

PROTOTIPO EXPERIMENTAL DE UN SISTEMA DE DETECCIÓN DE OBJETOS POR MEDIO DE IMÁGENES Y SENSORES PARA INVIDENTES (DOMIS).

PRESENTADO POR:

JHON HAROLD CORTES VALENCIA

LEWIS ALEXANDER CASTAÑO ACOSTA

WILTER HAROLD MORALES ARISTIZABAL

DIRECTOR:

Ing. FRANCISCO ALEJANDRO MEDINA

Trabajo de grado presentado
como requisito para optar
al título de:
Ingeniero en Mecatrónica

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE TECNOLOGÍAS
INGENIERIA EN MECATRÓNICA
PEREIRA
2010**

**PROTOTIPO EXPERIMENTAL DE UN SISTEMA DE
DETECCIÓN DE OBJETOS POR MEDIO DE
IMÁGENES Y SENSORES PARA INVIDENTES
(DOMIS).**

PRESENTADO POR:

JHON HAROLD CORTES VALENCIA

LEWIS ALEXANDER CASTAÑO ACOSTA

WILTER HAROLD MORALES ARISTIZABAL

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE TECNOLOGÍAS
INGENIERIA EN MECATRÓNICA
PEREIRA
2010**

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto de grado, si bien ha requerido de esfuerzo y mucha dedicación por parte de los autores y su director de tesis, no hubiese sido posible su finalización sin la cooperación desinteresada de todas y cada una de las personas que a continuación se citarán.

Primero y antes que nada, dar gracias a **Dios**, por estar con nosotros en cada paso que damos, por fortalecer nuestros corazones e iluminar nuestras mentes y por haber puesto en nuestros caminos a aquellas personas que han sido soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

Agradecer hoy y siempre a nuestras familias en especial a nuestros padres

Sara Esneda Aristizábal, Gladis Acosta, Gabriela Valencia, Nelson Cortes, María Lina Herrera Leonisa Amézquita y a Katerin Castaño que nos brindan y dan la fortaleza necesaria para seguir adelante.

De igual manera mi más sincero agradecimiento al grupo de invidentes del Jorge roa y en especial a Jhon Jairo Zapata y a los Ingenieros Agustín Muriel quien nos colaboró incondicionalmente para poder desarrollar este proyecto en su parte conceptual, Ingeniero Nicolás Andrés Mejía quien asesoró el proyecto en la parte de implementación del software y el director de tesis Ingeniero Francisco Alejandro Medina.

Y en general quisiera agradecer a todas y cada una de las personas que han vivido con nosotros la realización de este proyecto de grado, con sus altibajos.

Es necesario nombrarlos porque tanto ellos como nosotros, sabemos que desde los más profundo de nuestros corazones les agradecemos el habernos brindado todo el apoyo, colaboración y ánimo.

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del asesor

Ing. FRANCISCO ALEJANDRO MEDINA

Firma del jurado

Firma del jurado

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCION	1
2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	2
3. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACION	3
4. OBJETIVOS	6
5. MARCO DE REFERENCIA	7
6. DISEÑO METODOLOGICO	31
7. RESUMEN	33
8. IMPLEMENTACION ELECTRÓNICA PARA LA RECEPCIÓN DE LAS SEÑALES EMITIDAS POR EL SENSOR	35
8.1 Sensores.....	35
8.1.1 Sensor de proximidad infrarrojo.....	35
8.1.2 Sensor Fotoeléctrico.....	36
8.1.3 Sensor láser.....	37
8.1.4 Sensor ultrasónico.....	37
8.2 Elección del tipo de sensor ultrasónico.....	38
8.3 Elección del dispositivo para tratar señales de sensor.....	42
8.4 Dispositivo programable FPGA.....	43
8.5 Dispositivo programable microcontrolador PIC.....	44
8.6 Implementación y programación del PIC	46

9. DESARROLLO MATEMÁTICO PARA EL TRATAMIENTO DE LAS SEÑALES DE ENTRADA.....	50
9.1 Determinación de la velocidad de sonido en del eco del sensor.....	50
9.2 Determinación de la distancia por medio del la velocidad del eco.....	52
10. DESARROLLO DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN ENTRE EL SENSOR ULTRASÓNICO Y LA COMPUTADORA PERSONAL TIPO NOTEBOOK.....	53
10.1 Principio de comunicación serial.....	53
10.2 Implementación y acondicionamiento de la señal.....	54
10.3 Amplificador operacional.....	54
10.4 PIC implementador de la comunicación.....	55
10.5 Conversor DB9 a USB.....	57
10.5 Esquema del circuito de tarjeta de comunicación.....	58
11. DESARROLLO E IMPLEMENTACION DE UN SOFTWARE QUE DETECTE OBJETOS MEDIANTE UNA CAMARA WEB Y UN MINI LASER INFRAROJO Y QUE ACTIVE UNA SALIDA DE AUDIO DEPENDIENDO DE LA DISTANCIA.....	61
11.1 Percepción.....	61
11.2 Transducción.....	66
11.3 Implementación del software.....	67

12. CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO.....	68
5.1 Implementación del circuito para el sensor ultrasónico.....	68
12.1.1 Cristal de 20MHZ.....	68
12.1.2Regulador de voltaje positivo 78105.....	68
12.1.3 Transistor 2N3904 bipolar del tipo NPN.....	69
12.1.4 Capacitor.....	70
12.1.5 LED.....	70
12.1.6 Terminales.....	71
12.1.7 Resistencia.....	71
12.2 Esquema del circuito de detección para el sensor.....	72
12.3 Implementación de la cámara web y el laser.....	75
12.4 Sistema de alojamiento del prototipo.....	76
13. CARACTERISTICAS MINIMAS DEL DISPOSITOVO LOGICO PROGRAMABLE.....	79
13.1 Características de dispositivo a utilizar.....	83
14. REALIZACION DE PRUEBAS EXPERIMENTALES.....	86
14.1 Rango de medición del dispositivo.....	86
14.2 Tipo de medición a realizar al dispositivo (Sensibilidad y Error)....	87
14.3 Determinación del número de mediciones.....	88
14.4 Análisis realizado al prototipo.....	89
15. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	96
BIBLIOGRAFIA.....	98
ANEXOS.....	101

LISTA DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Población Con Limitación Visual En Colombia.....	9
Tabla 2. Población Con Limitación Visual En Risaralda.....	11
Tabla 3. Sensores ultrasónicos.....	39
Tabla 4. Otras características principales del SRF05.....	39
Tabla 5. Características de PIC's comerciales más relevantes.....	45
Tabla 6. Características del PIC 16f84A.....	55
Tabla 7. Datos de calibración.....	65
Tabla 8. Datos de distancia calculados y reales.....	66
Tabla 9. Datos de distancia calculados entre 30cm y 100cm.....	89
Tabla 10. Datos obtenidos entre 30cm y 100cm.....	90
Tabla 11. Datos de distancia calculados entre 101cm y 100cm.....	92
Tabla 12. Datos obtenidos entre 101cm y 150cm.....	92

