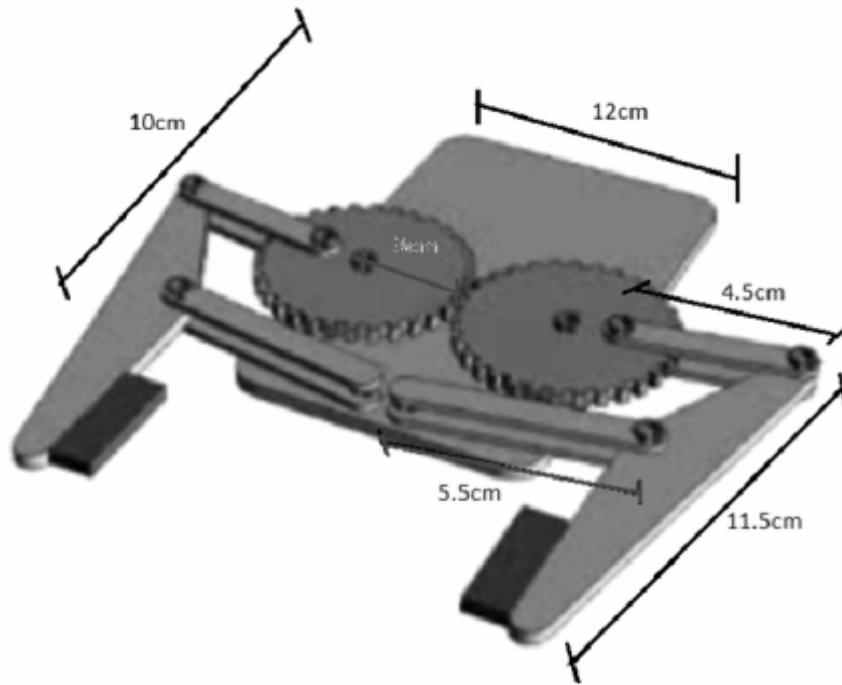


Figura IV-44. Dimensiones de las pinzas

El radio de los engranajes es de 3cm

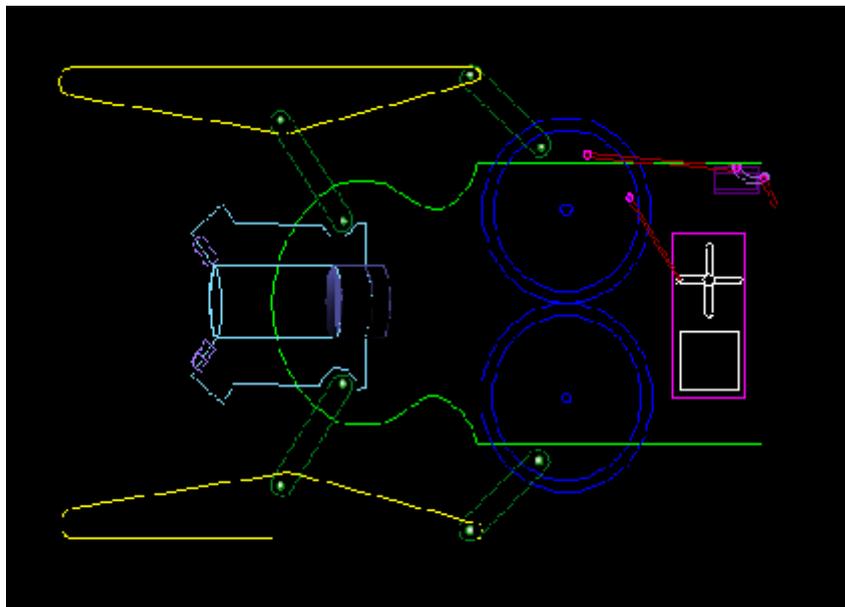
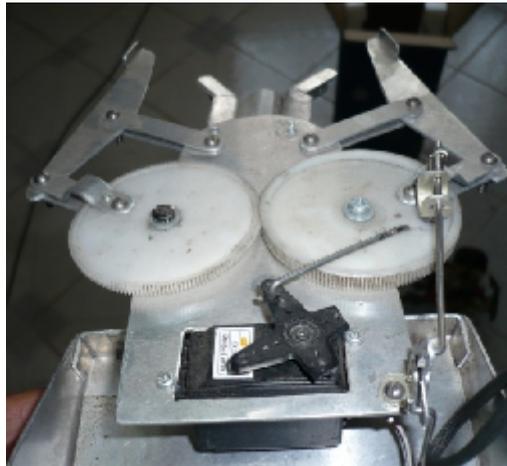


Figura IV-45. Diseño en Autocad de las pinzas

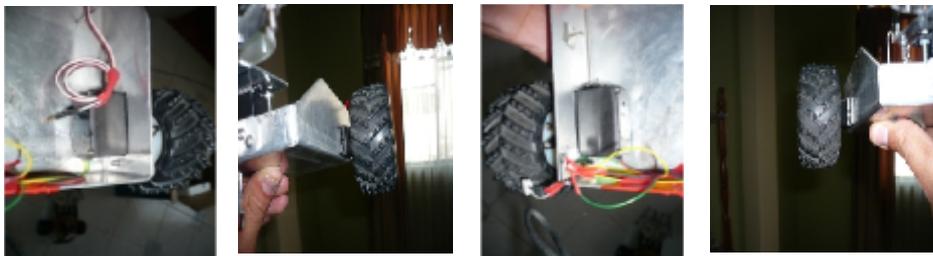
A continuación se muestra las distintas partes del diseño del Robot:



