

# SENSORES DE DISTANCIA POR ULTRASONIDOS

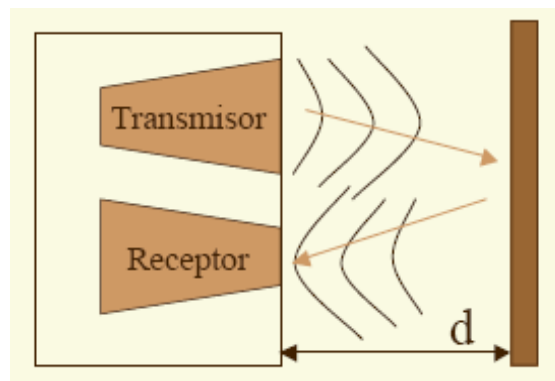
- 1. Funcionamiento básico de los Ultrasonidos*
  - 2. Problemas con los Ultrasonidos*
  - 3. Algunas Configuraciones en Microrrobots empleando Ultrasonidos*
  - 4. Ejemplo práctico de implementación de un sistema simple de medición de distancia por Ultrasonidos (sensor SRF04)*
  - 5. Modelos comerciales de Sensores de Ultrasonidos*
  - 6. Bibliografía empleada*
- 

Diego Pérez de Diego  
4º Ingeniería de Telecomunicación

## 1. Funcionamiento básico de los Ultrasonidos

Los ultrasonidos son antes que nada sonido, exactamente igual que los que oímos normalmente, salvo que tienen una frecuencia mayor que la máxima audible por el oído humano. Ésta comienza desde unos 16 Hz y tiene un límite superior de aproximadamente 20 KHz, mientras que nosotros vamos a utilizar sonido con una frecuencia de 40 KHz. A este tipo de sonidos es a lo que llamamos Ultrasonidos.

El funcionamiento básico de los ultrasonidos como medidores de distancia se muestra de una manera muy clara en el siguiente esquema, donde se tiene un receptor que emite un pulso de ultrasonido que rebota sobre un determinado objeto y la reflexión de ese pulso es detectada por un receptor de ultrasonidos:



La mayoría de los sensores de ultrasonido de bajo coste se basan en la emisión de un pulso de ultrasonido cuyo lóbulo, o campo de acción, es de forma cónica. Midiendo el tiempo que transcurre entre la emisión del sonido y la percepción del eco se puede establecer la distancia a la que se encuentra el obstáculo que ha producido la reflexión de la onda sonora, mediante la fórmula:

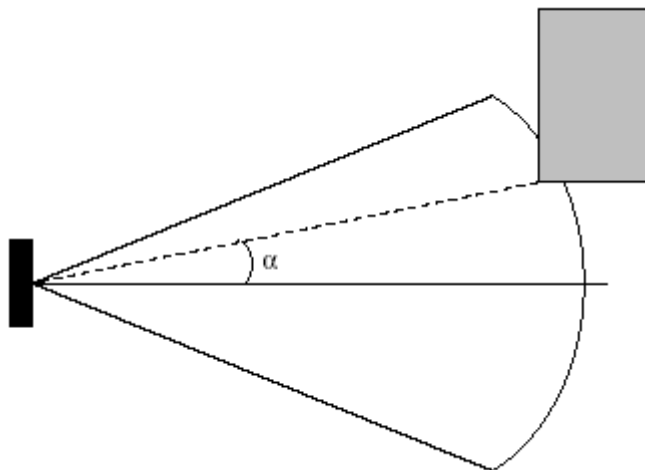
$$d = \frac{1}{2} V \cdot t$$

donde V es la velocidad del sonido en el aire y t es el tiempo transcurrido entre la emisión y recepción del pulso.