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Parlante.....	14
Figura 2. Refracción Óptica.....	17
Figura 3. Reflexión total.....	18
Figura 4. Placa normalizada.....	19
Figura 5. Como funciona el haz de luz.....	20
Figura 6. Modo de reflexión de la luz.....	20
Figura 7. Modo de reflexión de la luz por espejo triple.....	21
Figura 8. Forma de espejos tridimensional.....	22
Figura 9. Barrera fotoeléctrica.....	23
Figura 10. Distancia de actuación del haz de luz.....	24
Figura 11. Red de Petri.....	28
Figura 12. Funcionamiento del dispositivo diagrama de bloques.....	34
Figura 13. Sensor infrarrojo.....	36
Figura 14. Sensor fotoeléctrico.....	36
Figura 15. Sensor láser de triangulación.....	37
Figura 16. Sensor ultrasónico SRF05 devatech.....	38
Figura 17. Diagrama de conexiones SRF05.....	40
Figura 18. Diagrama de tiempos SRF05.....	41
Figura 19. Patrón de haz del sensor según distancia.....	42
Figura 20. FPGA Marca Altera.....	43

Figura 21. Microcontrolador PIC 18 pines.....	44
Figura 22. Programa Winpic800.....	46
Figura 23. Programador montado en Protoboard JDM.....	47
Figura 24. Circuito Esquemático del Programador JDM.....	47
Figura 25. Ancho de pulso de acuerdo a la distancia.....	49
Figura 26. Esquema MAX 232	53
Figura 27. Amplificador operacional LM324N	55
Figura 28. PIC 16f84A	55
Figura 29. Configuración MAX232.....	56
Figura 30. Cable conversor DB9 USB.....	57
Figura 31. Diagrama esquemático del circuito de la tarjeta de comunicación.....	58
Figura 32. Impreso de la tarjeta de comunicación realizado en Proteus Ares.....	59
Figura 33. Vistas de la tarjeta de comunicación en 3D.....	61
Figura 34. Modelo para hallar la distancia utilizando una cámara web y un laser.....	62
Figura 35. Interfaz Visual del Software.....	64
Figura 36. Osciladores.....	68
Figura 37. Reguladores de voltaje 78l05.....	69
Figura 38. transistor bipolar NPN Ref. 2N3904.....	69
Figura 39. Capacitores varios.....	69
Figura 40. LED.....	70
Figura 41. Terminal Block 2 Pines.....	71

Figura 42. Resistencias.....	71
Figura 43. Diagrama general del circuito del sensor.....	72
Figura 44. Impreso del circuito del sensor.....	73
Figura 45. Impreso del circuito del sensor.....	73
Figura 46. Vista del circuito de sensor en 3D.....	74
Figura 47. Cámara web convencional.....	75
Figura 48. Apuntador laser convencional.....	75
Figura 49. Alojamiento del prototipo.....	76
Figura 50. Interior de la caja.....	77
Figura 51. Isométrico del sistema de alojamiento.....	78
Figura 52. Vista en tres dimensiones del sistema de alojamiento.....	78
Figura 53. Dispositivo móvil para comunicación y entretenimiento.....	80
Figura 54. Dispositivo móvil para trabajo y entretenimiento marca HP...81	
Figura 55. Dispositivo móvil mini computador personal.....	82
Figura 56. Dispositivo móvil utilizado para el prototipo.....	83
Figura57. Dispersión del error absoluto vs distancia medida.....	90
Figura58. Dispersión del error absoluto %.....	91
Figura 59. Dispersión del error relativo vs distancia medida.....	91
Figura 60. Dispersión del error absoluto vs distancia medida segundo rango.....	93
Figura 61. Error absoluto % vs distancia.....	93
Figura 62. Dispersión del error relativo vs distancia medida segundo rango.....	94

LISTADO DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Programa para el PIC 16f628A.....	101
Anexo B. Programa para el PIC16f84A.....	105
Anexo C: Programa en Visual Basic 6 para la cámara web.....	107
Anexo D: Circuito de la tarjeta para el sensor de obstáculos.....	111
Anexo E: Circuito para la tarjeta de comunicación.....	112
Anexo F: Planos de la estructura en acrílico.....	113
Anexo G: Datasheet Del sensor SRF05.....	114
Anexo H: Datasheet Del PIC 16f628A.....	115
Anexo I: Datasheet Del PIC16f84A.....	116
Anexo J: Fotos del dispositivo.....	117

INTRODUCCION

Debido a que en la actualidad en la población mundial se han acrecentado los casos de invidencia en personas de todas razas y culturas, es necesario desarrollar instrumentos que ayuden a estas personas a adaptarse a un ambiente que no está pensado para ellos limitándolos en sus funciones drásticamente.

En este documento se da a conocer la construcción de un prototipo en su fase inicial, enfocado para que en un futuro sea una ayuda real y económica para personas con discapacidad visual, se utilizan teorías y tecnologías ya existentes como los sensores y cámaras para ubicar un objeto en un entorno y dar información sobre su distancia mediante información sonora y vibratoria.

El proyecto tiene como fin establecer los parámetros básicos de construcción para este prototipo aplicando los conocimientos adquiridos durante los estudios de pregrado en Ingeniería Mecatrónica para la implementación de su parte física *hardware* como en su parte lógica o programable *software*, luego someter el prototipo a pruebas para verificar su funcionalidad y dejar una puerta abierta para que en el futuro los estudiantes de la Universidad Tecnológica de Pereira o del Sena se interesen por este tipo de proyectos para beneficiar la comunidad en general.

Finalmente este proyecto será llamado.

Prototipo experimental de un sistema de identificación de objetos por medio de imágenes y sensores para invidentes (DOMIS).

2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Desde el principio de la humanidad los seres humanos han llegado a ser exitosos debido a su gran capacidad de adaptación al entorno, lo cual han logrado gracias a que se encuentran dotados de excelentes sentidos fisiológicos que permiten percibir el ambiente en que se desempeñan, pero: ¿Qué pasaría si uno o más de esos sentidos no fueran funcionales? Nuestra percepción del mundo cambiaría drásticamente y estaríamos en “desventaja” con respecto al resto de nuestros similares y aún más, cuando el sentido que se pierde es la vista.

Este fenómeno, se ha presentado a través de la historia y se ha tratado de suplir de una u otra forma controlando el ambiente en el que habitan, lo que crea dependencia a dicho entorno, fuera del cual no se pueden desenvolver. Pero enfocar este problema desde el punto de vista de adaptación de la persona al ambiente es un poco más delicado y tratar de reemplazar este sentido ha sido dispendioso por su complejidad, incluso con los avances tecnológicos que se han dado hasta la actualidad.