**Figura IV-46. Esquema de las Pinzas**



**Figura IV-47. Esquema completo del Robot**



**Figura IV-48. Esquema de las ruedas traseras de Robot**



**Figura IV-49. Esquema para la obtención del objeto**



**Figura IV-50. Rueda Loca**

## Capítulo V

### **ANÁLISIS Y RESULTADOS**

#### **5.1. ANÁLISIS FUNCIONAL DEL ALGORITMO DELIBERATIVO.**

Este algoritmo fue diseñado en base a requerimientos del sistema, no existió en si una base legible, el desarrollo de la programación tiene el principio de escalabilidad con un entorno amigable al programador.

El desarrollo del mismo está basado en su totalidad en sub rutinas estructuradas de tal forma que se las pueda llamar en el momento requerido, debido a la complejidad del algoritmo no se lo pudo implementar en un solo bloque.

El inicio del estudio se basó en el análisis del ultrasonido, en la expansión de onda ultrasónica y la reflexión que tenía la misma, además se consideró los distintos rangos de voltaje obtenidos, para obtener mayor facilidad de nuestro diseño se

utilizó el pin out analógico del microcontrolador 16F877A ya que con el podíamos comparar valores en DC y no generar exceso de funciones en el algoritmo.

```
med:  
  
    adcon0=%1000001  
  
    gosub medir  
  
    p1=adresh  
  
return  
  
medir:  
  
    pauseus 50  
  
    adcon0.2=1  
  
    pauseus 50  
  
return
```

**Figura V-51. Configuración del micro para procesamiento de la información.**

Al inicio del estudio, el ultrasonido tubo una distancia máxima de alcance de 6 m. pero debido a la forma en que se desarrolló el esquema del algoritmo se lo limito a 0.76 m. Aproximadamente, como los valores de voltaje obtenidos son analógicos entonces a través de las sentencias mostradas en la Figura V-51, logramos obtener valores de 0 a 255 que vienen a ser digitales. Por lo tanto lo que se realizó en el algoritmo realmente es desglosar en rangos o condiciones así:

- IF (P1>=16) AND (P1<=255) THEN

La distancia que cubre esta condición es de 0.76m hasta 6m para la cual se diseñó el estado de búsqueda.

<b>GIRO</b>	<b>ANGULO</b>
Derecha	90°
Izquierda	90°

**Tabla V-V. Relación de ángulos en correspondencia con los giros**

- IF (P1>=10) AND (P1<=16) THEN

La distancia que cubre esta condición es de 0.34m hasta 0.76m para la cual se diseñó el estado de aproximación.

<b>GIRO</b>	<b>ANGULO</b>
Derecha	10°
Izquierda	20°

**Tabla V-VI. Relación de ángulos en correspondencia con los giros**

- IF (P1>=0) AND (P1<=9) THEN

En este caso tuvimos muchas complicaciones ya que casi todos los ultrasonidos poseen una zona muerta, entonces procedimos a medir la zona muerta y realizamos algunos cálculos de la misma es así que inicia a los 0.32m

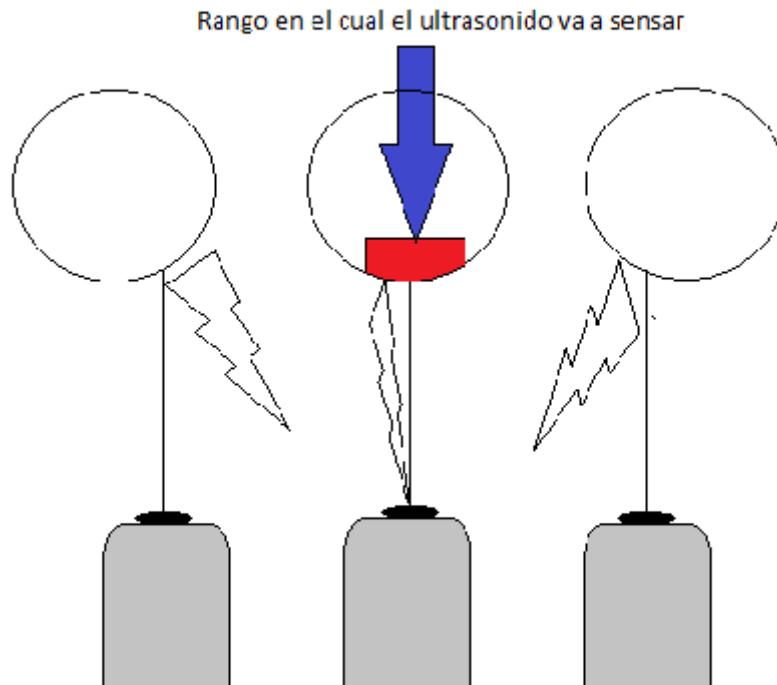
Con la última condición establecida anteriormente se establece la zona muerta del ultrasonido pero para conseguir un posicionamiento adecuado de la pelota se optó por hacer girar al robot a la derecha del objeto determinando de esta manera que

la pelota va a quedar al lado izquierda del robot posicionándolo de mejor manera, una vez que el robot se ubica frente a la pelota era necesario colocarlo en el centro de la misma para obtener un agarre optimo, cosa que no se consigue solo con el ultrasonido, una de las opciones que se analizo fue la posibilidad de poner dos dispositivo de ultrasonido pero por costos nos vimos obligados a optar por sensores QRD 1114 infrarrojos que cumplían la misma función y con un mayor grado de precisión, una vez frente a la pelota se ubicará en el centro de la mismo considerando las posibilidades de la siguiente tabla:

<b>SENSOR IZQUIERDO</b>	<b>SENSOR DERECHO</b>	<b>RESPUESTA</b>	<b>CONDICION</b>
0	0	DELANTE	NINGUNA
0	1	DERECHA	SI=1 AND SD=1
1	0	IZQUIERDA	SI=1 AND SD=1
1	1	PULSO	NINGUNA

**Tabla V-VII Estados de los Sensores QRD 1114**

Una vez solucionado el posicionamiento del objetivo se tuvo que considerar el análisis realizando el acoplamiento del ultrasonido al algoritmo, para saber cuan eficaz era, se determinó que existían problemas de reflexión debido a que el ultrasonido censa superficies planas donde el ángulo de reflexión es aproximadamente 0º, como nuestro objetivo es redondo, obtuvimos como resultado que el robot necesitaba ubicarse frente al objeto de tal manera que este ángulo no afecte en la detección como se puede ver en la Figura V-52. Reflexión de la onda ultrasónica



**Figura V-52. Reflexión de la onda ultrasónica**

En vista de todos estos factores y por la pérdida de precisión en las mediciones se optó por colocar el ultrasonido fijo en la estructura del robot, con este parámetro ganamos estabilidad en las mediciones.



**Figura V-53. Disposición del ultrasonido**

Como el ultrasonido no tiene un medio de propagación más que el aire el lóbulo emitido por el sensor era demasiado amplio detectando objetos erróneos por lo que desde el punto de vista de propagación optamos por colocar un cilindro de 3.5

cm de largo y 1.8 cm de diámetro obteniendo así un lóbulo más direccional (En la Figura V-53., se puede ver el cilindro de forma física).

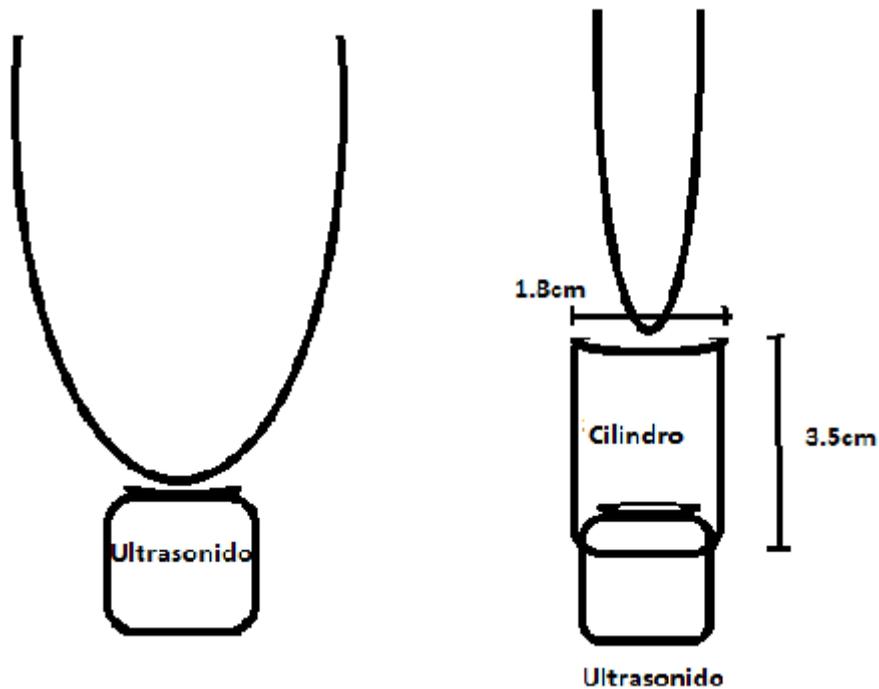


Figura V-54. Expansión del lóbulo del ultrasonido

Al realizar el estudio de distintos tipos de objetos, es decir del material del objeto en general (contextura, color, etc.), obteniendo como resultado:

El ultrasonido no diferencia entre colores pues independiente mente de esto se reflejara la señal

La rugosidad de los materiales dependiendo de su proporción determinara que el eco se refleje en distintas direcciones dando como resultado un posible error en la lectura

El material escogido para nuestra tesis fue una esfera de espuma FLEX por su estructura sólida y a su vez la capacidad que nos brinda de un agarre óptimo de la

pinzas para el levantamiento del objetivo, razón por la cual se pone a disposición los distintos cálculos realizados con otros tipos de materiales en la siguiente tabla de porcentajes:

<b>MATERIAL</b>	<b>%REFLEXION</b>	<b>%AGARRE</b>
Acrílico	85	20
Plástico	68	45
Vidrio	90	5
Espuma Flex	90	90