## 2. Problemas con los Ultrasonidos

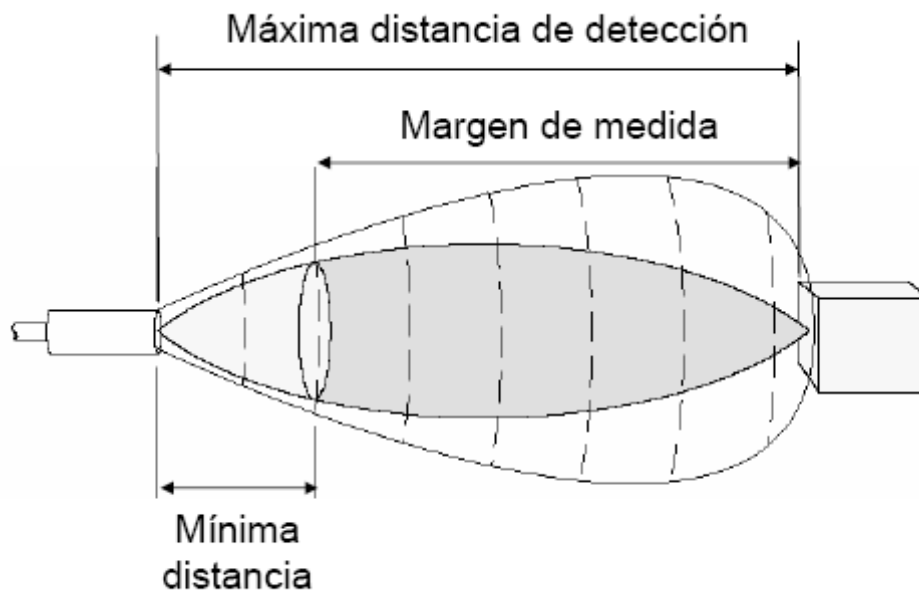
A pesar de que su funcionamiento parece muy sencillo, existen factores inherentes tanto a los ultrasonidos como al mundo real, que influyen de una forma determinante en las medidas realizadas. Por tanto, es necesario un conocimiento de las diversas fuentes de incertidumbre que afectan a las medidas para poder tratarlas de forma adecuada, minimizando su efecto en el conocimiento del entorno que se desea adquirir. Entre los diversos factores que alteran las lecturas que se realizan con los sensores de ultrasonido cabe destacar:

- El campo de actuación del pulso que se emite desde un transductor de ultrasonido tiene forma cónica. El eco que se recibe como respuesta a la reflexión del sonido indica la presencia del objeto más cercano que se encuentra dentro del cono acústico y no especifica en ningún momento la localización angular del mismo. Aunque la máxima probabilidad es que el objeto detectado esté sobre el eje central del cono acústico, la probabilidad de que el eco se haya producido por un objeto presente en la periferia del eje central no es en absoluto despreciable y ha de ser tenida en cuenta y tratada convenientemente.



Incertidumbre angular en la medida de un ultrasonido

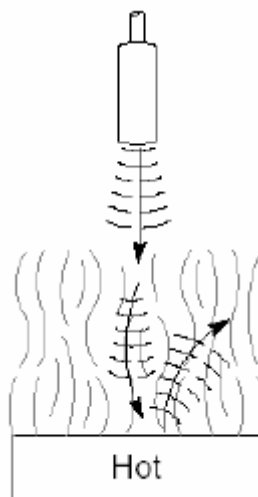
- La cantidad de energía acústica reflejada por el obstáculo depende en gran medida de la estructura de su superficie. Para obtener una reflexión altamente difusa del obstáculo, el tamaño de las irregularidades sobre la superficie reflectora debe ser comparable a la longitud de onda de la onda de ultrasonido incidente.
- En los sensores de ultrasonido de bajo coste se utiliza el mismo transductor como emisor y receptor. Tras la emisión del ultrasonido se espera un determinado tiempo a que las vibraciones en el sensor desaparezcan y esté preparado para recibir el eco producido por el obstáculo. Esto implica que existe una distancia mínima  $d$  (proporcional al tiempo de relajación del transductor) a partir de la cual el sensor mide con precisión. Por lo general, todos los objetos que se encuentren por debajo de esta distancia,  $d$ , serán interpretados por el sistema como que están a una distancia igual a la distancia mínima.



- Los factores ambientales tienen una gran repercusión sobre las medidas: Las ondas de ultrasonido se mueven por un medio material que es el aire. La densidad del aire depende de la temperatura, influyendo este factor sobre la velocidad de propagación de la onda según la expresión:

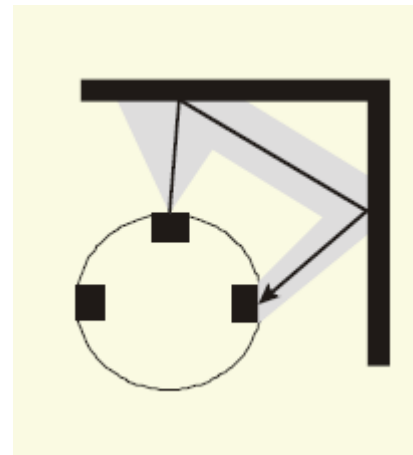
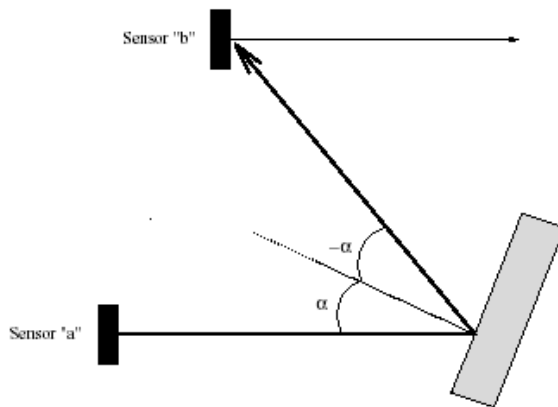
$$V_s = V_{so} \sqrt{1 + \frac{T}{273}}$$

siendo  $V_{so}$  la velocidad de propagación de la onda sonora a 0 °C, y  $T$  la temperatura absoluta (grados Kelvin).



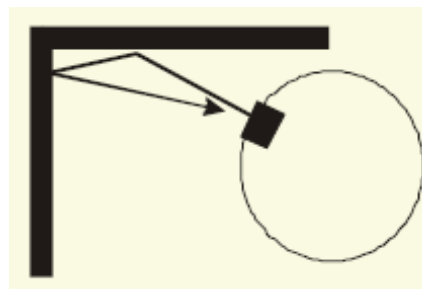
La temperatura afecta a la capacidad de detección

- Un factor de error muy común es el conocido como *falsos ecos*. Estos falsos ecos se pueden producir por razones diferentes: Puede darse el caso en que la onda emitida por el transductor se refleje varias veces en diversas superficies antes de que vuelva a incidir en el transductor (si es que incide). Este fenómeno, conocido como reflexiones múltiples, implica que la lectura del sensor evidencia la presencia de un obstáculo a una distancia proporcional al tiempo transcurrido en el viaje de la onda; es decir, una distancia mucho mayor que a la que está en realidad el obstáculo más cercano, que pudo producir la primera reflexión de la onda. Otra fuente más común de *falsos ecos*, conocida como *crosstalk*, se produce cuando se emplea un cinturón de ultrasonidos donde una serie de sensores están trabajando al mismo tiempo. En este caso puede ocurrir (y ocurre con una frecuencia relativamente alta) que un sensor emita un pulso y sea recibido por otro sensor que estuviese esperando el eco del pulso que él había enviado con anterioridad (o viceversa).



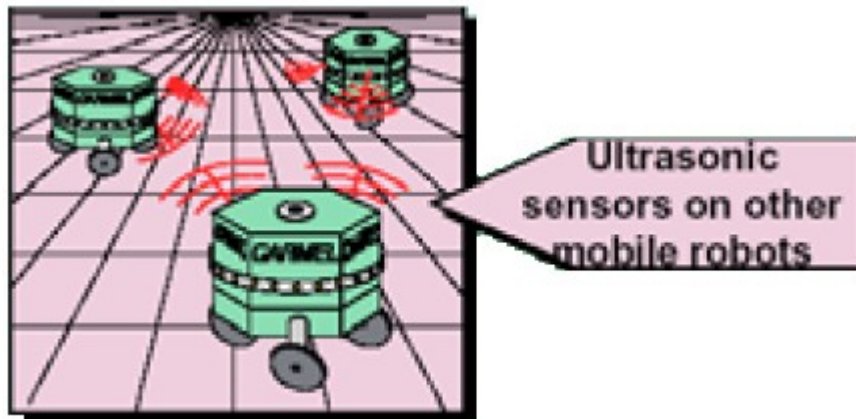
El sensor "a" emite el pulso que recibe el sensor "b"

- Las ondas de ultrasonido obedecen a las leyes de reflexión de las ondas, por lo que una onda de ultrasonido tiene el mismo ángulo de incidencia y reflexión respecto a la normal a la superficie. Esto implica que si la orientación relativa de la superficie reflectora con respecto al eje del sensor de ultrasonido es mayor que un cierto umbral, el sensor nunca reciba el pulso de sonido que emitió.