Una persona con deficiencia visual, se ve abocada necesariamente a utilizar sus otros sentidos como reemplazo del que se perdió, a reorganizar su cerebro para que se acomode a una nueva visión del mundo, un ejemplo palpable de esto es la agudización de su oído, tacto y olfato.

A muchas de estas personas les gustaría que se les ayudara en esta transición, a través de la maximización de los otros sentidos que poseen, con el propósito de tener un esquema fiable del entorno en el que se desenvuelven. Pero debido a que la población afectada por este fenómeno es poca con relación a la población en general, su estudio no se ha profundizado en gran medida y solo las personas directamente afectadas se interesan por ello.

Otros factores que inciden en el desinterés de este tipo de fenómenos son:

- Poca asignación de presupuesto para trabajar con esta población.

- Falta de consciencia por parte de la sociedad frente a la incidencia gradual y constante de este tipo de problemas.
- Estigmas relacionados con respecto a esta situación.

Por lo anterior, es relevante anotar que esta población en muchas ocasiones se vea desamparada y sin la atención adecuada para sus necesidades, obligándolas a adaptarse a su entorno de una forma muy dependiente y no autónoma. Por ende es necesario realizar estudios conscientes de este problema tanto a nivel regional como nacional para crear dispositivos de bajo costo; haciendo uso de las nuevas tecnologías de manera que sirvan de solución para que los invidentes sean en algún grado autónomos y puedan adaptarse al ambiente en lugar de que este se adapte a ellos.

3. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACION

Es relevante resaltar procesos que permitan tener una percepción clara de la problemática objeto de esta investigación por ejemplo:

En el mundo existen compañías que se dedican a construir dispositivos de detección de obstáculos que mejoran el desempeño del invidente en su deambulación, pero que tienen un costo muy alto los cuales pueden tener un valor de hasta 300 euros, valor que se obtuvo de un dispositivo de bolsillo para la detección de obstáculos presentado en un congreso llamado TIFLOINNOVA realizado en septiembre de 2005 en España”

La mayoría de dispositivos de reconocimiento de obstáculos de bajo costo son aparatos que detectan distancias en el orden de los centímetros, son sensores utilizados en la tecnología de los robots móviles y son utilizados ya sea para que el robot no se salga de un espacio o para el reconocimiento de colores. Si se utiliza un dispositivo de detección de obstáculos en el rango de los centímetros no le da posibilidad de reacción al usuario. También se pueden desarrollar sensores con integrados tales como codificadores y decodificadores de señales u otros que puedan hacer una adquisición para la construcción del sensor los cuales se encuentran en el mercado. Este tipo de sensores de fabricación casera pueden funcionar por vía infrarroja o por ultrasonido, pero su calibración se hace compleja debido a los problemas de ruido, exactitud en la lectura, ancho de pulso, haz de luz, ente otros, lo cual hace que sea necesario adaptarles filtros para corregirlos. Como consecuencia, el circuito queda de un tamaño notable, pierde distancia y queda muy incómodo para el usuario.

La idea general es ofrecer al invidente la posibilidad de tener nuevas habilidades para detectar cosas que se encuentren a su alrededor. En un congreso internacional que se realizó en Madrid España en noviembre del 2005, donde muchos expositores de todo el mundo llevan sus inventos que son destinados hacia personas invidentes en un evento llamado TIFLOINNOVA, se mostraron muchos detectores de obstáculos los cuales eran de bolsillo, muy cómodos y que detectaban la presencia de un objeto con sonidos pero el problema es que el precio lo hacía poco asequible.

El Grupo de Bioingeniería del Instituto de Automática Industrial en España desarrolló en una de sus líneas de investigación de maestría un dispositivo Ultrasónico Detector de Obstáculos, para la ayuda en el desplazamiento de personas invidentes, el cual es un bastón y en su punta final tiene el sensor de ultrasonido, el cual puede hacer una alarma sonora o una alarma vibratoria según la escogencia del usuario.

Nahir Salazar, una estudiante de la Universidad Pedagógica de Bogotá (Colombia) en el II Congreso Iberoamericano de Comunicación Alternativa y Aumentativa realizado en Viña del Mar Chile en noviembre de 1996, habló sobre la construcción y el diseño de un sistema Trébol. En la génesis del sistema TREBOL, dentro del proyecto CYTED Nuevas Tecnologías para la Autonomía Personal de los Discapacitados, plantearon una solución al problema de detección de obstáculos con un sistema económico y fiable que presentara una combinación tanto como detector de obstáculo como de percepción somera del entorno por localización de referencias para ayuda a la orientación. Así, una vez seleccionado el principio ultrasónico con la técnica pulsó eco como el más adecuado, se configuró el sistema disponiendo un frente central de detección y dos laterales a izquierda y derecha con los fines anteriormente apuntados. Este dispositivo está constituido por un cabezal sensor colocado a la altura del pecho y una unidad electrónica que a modo de petaca se suspende del cinturón y que realiza las funciones de excitación, recepción, procesamiento y comunicación de la información al usuario por señales acústicas convenientemente codificadas¹.

De acuerdo al abordaje contextual el desarrollo de este tipo de prototipos es pertinente, ya que la población actual se está viendo abocada a la pérdida de la visión por factores como la diabetes que cada día afectan más y más a una gran parte de seres humanos, provocando desafortunadamente estas consecuencias. El aumento del estudio de estos problemas y su solución es necesario en la

¹ RINCÓN RUIZ, Juan. Diseño y construcción de un dispositivo electrónico para la Detección de obstáculos, como ayuda a personas con discapacidad visual. Trabajo de grado (Ingeniero de Diseño y Automatización Electrónica). Bogotá D.C; Universidad de la Salle. Facultad Ingeniería de Diseño & Automatización Electrónica. 2008. 95 p.

actualidad para estar a tono con las tendencias mundiales; con este prototipo, se pretende dar los primeros pasos para ayudar a la población vulnerable.

También, se trata de abrir una puerta para que otras personas pertenecientes a la academia, se interesen en el tema, planteando intervenciones desde un enfoque tecnológico que garanticen soluciones que repercutan directamente en la sociedad y que promuevan la extensión social a través de la prestación de servicios a la comunidad a nivel local y regional.

Finalmente, se pretende realizar un prototipo económico y funcional para que las personas con limitación visual se vean beneficiadas y se pueda masificar su uso.

4. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un prototipo de detección de objetos que a través de una cámara convencional y sensores, informe de la presencia de los obstáculos que puedan encontrarse en determinada área.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar las características mínimas que debe cumplir el dispositivo electrónico que servirá de plataforma y con base en esto elegir cuál se utilizará buscando minimizar costos y que haya disponibilidad en el mercado.

Hacer el desarrollo electrónico para la recepción y tratamiento de las señales emitidas por los sensores.

Implementar el sistema de comunicación para el envío y recepción de señales entre los sensores, la cámara y las salidas de audio con el dispositivo electrónico programable.

Construir un prototipo funcional que me permita realizar pruebas experimentales.