**Tabla V-VIII. Tabla de grosores de objetos y materiales utilizables y sus porcentajes**

Una vez realizado este análisis se ejecutó el algoritmo en el Microcontrolador 16F877A, donde se vio la necesidad de separar la transmisión de los demás elementos, debido a que el microcontrolador iba a realizar muchos procesos, dando como resultado una saturación de funciones y respuestas en tiempos más largos, para esto la transmisión se la considero independiente del microcontrolador, pero sin salir del control del control de este puesto que la transmisión espera un pulso para establecer el enlace , cabe recalcar que los demás elementos también están disposición del microcontrolador principal.

```

;*****
LCDOUT $fe, 1, "RECOLECTANDO"
LCDOUT $fe, $e1, "OBJETO"
PAUSE 2000
;*****RECOLECTAR OBJETO *****/
PULSOUT PORTD.1,100
PULSOUT PORTD.1,100
PULSOUT PORTD.1,100
PULSOUT PORTD.1,100
;*****FIN*****/

;*****/
LCDOUT $fe, 1, "RECOLECTANDO"
LCDOUT $fe, $e1, "COMUNICACION"
PAUSE 2000
HIGH PORTD.0
LCDOUT $fe, 1
LCDOUT $fe, $e1, "TRANSMITIR INFORMACION"
PAUSE 4000
LOW PORTD.0
LCDOUT $fe, 1
GOTO SEGUIDOR LINEA

LOW PORTD.0
LOW PORTD.0
PAUSE 100
KNUTP
GOTO a2

```

Figura V-55. Control de Comunicación

El siguiente estudio a realizarse es el de los motores y pinzas pero en función del algoritmo, para esto se procedió a realizar el truncamiento de los servomotores para obtener un giro completo de 360° con la desventaja que se perdió estabilidad en el movimiento de los mismos ya que se retiró el circuito integrado del servomotor obteniendo motores AC con la ganancia en el torque producido por los engranes internos, entonces se tuvo que calcular los posibles ángulos que se deseaba obtener, al momento de este análisis no todos los motores tenían el mismo torque.

En la etapa de la comunicación se realizó un estudio de los módulos de transmisión más aptos, ya que como los robots son autónomos entonces necesitan que la transmisión sea efectiva, puesto que la perdida de la misma nos llevaría a un

sistema inestable, el robot necesita tener una transmisión optima, después de realizar las diferentes pruebas de distancia e interferencias con diferentes obstáculos se obtuvo la tabla siguiente:

<b>EFICACIA</b>	<b>TX</b>	<b>RX</b>	<b>DISTANCIA</b>
40	OK	OK	15
60	OK	OK	8
100	OK	OK	<3

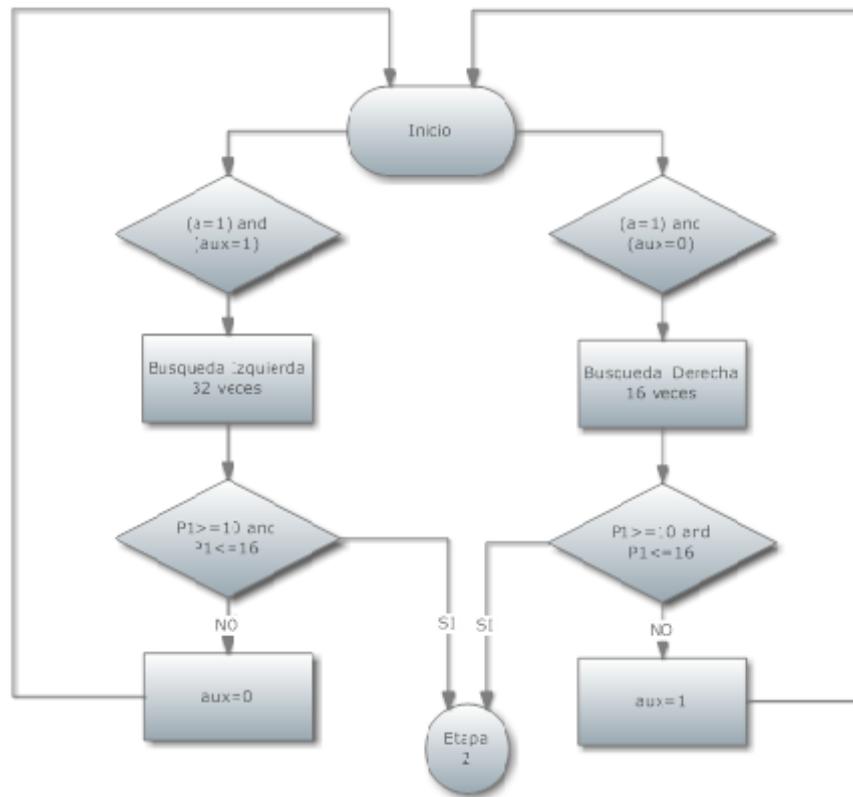
**Tabla V-IX. Distancia de la transmisión**

Para el desarrollo de nuestra tesis, nosotros realizamos dos robots, con estructuras similares tanto en su forma física como lógica, es así que se los comparo de acuerdo a su funcionamiento, detectando que para una mejor operatividad se dependía de muchos factores determinantes como son el torque de los motores, capacidad de carga de la baterías y la estructura física del robot, ya que si una de estas se encontraba en mal estado existe la posibilidad de tener pérdidas en el movimiento.