Además de los problemas ya señalados con más detalle anteriormente a continuación se muestran de una manera más esquemática otras situaciones que pueden ser problemáticas a la hora de diseñar un sistema de detección de distancias para un microrrobot basado en ultrasonidos:

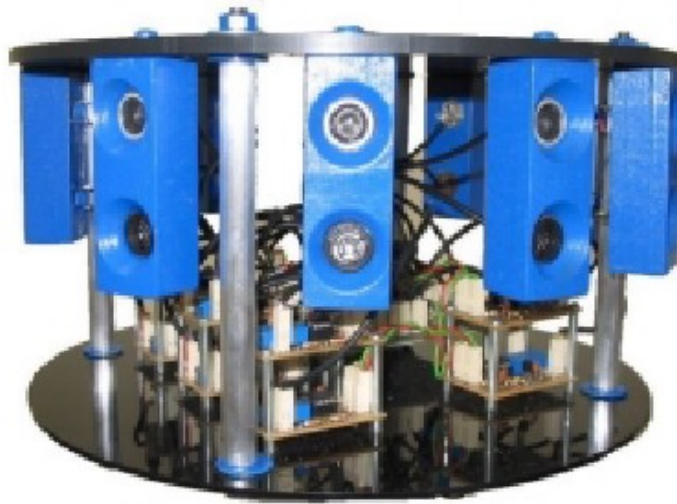
- La posición real del objeto es desconocida: (cualquier posición del cono a distancia  $d$ ).
- Reflejos especulares: la dirección del reflejo depende del ángulo de Incidencia
- Cuanto menor sea el ángulo, mayor es la probabilidad de perderse y producir falsas medidas de gran longitud
- Las superficies pulidas agravan el problema (las rugosas producen reflejos que llegan antes)
- Ejemplo: un robot que se acerca a una pared con muy poco ángulo puede “no verla”
- ¿Qué ocurre cuando varios robots usan ultrasonidos?: Puede existir un problema de falsa detección.



### ***3. Algunas Configuraciones en Microrrobots empleando Ultrasonidos***

Existen dos formas básicas o configuraciones para diseñar un sistema de medición de distancias por ultrasonidos que son la configuración en forma de anillo o la tipo sonar (sensor giratorio). A continuación se muestran algunos ejemplos de cada configuración:

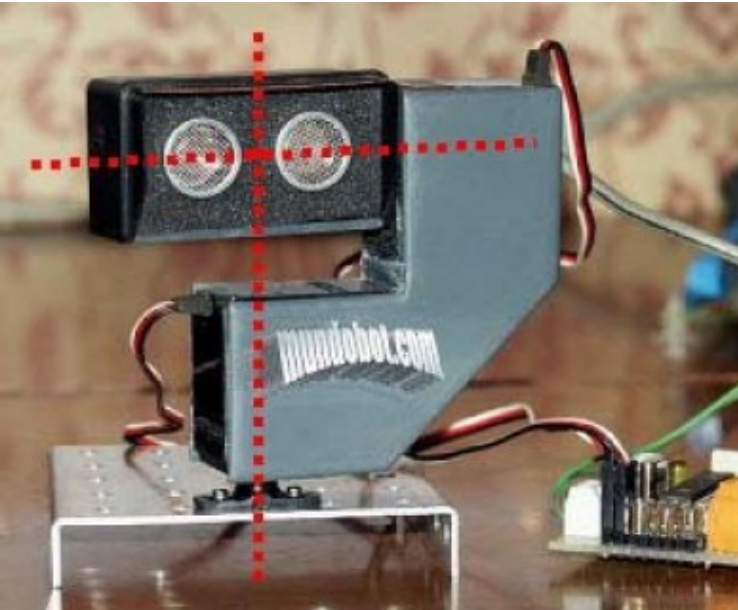
#### **3.1 Anillo de Sensores:**







3.1 Tipo Sonar (sensor giratorio):



## ***4. Ejemplo práctico de implementación de un sistema simple de medición de distancia por Ultrasonidos (sensor SRF04)***