5. MARCO DE REFERENCIA

MARCO HISTÓRICO

En la antigüedad los hombres que presentaban algún tipo de discapacidad eran dejados a un lado en su comunidad y eran rezagados a cumplir otro tipo de actividades diferentes a las que se dedicaban diariamente, esto conllevaba a que muchos de estos individuos se encontraran solos y desamparados, movidos por este sentimiento, se veían obligados a buscar formas o idear los medios para poder defenderse dentro de su entorno. Los primeros pasos fueron valerse de otro individuo que les servía de lazarillo, posteriormente, se valió de cosas que encontraba en su entorno como pedazos de ramas de árboles, lianas, entre otros.

Para el caso de los invidentes las ramas de los árboles se convirtieron en uno de los dispositivos más usados por los individuos con discapacidad durante muchos años y fueron evolucionando a través del tiempo hasta convertirse en bastones, los cuales encontramos actualmente, fabricados en diferentes materiales y con gran variedad de diseños, alcanzando gran aceptación en la sociedad y un alto nivel de utilización.

No obstante, con la evolución de los humanos vino el adiestramiento de animales salvajes como los lobos, que fueron utilizados para labores de caza y domésticas entre otras funciones, hasta llegar a desarrollar gran cantidad de habilidades como para ser un apoyo a personas en estado de discapacidad física.

Existen documentos gráficos del mundo del arte que muestran que los perros lazarillo existían desde hace muchos cientos de años. En 1819, el Sr. Klein, fundador del Instituto para el adiestramiento de los ciegos de Viena, publicó un libro sobre la educación de los ciegos.² En este libro se hace referencia al tema de adiestramiento de perros usados como guardianes, y cómo los invidentes podían servirse de estos perros al igual que de los bastones para mejorar su condición. En la actualidad estos perros gozan de un alto grado de aceptación y utilización.

En 1829 el francés Louis Braille, creador del sistema de lectura para invidentes Braille, publicó el primer libro con su novedoso sistema.³

² <http://www.arrakis.es/~nnui/historia.htm>

³ <http://www.nodo50.org/utlai/lucer11.htm>

La incursión de la tecnología al campo de los invidentes ha sido reciente y se ha basado prácticamente en adaptar técnicas ya existentes utilizadas en otras áreas. el caso del ultrasonido es una de ellas, este tipo de dispositivo fue creado en 1883 gracias al señor Galton quién fue el que creó el primer resonador a alta frecuencia, elemento básico en la generación del ultrasonido.⁴ Inicialmente fue utilizado para reconocimiento aéreo en la segunda guerra mundial, luego su uso se trasladó a otros campos y en la actualidad existen varios dispositivos con este tipo de elementos por ejemplo: Bastones para ayudar a los invidentes.

Otra de las tecnologías que ha sido aplicada en el desarrollo de mecanismos para invidentes es la toma de imágenes y reconocimiento de ellas, indudablemente si hablamos de imágenes tenemos que conducirnos directamente a las videocámaras y su evolución a través del tiempo.

La primera cámara practica, se creó alrededor de los años 80 aunque su origen proviene desde 1969 con una captura de fotos en movimiento creada por Alexander Bell,⁵ en la actualidad existen en diferentes presentaciones y de tamaño cada vez menor con resolución extraordinaria. Entre las muchas variantes de este gran descubrimiento, se encuentra la Webcam que es clave para esta investigación.

Esta como tantas otras es una evolución de la cámara tradicional y se desarrolló en 1991 para suplir una necesidad en la universidad de Cambridge.⁶ Y ha evolucionado en su aspecto a lo largo del tiempo, siendo el éxito más rotundo la miniaturización y el poder de adaptarse a todo tipo de programas en un computador personal (PC), tanto para diversión como para investigación.

En el campo de la invidencia estas cámaras han desempeñado un papel muy importante, pues son la base de muchas investigaciones actuales y sus señales son utilizadas para alimentar otros sistemas que codifican y dan una respuesta táctil e incluso luminosa a personas con discapacidad visual. Algunos de los dispositivos más reconocidos son:

- Implementación de electrodos en la corteza cerebral que emiten señales gracias a la imagen que proporcionada por una cámara (1997).

⁴ <http://jenner.galeon.com/historia.htm>

⁵ http://es.wikipedia.org/wiki/Historia_de_la_fotograf%C3%ADa

⁶ http://es.wikipedia.org/wiki/C%C3%A1mara_web

- Implementación de un dispositivo en la lengua que utiliza imágenes para informarle a la persona que está viendo (2005).
- Utilización de una cámara para que emita señales a una retina biónica (2009).

MARCO CONTEXTUAL

Para determinar la pertinencia del desarrollo de este proyecto en la región, se ha hecho un estudio de los indicadores a nivel nacional y en particular del departamento de Risaralda, en los cuales se puede dar una base cuantitativa para la cantidad de personas con incapacidad visual que podrían verse beneficiadas con un desarrollo tecnológico de este tipo.

A partir del año 2001, el Ministerio de Educación Nacional y el DANE iniciaron un proceso de concertación interinstitucional con el fin de avanzar en el "Diseño del Marco Conceptual de un Sistema de Información" orientado a conocer el verdadero estado de la discapacidad y apoyar los procesos de planificación desde los territorios. Para ello se diseñó, y ha venido realizando el "Registro para la Localización y Caracterización de las Personas con Discapacidad".

Como resultado de este proceso, se cuenta a Marzo de 2009 con información de un total de 231.072 personas con discapacidad visual, en 856 municipios de 32 departamentos y Bogotá. Los datos consolidados de carácter general y sus condiciones socioeconómicas, la información a nivel nacional se detalla en la Tabla 1⁷ y a nivel de Risaralda en la Tabla 2.

Tabla 1. Población con Limitación Visual En Colombia

REGISTRO DANE - POBLACION CON LIMITACIÓN VISUAL Corte Marzo 2009 DEPARTAMENTOS Y MUNICIPIOS

DEPARTAMENTOS	GRUPOS DE EDAD							Total
	0 a 5	06 a 13	14 a 20	21 a 30	31 a 44	45 a 59	60 y mas	
AMAZONAS	32	64	46	54	133	243	312	884
ANTIOQUIA	430	1,531	930	1,104	1,85	2,991	5,501	14,338
ARAUCA	36	74	67	73	136	212	733	1,331
ATLANTICO	154	512	312	332	592	992	2,369	5,263