Se trató de comparar los algoritmos implementados en los dos robots para determinar el desempeño en cada uno, lo que pudimos determinar es que los robots llegan a su objetivo pero los tiempos no son los mismos. Sabiendo que a los dos robots se los posiciono desde un mismo punto. Cabe recalcar que el algoritmo depende mucho de la estructura del robot y de los dispositivos de entrada y salida.

#### **5.1.1. Comparación de estados de acuerdo a las etapas de programación:**

### 5.1.1.1. Búsqueda del objetivo (rango de 16 a 255).



**Figura V-56. Diagrama de estados del estado de búsqueda**

En el diagrama de la Figura V-56 se muestra las etapas necesarias para ubicar al objeto explicadas de la siguiente manera:

Inicialmente el robot realizara una búsqueda hacia la derecha 16 veces y por cada giro hacia la derecha emite una onda de ultrasonido para detectar al objetivo.

Entonces Si el objetivo no es ubicado realiza comparaciones que de acuerdo a lo especificado modifica las banderas colocadas para el control regresando al inicio y realizando una búsqueda hacia la izquierda 32 veces, en el caso de ubicar al objeto en cualquiera de las dos comparaciones anteriores se re direccionó el algoritmo a

una etapa 2., que ya está descrita anterior mente en el análisis del algoritmo deliberativo basándonos en la Tabla V-VII Estados de los Sensores QRD 1114.

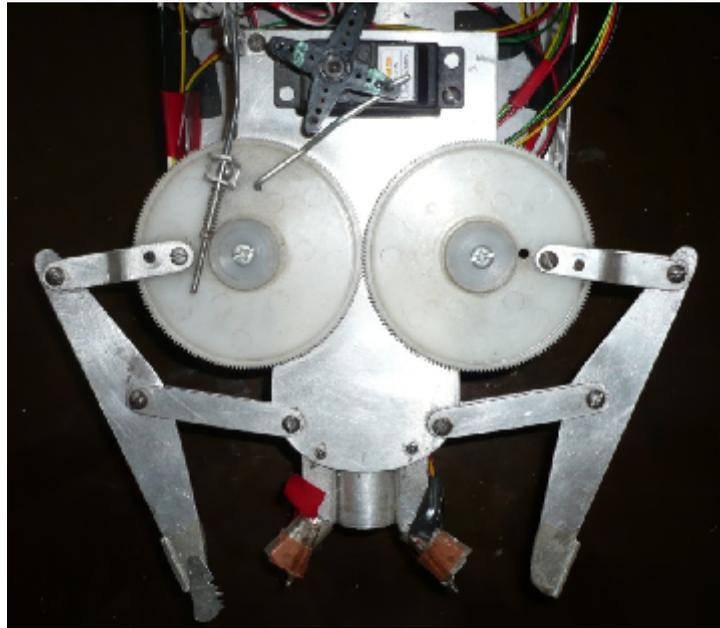
Inicialmente para la alimentación se utilizó baterías de 9 voltios pero los requerimientos del sistema eran mayores por lo que nos vimos en la obligación de estudiar los distintos tipos de baterías entre las cuales se utilizó baterías de teléfono celular por su dimensión y capacidad de amperaje se adaptó de manera eficaz en el sistema autónomo.

<b>BATERIA</b>	<b>VOLTAJE</b>	<b>CAPACIDAD</b>	<b>TIEMPO DE DURACION</b>
Nokia	3.6	700mA	1 Día
Kiosera	3.7	630mA	1 Día
LG	3.7	630mA	1 Día

**Tabla V-X. Tabla de voltajes de baterías y tiempos de duración**

## 5.2. ANÁLISIS FUNCIONAL MECÁNICO

### 5.2.1. Pinzas y estructura del robot



**Figura V-57. Estructura de las pinzas**

Dentro de la estructura de las pinzas inicialmente se determinó la implementación de un sistema de poleas pero tuvimos muchos inconvenientes ya que la posición del ultrasonido debe ser fija y estar en la mitad de la estructura después de un análisis se determinó que la mejor opción era realizar brazos mecánicos, determinando posibles problemas desde el material a utilizar hasta la dimensión que tendrían dichos brazos, para los cuales se consideró un diseño preestablecido adaptándolo a nuestros requerimientos. En base al diseño en Autocad se simuló su funcionamiento, una vez realizado el estudio inicial de las pinzas se inició su construcción para lo cual se necesitó de piezas especiales como engranajes de iguales dimensiones, debido a la escasez de dichos productos nos vimos obligados a conseguir piezas de refacción por lo que la estructura de las pinzas en cada robot

es diferente, de acuerdo al radio de los engranajes se determinó que mientras mayor sea el radio del engranaje mejor va a ser el agarre del objeto dependiendo del radio de la pelota.

<b>Radio de la pelota (cm)</b>	<b>Agarre en Porcentajes</b>
4.5	100
4	80
3.5	60
Menos de 3	Menor 40

**Tabla V-XI. Porcentajes de agarre según el radio del objeto**

Una vez implementadas las pinzas el siguiente objetivo era la estructura del robot que inicialmente se consideró una caja cuadrada que con diferentes pruebas se mejoró su diseño para que se acople adecuadamente a las pinzas, la adaptación de la rueda loca es un aspecto importante ya que es el soporte para dar estabilidad al sistema por tal razón se la coloco en la parte frontal de la estructura enviando así el peso de las baterías y la placa hacia atrás generando mejor tracción a las llantas.