### **4.1 Descripción**

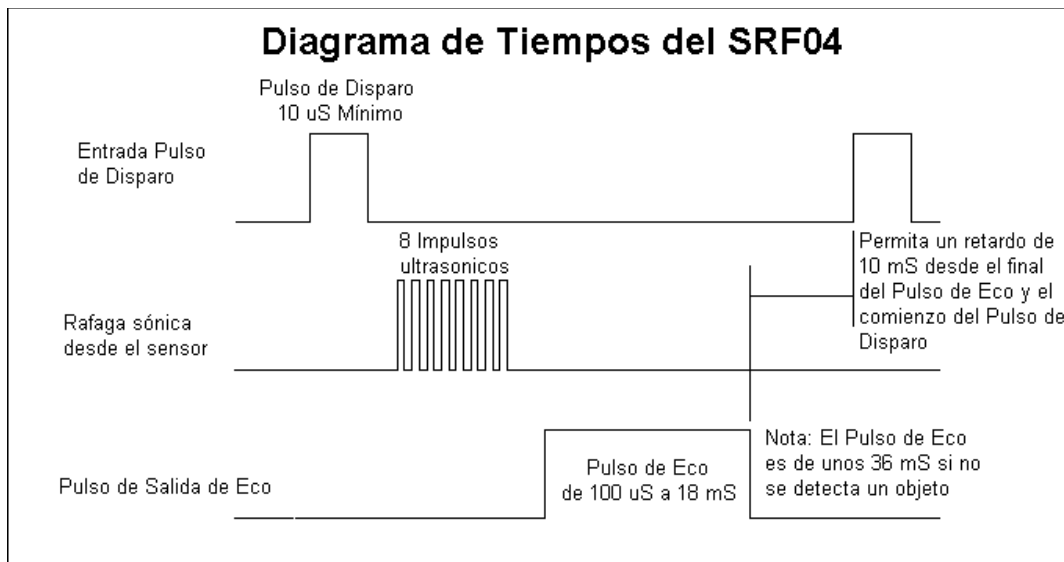
El objetivo de este circuito auxiliar es el de medir distancias, utilizando para ello dos transceptores de ultrasonidos, uno emisor y otro receptor, basándonos en el tiempo que tarda la señal en ir desde el emisor hasta el objeto obstáculo y volver rebotada desde éste hasta el receptor. Midiendo dicho tiempo podemos calcular con suficiente precisión y exactitud la distancia entre el objeto y nuestros transceptores

### **4.2 Implementación, Hardware:**

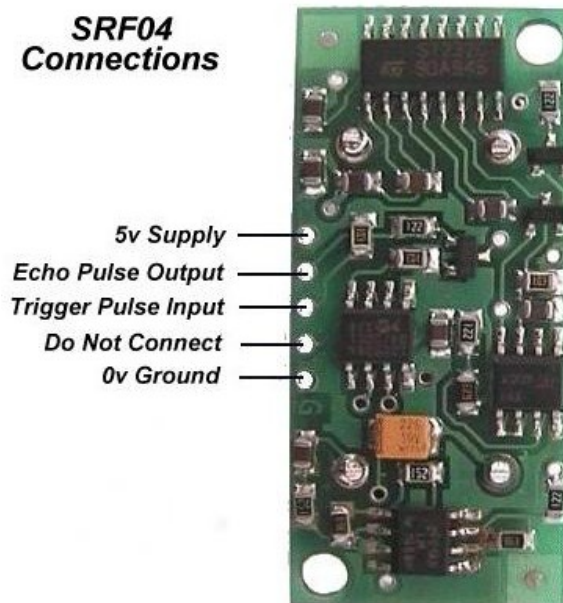
Se ha optado por emplear el sensor ultrasónico modelo SRF04 de la casa británica Robot Electronics:


Tensión 5V Consumo 30 mA Tip. 50mA Max. Frecuencia: 40 Khz. Distancia Mínima: 3 cm. Distancia Máxima: 300 cm. Sensibilidad: Detecta un palo de escoba a 3 m. Pulso de Disparo 10 uS min. TTL Pulso de Eco: 100 uS - 18 mS Retardo entre pulsos: 10 mS Mínimo Pulso de Eco: 100 uS - 18 mS Tamaño: 43 x 20 x 17 mm Peso: 10 gr.

Este sensor tiene la particularidad de manejarse solo con dos hilos, aparte de los de alimentación. Por uno de ellos se le envía el pulso de disparo (trigger) y por el otro recibimos el pulso de eco (echo) cuya amplitud es directamente proporcional a la distancia a la que ha sido detectado el obstáculo interpuesto. Según el cronograma siguiente:



El conexionado eléctrico del SRF04 es como sigue:



### 4.3 Implementación, Software:

Nuestro programa debe realizar las siguientes funciones:

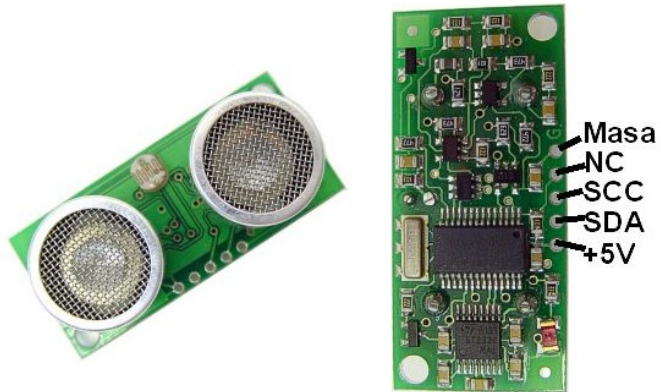
- 1.- Emitir un pulso ultrasónico de corta duración
- 2.- Esperar el inicio del pulso de eco resultante y poner a cero un temporizador.
- 3.- Esperar el fin del pulso de eco y guardar el estado de dicho temporizador al ocurrir esto.
- 4.- Calcular el tiempo de duración de dicho eco, que como sabemos es proporcional al tiempo empleado en ir y venir hasta y desde el objeto
- 5.- y por último, Calcular la distancia sabiendo el tiempo empleado en recibir el eco y la velocidad de la onda de sensado.

## 5. Modelos comerciales de sensores de Ultrasonidos

### **SRF04:**

Comentado en el apartado anterior

### **SRF08:**



SRF08 es un medidor ultrasónico de distancias para robots que representa la última generación en sistemas de medidas de distancias por sonar, consiguiendo niveles de precisión y alcance únicos e impensables hasta ahora con esta tecnología. El sensor es capaz de detectar objetos a una distancia de 6 m con facilidad además de conectarse al microcontrolador mediante un bus I2C, por lo que se pueden conectar cuantos sensores sean necesarios en el mismo bus. Con una alimentación única de 5V, solo requiere 15 mA, para funcionar y 3mA mientras esta en reposo, lo que representa una gran ventaja para robots alimentados por pilas. El sensor SRF08 Incluye además un sensor de luz que permite conocer el nivel de luminosidad usando igualmente el bus I2C y sin necesidad de recursos adicionales.

### **SRF10:**



SRF10 es el nuevo medidor ultrasónico de distancias miniatura para robots que representa la última generación en sistemas de medidas de distancias por sonar, consiguiendo niveles de precisión y alcance únicos e impensables hasta ahora con esta tecnología. El sensor es capaz de detectar objetos a una distancia de 6 m con facilidad además de conectarse al microcontrolador mediante un bus I2C, por lo que se pueden conectar cuantos sensores sean necesarios en el mismo bus. Con una alimentación única de 5V, solo requiere 15 mA, para funcionar y 3mA mientras esta en reposo, lo que representa una gran ventaja para robots alimentados por pilas. Sus reducidas dimensiones lo convierten en el sensor de distancias por ultrasonidos más pequeño del mundo. Medidas 32 x 15 x 10 mm.

## **6. Bibliografía**

La información empleada para realizar este pequeño trabajo ha sido extraída parcialmente de las siguientes fuentes:

<http://www.iit.upco.es/~alvaro/teaching/Clases/Robots/teoria/>

<http://www2.ate.uniovi.es/13996/Lecciones/Lecci%C3%B3n%209.pdf>

<http://gsysc.escet.urjc.es/docencia/asignaturas/robotica/transpas/sensores.pdf>

<http://www.uc3m.es/uc3m/dpto/IN/dpin04/ISL/sensores.pdf>

<http://www.superrobotica.com/S320110.htm>

<http://www.superrobotica.com/S320114.htm>

<http://www.superrobotica.com/S320112.htm>

<http://www.depeca.uah.es/docencia/ITT-SE/Ised2/sonar/index.htm>

<http://www.robozes.com/PFC/2.%20Desarrollo%20robot.PDF>

<http://www.mundobot.com/tecnica/sonar/spsonar.pdf>

<http://www.utp.edu.co/php/revistas/ScientiaEtTechnica/docsFTP/154251107-112.pdf>

<http://decsai.ugr.es/~lcv/Docencia/itmia/Documentos/Nomad200/Intro.htm>

<http://ants.dif.um.es/~humberto/papers/2000-waf.pdf>

<http://www.cs.brandeis.edu/~miguel/Tesis.pdf>

<http://www.depeca.uah.es/docencia/ING-TELECO/sec/senso3.pdf>

[http://picmania.garcia-cuervo.com/Proyectos\\_AUX\\_SRF04.htm](http://picmania.garcia-cuervo.com/Proyectos_AUX_SRF04.htm)