⁷ http://www.inci.gov.co/info_estadistica.shtml

BOGOTA	918	3,757	2,79	3,231	6,3	14,83	32,872	64,701
BOLIVAR	89	391	275	333	690	1,264	3,022	6,064
BOYACA	116	805	573	434	785	1,396	4,848	8,957
CALDAS	61	356	209	190	376	941	2,487	4,62
CAQUETA	51	264	170	217	507	892	1,587	3,688
CASANARE	90	241	144	210	355	752	2,773	4,565
CAUCA	145	511	364	395	701	1,412	3,514	7,042
CESAR	228	684	430	472	938	1,424	2,416	6,592
CHOCO	6	31	35	31	79	157	227	566
CORDOBA	222	525	371	440	828	1,338	4,413	8,137
CUNDINAMARCA	184	633	493	560	994	1,727	4,695	9,286
GUAINIA	0	3	3	5	8	24	33	76
GUAVIARE	4	40	12	31	59	114	184	444
HUILA	158	732	432	381	676	1,249	3,871	7,499
LA GUAJIRA	68	177	154	196	396	734	1,257	2,982
MAGDALENA	51	104	77	78	192	322	804	1,628
META	23	88	67	70	152	286	705	1,391
NARIÑO	321	1,207	795	914	1,71	3,249	7,595	15,794
NORTE DE SANTA	70	161	153	151	353	585	1,523	2,996
PUTUMAYO	64	222	144	181	343	589	918	2,461
QUINDIO	54	164	122	127	238	424	1,134	2,263
RISARALDA	68	537	441	440	778	1,806	2,814	6,884
SAN ANDRES	1	17	16	16	27	58	106	241
SANTANDER	67	227	218	261	571	1,135	2,525	5,004
SUCRE	109	318	283	292	628	1,323	3,278	6,231
TOLIMA	218	678	477	487	958	2,058	6,949	11,825
VALLE	282	945	847	1,041	1,87	3,769	8,431	17,187
VAUPES	3	6	4	5	4	8	15	45
VICHADA	2	8	6	9	4	23	35	87
Total	4,325	16,01	11,5	12,76	24,2	48,33	113,95	231,07

(Fuente: www.inci.gov.co)

Tabla 2. Población Con Limitación Visual En Risaralda

DEPARTAMENTO DE RISARALDA Y MUNICIPIOS									
DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	Grupos de Edad (Años)							Total
		0 a 5	06 a 13	14 a 20	21 a 30	31 a 44	45 a 59	60 y mas	
RISARALDA	APIA	2	14	7	3	8	11	36	81
	BELEN DE UMBRIA	0	1	1	5	3	12	34	56
	GUATICA	4	4	2	9	10	14	22	65
	LA CELIA	3	5	2	4	7	16	47	84
	MARSELLA	2	2	1	2	1	5	11	24
	MISTRATO	0	5	2	2	1	7	15	32
	PEREIRA	41	401	350	365	617	1,389	1,92	5,083
	PUEBLO RICO	1	7	9	4	1	15	52	89
	QUINCHIA	6	23	9	5	13	23	68	147
	SANTA ROSA DE CABAL	6	73	54	35	112	307	567	1,154
	SANTUARIO	3	2	4	6	5	7	42	69
	Total	68	537	441	440	778	1,806	2,81	6,884

(Fuente: www.inci.gov.co)

Con este prototipo se pretende que la Universidad Tecnológica de Pereira y dentro de ella la Ingeniería en Mecatrónica siga el lineamiento de adaptación de las nuevas tecnologías mundiales enfocadas a solucionar problemas propios de una región como el eje cafetero y proponer a sus ciudadanos discapacitados soluciones propias adaptadas a esta ubicación geográfica. Por lo tanto este prototipo va a tener un rango de cobertura inicial correspondiente la comunidad invidente situada en la ciudad de Pereira.

MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL

Este tipo de prototipos están basados primordialmente en la utilización de nuevas tecnologías que pueden ser adaptadas para el beneficio de la humanidad a través de la creación de dispositivos que le permitan a una persona con discapacidad visual recuperar en alguna forma ese sentido. En la actualidad existen todo tipo de mecanismos electrónicos que permiten obtener o percibir el ambiente y a su vez percibir este tipo de ambiente de una forma extrasensorial.

El prototipo a realizar, se basa en la sinergia de dos tecnologías, por medio de las cuales se realiza un registro del entorno. Una es la ultrasónica, que utiliza un sistema de retroalimentación perfeccionado por los murciélagos desde tiempos inmemorables estos emiten una serie de chillidos que rebotan en el entorno y regresan hacia ellos captando las variaciones de este con sus orejas. De la misma forma un sensor de ultrasonido emite y percibe superficies por medio de un sonar que emite frecuencias de sonido altas, hasta 20Khz por encima del rango auditivo del ser humano, el cual es enviado hacia el entorno de manera que al encontrarse con algún obstáculo, la onda sonora rebote y sea captada nuevamente por un elemento receptor que recoge la información y da una señal de salida dependiendo del tiempo que tome en regresar dicha onda. Con lo cual, se puede determinar la distancia y el tamaño de dicho obstáculo, este tipo de sensores es muy utilizado para registrar magnitudes físicas en un entorno donde se requiera la no invasión de un espacio.

La otra se basa en la captación de imágenes a través de una cámara por el método tradicional de captura de fotones de luz por medio de una red de sensores sensibles a esta, Una cámara de video digital captura, convierte y permite almacenar imágenes estáticas o en movimiento. Existe una inmensa gama de éstas, desde los sistemas profesionales hasta los domésticos, Una videocámara es como un ojo humano su primer componente son las lentes, por donde ingresan las imágenes en forma de luz. Mientras más puro sea el material con el que se elaboran, habrá menos defectos cromáticos y la calidad será mucho mejor Al ingresar a las lentes, la luz se descompone en colores primarios: rojo, verde y azul, que son captados mediante un sistema denominado CCD (*Charge-Coupled Device*, dispositivo de cargas eléctricas interconectadas), un circuito integrado que reemplazó a la tecnología de bulbos. Las cámaras de video pueden usar uno o tres CCD, si se quiere una mejor calidad. La energía luminosa de cada color se transforma en energía eléctrica, y luego se digitaliza en algún medio de almacenamiento, como pueden ser cintas, DVD o memorias de estado sólido.

La información recopilada luego es tratada como un conjunto de instrucciones y datos codificados mediante lenguajes de programación como Java y C++ para que puedan ser leídas e interpretadas por una hardware, este tipo de tratamiento se denomina software de reconocimiento de imágenes el cual se enfoca en percibir cambios de luz determinando así la presencia de algún objeto, la distancia a la que se encuentra, su geometría dimensiones, entre otras características.

El tratamiento de estas señales está orientado para obtener una respuesta con base en lo que se percibe. Este proceso, se lleva a cabo con la utilización de un microcontrolador que es programado utilizando redes de Petri y lógica difusa, entre otros.