Se diseñó para el robot un entornó amigable tomando en cuenta la distancia de la medición del ultrasonido se optó por definir el objetivo de color blanco y el robot de color metálico que refleja negro

## CONCLUSIONES

- Después del análisis de los diferentes dispositivos existentes para la detección de objeto se determinó que la mejor alternativa es el ultrasonido en vista de que emite ondas sonoras indetectables al ser humano que están en el rango de los 48kHz utilizando la propiedad de reflexión del sonido.
- El algoritmo deliberativo no solo depende de la programación sino también de la interfaz mecánica del robot.
- El desarrollo del algoritmo no tiene un esquema específico a seguir, pues se desarrolla de acuerdo a los requerimientos del sistema tomando en cuenta la optimización de los recursos utilizados es por eso que se puede alcanzar grados de eficiencia adecuados dependiendo del conocimiento de las aplicaciones de programación.
- La implementación de los robots tienen un alto grado de complicidad debido a que existe varios factores como la adaptación adecuada de cada componente.
- Se determinó que el ultrasonido detecta objetos independientemente del tipo de material o color del objeto tomando en cuenta que en objetos sólidos el eco se refleja con una mayor calidad mientras que en objetos blandos disminuye la reflexión del eco pero sin desaparecer puesto que el sonido es absorbido en cierta proporción.
- El Maxsonar EZ1 se auto calibra cubriendo un área de 6m aproximadamente dando la posibilidad de limitar la distancia de detección al momento de inicializar el dispositivo, además tiene la factibilidad de

polarización en el rango de los dispositivos TTL adaptándose de manera eficiente al sistema desarrollado.

- Se decidió utilizar la salida analógica del sensor de ultrasonido debido a la factibilidad de programación del microcontrolador y a la posibilidad de analizar la distancia de acuerdo a rangos de voltaje obtenidos de las mediciones realizadas.
- En el desarrollo de la estructura del robot se optó por la utilización de aluminio por su maniobrabilidad y bajo peso tomando en cuenta que para el desarrollo del sistema de sujeción del objeto se tenía varias posibilidades entre ellas un sistema de poleas, pero su desarrollo requería un mayor número de materiales y su diseño obstaculizaba el buen desempeño del ultrasonido por lo cual se optó por la implementación de pinzas con la utilización de engranajes.
- MICROCODE brinda la posibilidad de programar microcontroladores en alto nivel con la utilización de funciones establecidas y permitiendo la escalabilidad del programa.

## RECOMENDACIONES

- La utilización de sensores infrarrojos QRD 1114 ayuda de manera óptima en la ubicación correcta del robot frente al objeto pero es recomendable la utilización de leds emisores de luz para mejorar la calidad de detección.
- La transmisión es una etapa importante en el proyecto razón por la cual se debe tener en cuenta las posibles interferencias provocadas por el funcionamiento de los motores o incluso del funcionamiento de otros dispositivos, por tal razón se recomienda colocar los transmisores a una distancia prudencial de los demás dispositivos que puedan afectar su funcionamiento
- Es recomendable buscar un diseño adecuado de la rueda loca, pues es la sección que brinda mayor estabilidad al sistema en movimiento
- En la estructura desarrollada se optó por la utilización de pernos de diferentes dimensiones, pero en vista de que el sistema necesita cierto grado de movilidad se recomienda la utilización de aditamentos como PRIME LOK para mantener cada sección en su lugar y evitar así un desfase en sus componentes

## RESUMEN

Se diseñó un algoritmo deliberativo para ser implementado en un robot, para que cumpla las funciones de búsqueda y rescate.

Se diseñó circuitos bajo la investigación de diferentes dispositivos para la detección de objetos, llegando a la conclusión que el dispositivo más eficaz para implementar el sistema autónomo es el ultrasonido porque emite una onda sonora en el rango de los 48 KHz., cuyo lóbulo presenta mayor inmunidad a interferencias facilitando así la detección del objeto. Un sistema autónomo necesita la ayuda de sensores adicionales para interpretar el medio que lo rodea para lo cual se utilizó sensores QRD 1114, para procesar dicha información se utilizó microcontroladores de la gama media como son PIC 16F877A y para manejar la comunicación entre los dispositivos el PIC 16F628A, como es una comunicación inalámbrica se optó por módulos de radiofrecuencia como son TLP y RLP 434 que trabajan con una modulación ASK. Para la simulación del circuito que se diseñó se utilizó el programa PROTEUS. En la implementación del algoritmo deliberativo fue necesario analizar todos los posibles comportamientos de los robots autónomos utilizando el programa MICROCODE para la programación en los microcontroladores.

Se obtuvo un sistema autónomo capaz de interactuar entre si para la detección y recolección de objetos, el mismo que detecta el objeto a una distancia de 0.76 m, la comunicación de los robot abarca un radio de 2 m aproximadamente, alcanzando de esta manera el objetivo de demostrar la funcionalidad de los algoritmos deliberativos en sistemas autónomos; por lo que se recomienda aplicar algoritmos

deliberativo en sistemas robóticos autónomos que tengan ambientes peligrosos para el ser humano

## SUMMARY

A deliberative algorithm was designed to be implemented in a robot, so that it may carry out search and rescue functions.