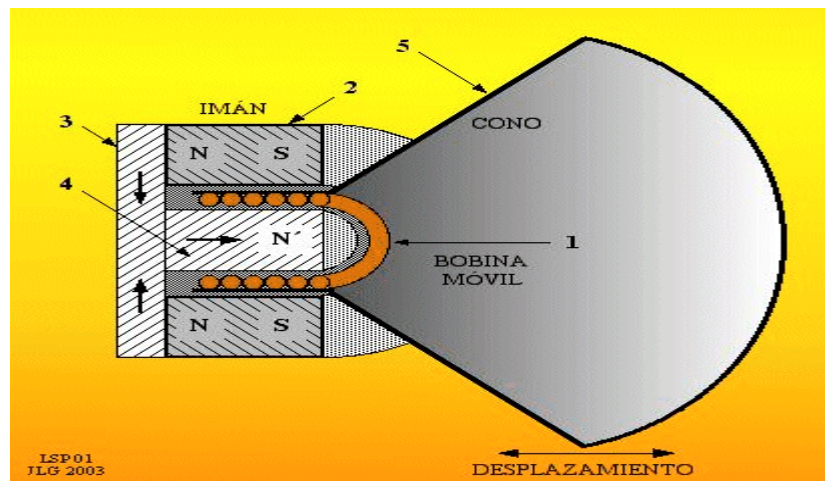
La salida obtenida debe estar dirigida a un emisor de señales sonoras por medio de parlantes o transductor que es un dispositivo que transforma un tipo de energía en otro. Un parlante (o altavoz) de bobina móvil es un transductor electro-mecánico, que transforma energía eléctrica contenida en una corriente eléctrica, en energía sonora, Específicamente un parlante sirve para convertir la información (voz, música, sonidos en general) transportada por una señal eléctrica, en una señal audible para el ser humano (entre 20-30 Hz y 16-20 KHz aproximadamente) el voltaje de salida del amplificador de un equipo tiene las variaciones del sonido que se quiere reproducir. Si se conecta la salida del amplificador a la bobina móvil, circula una corriente con las variaciones correspondientes al sonido. Debido a un principio básico de la *Naturaleza* (Ley de *Ampère*, una de las 4 leyes del Electromagnetismo), la corriente en la bobina genera un campo magnético con las variaciones de la señal de interés.

Si la bobina móvil está inmersa en una región con campo magnético, existirán fuerzas atractivas y repulsivas entre la bobina y el imán, debidas al campo variable de la bobina y al campo estático del imán. Si el imán está fijo, estas fuerzas producirán el movimiento de la parte móvil, la bobina. La forma de obtener una señal acústica de esto, es entonces adherir a la bobina un cono que mueva el aire que le rodea.

La mayoría de los parlantes de bobina móvil tienen 5 partes básicas (ver figura 1):

1. **Bobina móvil** cilíndrica, de material liviano y alambre de cobre.
2. **Imán permanente** anular, generalmente cerámico (ferromagnético), Magnetizado axialmente.
3. Disco posterior magnético blando, generalmente metálico (Ferromagnético).
4. **Cilindro concéntrico magnético blando**, generalmente metálico (ferromagnético), concéntrico con el disco (3) y la bobina (1).
5. 'cono' o diafragma cónico de cartón o plástico, adherido a la bobina (1).

Figura 1. Parlante.



(Fuente: www.profisica.cl)

En la figura 1. se han indicado los polos magnéticos N y S del imán, correspondientes a un posible sentido de magnetización axial, y se ha esquematizado con 3 flechas el sentido del flujo magnético estático (del imán) dentro del circuito magnético. Este "circuito" está formado por el imán y las dos piezas ferromagnéticas (disco posterior y cilindro central), con entrehierro o GAP anular en la zona donde está la bobina. El campo magnético del imán es guiado por el material permeable ferromagnético del circuito, y se cierra (debido a la Ley

de Gauss del Magnetismo) a través del GAP entre el polo S del imán y el polo N' inducido en el cilindro central.

La corriente eléctrica variable interactúa con el campo estático, produciéndose una fuerza magnética (de Lorentz) sobre la corriente (y por lo tanto sobre la bobina). La magnitud de esta fuerza es proporcional a la intensidad del campo estático y a la intensidad de la corriente. Por lo tanto la fuerza sobre la bobina seguirá las variaciones de la corriente, y además, su principal componente está en la dirección axial, ya que la fuerza de Lorentz es perpendicular al plano que forman la corriente y el campo magnético. Por lo tanto, la bobina se desplaza longitudinalmente según las variaciones de la corriente.

Como la bobina móvil se encuentra adherida al cono, éste se mueve desplazando el aire hacia atrás y adelante (como se esquematiza con una doble flecha), generando longitudinalmente ondas elásticas de presión (es decir, ondas acústicas). De éstas, las que varían aproximadamente entre unos 20 y 20000 ciclos por segundo (20 Hz - 20 Khz), son audibles (sonoras), porque producen vibraciones en pequeños huesos del oído, que son detectadas por el sistema auditivo humano.

Los terminales eléctricos de la bobina móvil, en principio no tienen polaridad. Sin embargo, cuando el equipo tiene más de un parlante, es importante que las ondas sean emitidas en fase (para evitar distorsión), y por lo tanto, uno de los terminales se indica como positivo con un "+" o con una marca de color rojo. La convención más usada es que si se conecta una pila a la bobina móvil, el cono se mueve hacia adelante cuando el positivo de la pila está conectado al Terminal rojo del parlante.

Los teléfonos solo requieren parlantes para reconocer la voz humana, y generalmente reproducen bien el rango 350 - 3500 Hz. Pero cuando un equipo de música usa un único parlante, éste debe cubrir un rango mayor de frecuencias de sonido, y por lo tanto se utilizan los denominados parlantes de "rango extendido". Sin embargo, este tipo de parlantes suele atenuar las frecuencias muy bajas y/o las muy altas. Por lo tanto, en alta fidelidad ("Hi-Fi") se utilizan tipos especializados de parlantes.

Muchas cajas acústicas o "*Baffles*", poseen un parlante de rango extendido con un parlante de baja frecuencia denominado "*Woofers*", diseñado para reproducir eficientemente sonidos bajo los 2 Khz (cono de mayor diámetro y material más flexible). Otros tienen además un transductor de alta frecuencia más pequeño,

denominado "*Tweeter*" (cono de mucho menor diámetro y más duro). Algunos tienen hasta un cuarto transductor denominado "*Supertweeter*", para las frecuencias más altas. Sin embargo, hay que destacar que muchos de estos transductores de alta frecuencia están basados en un principio físico diferente, ya que no tienen bobina móvil. En cambio, utilizan cristales piezoeléctricos que se contraen y dilatan según el voltaje aplicado.

En la actualidad, como las bobinas tienen alambre de cobre, la impedancia de la bobina de los parlantes es de 4 a 32 Ohm (generalmente 8 Ohm), mientras que los que utilizan piezoeléctricos, tienen una impedancia muchísimo mayor, ya que son materiales dieléctricos no conductores.

En general, los terminales negativos de los parlantes de un baffle, se conectan todos juntos al negativo de la salida del amplificador, mientras que los positivos pasan a través de un filtro pasivo formado por resistencias, bobinas y condensadores, denominado "divisor de frecuencias". Estos filtros hacen que a cada tipo de parlante llegue sin atenuación solo el rango de frecuencias de interés (sin calentar la bobina con frecuencias que no van a salir fielmente reproducidas).

Con imanes permanentes más potentes (magnéticamente más duros) se pueden fabricar parlantes de mayor potencia, menor atenuación de bajas frecuencias y menor tamaño y peso. Los materiales más utilizados son cerámicos ferromagnéticos de la familia de las "ferritas duras" (óxidos de bario, manganeso, zinc, hierro y otros elementos).

Los "súper imanes de Tierras Raras" con samario, praseodimio y neodimio (elementos químicos de la familia de Tierras Raras) con cobalto, desarrollados en los 70's, y los de neodimio-hierro-boro de los 80's, han permitido tener auriculares miniaturizados de alta fidelidad y buena reproducción de bajas frecuencias, sin necesidad de las cajas plásticas acolchadas que cubrían las orejas. La utilización de estos compuestos intermetálicos ferromagnéticos, produce parlantes de bobina móvil de muchísima mejor calidad en un volumen mucho menor. Este transductor emitirá un mensaje para sugerirle a la persona que hay en su entorno.

Sensores Foto Electrónicos (Ópticos)

La luz como medio detector se emplea en muchos sectores de la técnica y de la vida cotidiana en sistemas de control y regulación. Para ello se evalúa una variación de la intensidad de luz en un segmento óptico (entre emisor y receptor) que es producida por un objeto a detectar. En función de las características de este objeto y de la estructura del segmento óptico se interrumpe el haz luminoso o se refleja, o bien, se dispersa el mismo. Mayoritariamente se utilizan como

emisores LEDs de luz infrarroja a impulsos controlados por reloj y como receptores se utilizan fototransistores. La señal de salida es en gran medida independiente de la iluminación ambiental, ya que la luz visible puede eliminarse fácilmente por filtración. En operaciones de detección vitales se emplean preferiblemente detectores fotoeléctricos, o bien, barreras fotoeléctricas con LEDs de luz roja, porque el haz luminoso y el punto de detección pueden captarse visualmente y ajustarse con mayor facilidad. Para las diversas condiciones de aplicación *Balluff* ofrece tres variantes de sensor: Detectores fotoeléctricos, barreras fotoeléctricas de reflexión, barreras fotoeléctricas unidireccionales.

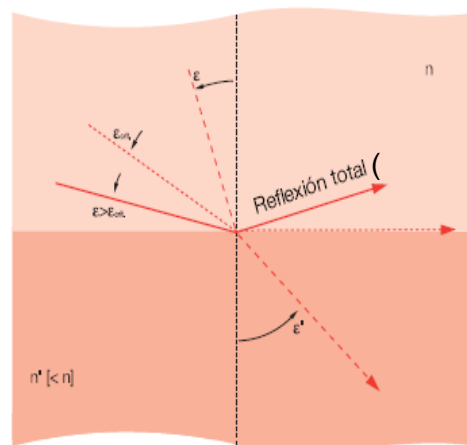
Refracción de luz

Los haces luminosos experimentan un cambio de dirección (Ver figura 2), es decir, una refracción, en la superficie límite de dos medios ópticos con diferente densidad óptica n (p. ej. vidrio/ aire). El grado de la refracción depende del cociente de las densidades ópticas n de ambos medios y del ángulo de incidencia e respecto al eje óptico (ver Ecuación 1)

la referencia a la

$$n' \sin \epsilon' = n \sin \epsilon \quad (1)$$

Figura 2. Refracción Óptica.



(Fuente: www.nortecnica.com.ar)

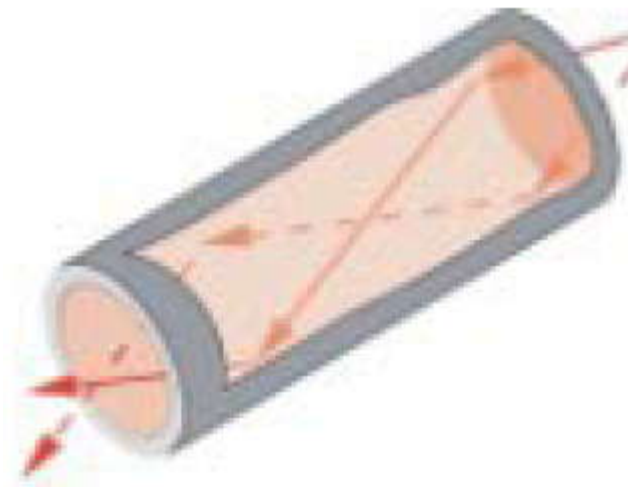
Si un haz luminoso cambia de un medio de densidad n a otro de menor densidad n' , entonces dicho ángulo presenta un ángulo superior ϵ' . Encima de ϵ_{crit} . (ángulo límite en el que el haz refractado pasa paralelamente a la capa límite), sin

embargo, el haz vuelve a penetrar en el medio con la densidad n , es decir, aquí existe una reflexión total.

Conducción de luz por reflexión total

Sin la reflexión total descrita anteriormente en las capas límite, los conductores de fibra óptica no podrían realizarse con la calidad actual. Están compuestos por un núcleo cilíndrico conductor de luz y una vaina de pared fina que rodea el mismo firmemente. La densidad óptica n del núcleo es superior a la de la vaina. Un haz luminoso se refleja totalmente una y otra vez en la capa de separación entre núcleo y vaina y no puede por tanto abandonar el núcleo en dirección radial. Teóricamente la luz no es debilitada por estas reflexiones; sin embargo, las impurezas y las posiciones erróneas tanto en el material de núcleo como también en la capa de separación originan pérdidas y limitan la longitud de conductor de fibra óptica, en la cual queda garantizada una transmisión de información asegurada. (ver figura 3)

Figura 3. Reflexión total.

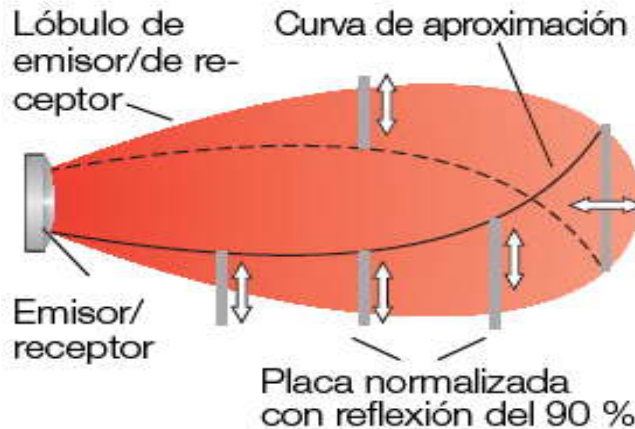


(Fuente: www.nortecnica.com.ar)

Detector fotoeléctrico

En los detectores fotoeléctricos el emisor y el receptor están alojados en una misma carcasa. La alineación respecto a un objeto a detectar prácticamente carece de importancia. Un objeto a detectar (p. ej. una placa normalizada con reflexión del 90 %) devuelve al receptor en la zona del haz luminoso mediante reflexión difusa en su superficie una parte de la luz. Si la placa normalizada alcanza la curva de aproximación (ver figura 4), se realiza una conmutación, es decir, una variación de la señal de salida. La distancia de detección varía en función del tamaño, la forma, el color y las características de la superficie de objeto reflectante. Con una tarjeta gris de Kodak con reflexión del 90 % (~ papel blanco) pueden alcanzarse hasta 2 m.