Various circuits were designed under the investigation of different devices for object detection; coming to the conclusion that the most effective device to implement the autonomous system is the ultrasound because it emits a sonorous wave in the range of 48KHz., whose lobe presents greater immunity to interference, thus facilitating the detection of the object. An autonomous system needs the help of additional sensors to interpret the medium that surrounds him for which QRD 1114 sensors were used, to process the information micro controllers of the mid range as are PIC 16F877A were used, and the PIC 16F628A to handle the communication among devices, as it is a wireless communication radio frequency modules were chosen such as TLP and RLP 434 whom work with a ASK modulation. For the simulation of the circuit designed the program PROTEUS was used. In the implementation of the deliberative algorithm it was necessary to analyze all possible behaviors of the autonomous robots using the program MICROCODE for the programming of the micro-controllers.

An autonomous system able to interact with each other for the detection and collection of objects was obtained, the same that detects the object at a distance of 0.76 m, the communication of the robots covers a ray of approximately 2 meters, reaching in this way the objective of demonstrating the functionality of the deliberative algorithms in autonomous systems; as to which it is recommended to

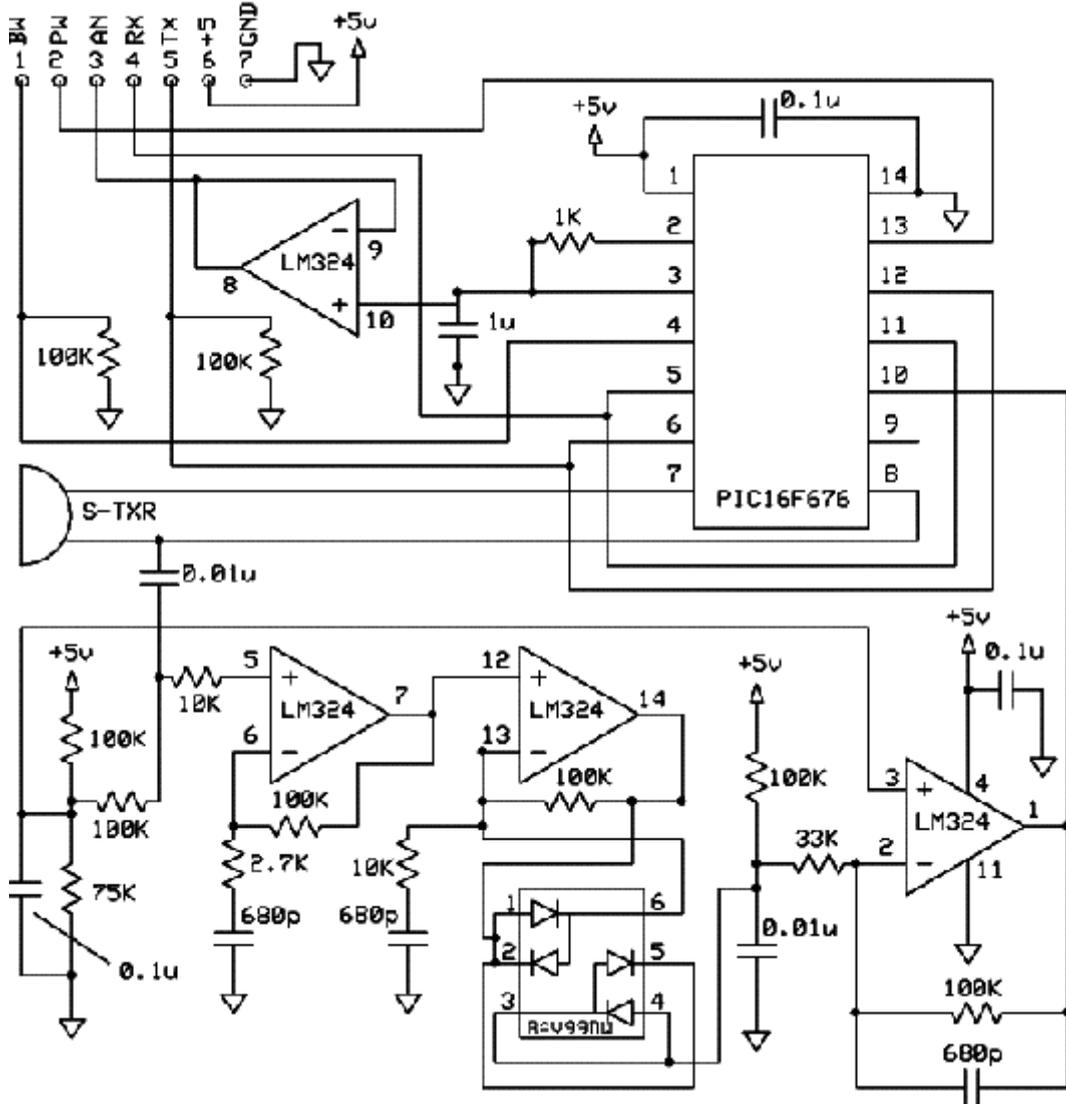
apply deliberative algorithms in autonomous robotic systems that have hazardous environments for the human being.

# BIBLIOGRAFIA

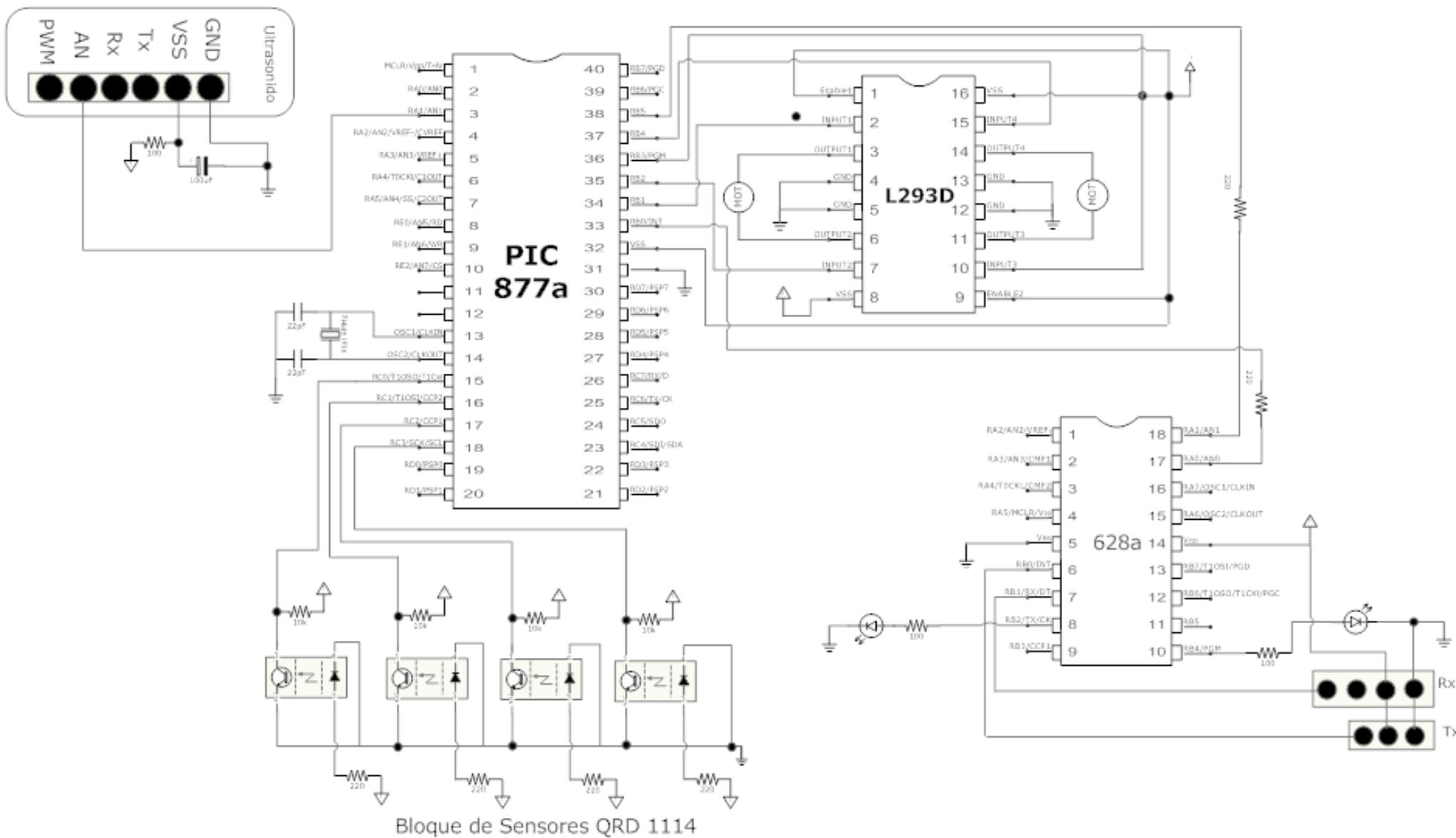
- 1.- BOYLESTAD, R. y NASHELSKY, L. Electrónica: Teoría de Circuitos y Dispositivos Electrónicos. 8va ed. México DF.- México, Pearson Educación, 2003.
- 2.- MARTIN CUENCA, E.; ANGULO J. M y ANGULO, I. Microcontroladores PIC: La solución está en un Chip. España.- Madrid, Paraninfo-ITP. 2001
- 3.- JOHN IOVINE. PIC Robotics: A Beginner's Guide to Robotics Projects Using the PICmicro. U.S.A.,McGraw-Hill. 2004
- 4.- RONALD J. TOCCI. Sistemas Digitales: Principios y Aplicaciones. 3ra ed. Prentice-Hall. 1987
- 5.- PALLÁS ARENEY, RAMÓN y VALDÉS PÉREZ, FERNANDO E. Microcontroladores: Fundamentos y Aplicaciones con PIC. España-. Marcombo. 2007
- 6.- OLLERO BATUONE, ANÍBAL. Robótica: Manipuladores y Robots Móviles. España.- Marcombo. 2001

# ANEXOS

## Circuito amplificador del Ultrasonido



### Diagrama final del circuito



Bloque de Sensores QRD 1114

## Implementación del circuito en la placa