Figura 4. Placa normalizada.



(Fuente: www.nortecnica.com.ar)

La humedad de aire admisible es de 35...85 % (sin condensación).

Luminiscencia

Para detectar marcas invisibles en objetos, se utilizan las llamadas sustancias fluorescentes (contenidas en tizas, tintas, lacas, etc. especiales) que sólo pueden hacerse visibles con luz ultravioleta (UV). Las sustancias fluorescentes transforman la luz UV invisible (de onda corta, en este caso 380 nm) en luz visible (entre azul 450 nm y rojo oscuro 780 nm). Este efecto se denomina fotoluminiscencia. La luz visible puede entonces ser detectada, como es habitual, por la unidad receptora del sensor.

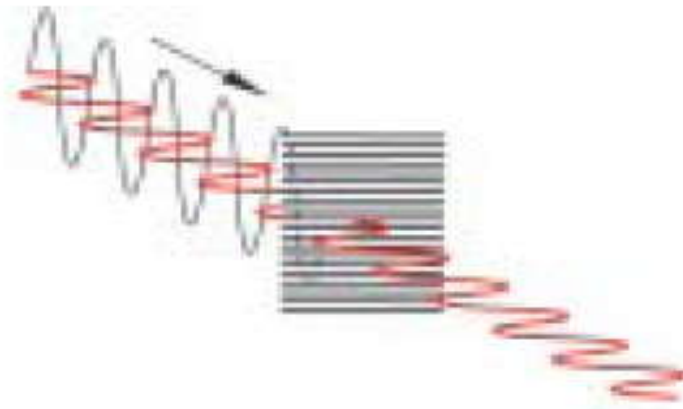
Filtros de polarización

Una parte de la luz de emisor de barreras fotoeléctricas de reflexión es reflejada directamente al receptor por objetos a detectar con superficies brillantes p. ej. de chapa blanca, acero fino o aluminio. Las barreras fotoeléctricas de reflexión sencillas no pueden por tanto distinguir con seguridad entre una "luz de objeto" y una "luz de reflector" reflejadas. De este modo no pueden excluirse detecciones incorrectas. Por este motivo, las barreras fotoeléctricas de reflexión *Balluff* están equipadas alternativamente con filtros de polarización, los cuales forman junto con un reflector *Balluff*, un espejo tipo prisma "Ópticamente activo", en cierta medida una barrera selectiva contra la "luz de objeto" reflejada, pero dejan pasar la "luz de reflector".

¿Cómo funcionan?

La luz está formada por un gran número de “haces individuales” que oscilan todos en forma sinodal alrededor de sus ejes de propagación. Sin embargo, sus planos de oscilación son independientes entre sí y pueden adoptar cualquier posición angular (ver figura 5). Si hacen impacto sobre un filtro de polarización (retículo lineal fino) entonces sólo pueden pasar los haces oscilantes paralelamente al plano reticular, sin embargo, los haces oscilantes perpendicularmente al plano se eliminan por completo. De todos los demás planos de oscilación sólo se permite el paso respectivamente a la parte que corresponda a la componente paralela.

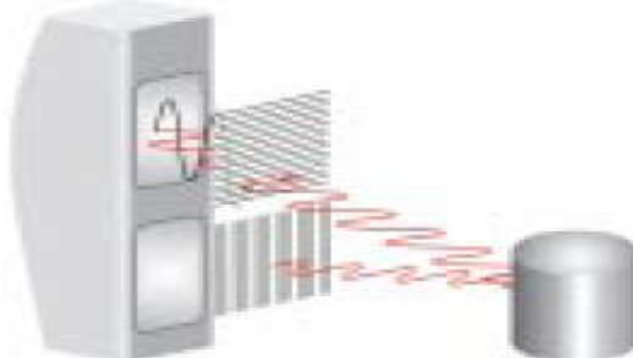
Figura 5. Como funciona el haz de luz



(Fuente: www.nortecnica.com.ar)

Para la supresión de reflexiones por espejos, detrás del filtro la luz oscila sólo paralelamente al plano de polarización. Para esta luz el siguiente filtro de polarización girado 90° constituye una barrera impenetrable. Con un filtro de polarización girado 90° en cada caso delante de la óptica de emisor y de receptor de una barrera fotoeléctrica de reflexión puede evitarse así que la luz reflejada por un objeto a detectar reflectante falsifique la señal del fotorreceptor. (ver figura 6).

Figura 6. Modo de reflexión de la luz



(Fuente: www.nortecnica.com.ar)

Para la localización segura de objetos a detectar reflectantes, por el contrario, la luz reflejada por el espejo triple, cuyo plano de polarización, como se ha descrito anteriormente, está girado 90° , puede atravesar sin obstáculos este filtro. De este modo, el receptor de una barrera fotoeléctrica de reflexión también se oscurece por completo al atravesar un objeto a detectar reflectante y detecta el objeto con mucha seguridad. (ver figura 7).

Figura 7. Modo de reflexión de la luz por espejo triple.



(Fuente: www.nortecnica.com.ar)

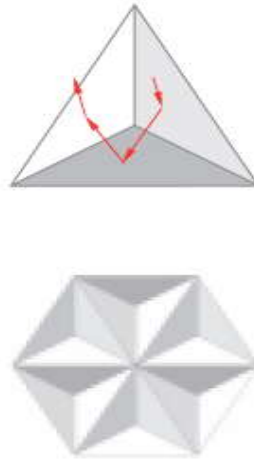
Reflectores

Espejos triples ópticamente activos.

El principio bidimensional descrito anteriormente de la retrorreflexión puede trasladarse a un sistema tridimensional con tres espejos dispuestos perpendicularmente entre sí (un vértice de un cubo apoyado sobre la punta). Un haz luminoso se refleja totalmente en las tres caras y vuelve a salir paralelamente al haz incidente. A estos espejos triples se les denomina “ópticamente activos”, porque giran adicionalmente 90° el plano de polarización del haz luminoso reflejado. Esta propiedad hace posible detectar con seguridad junto con un filtro de polarización objetos a detectar reflectantes con barreras fotoeléctricas de reflexión.

(Ver figura 8)

Figura 8. Forma de espejos tridimensional.



(Fuente: www.nortecnica.com.ar)

Reflexión

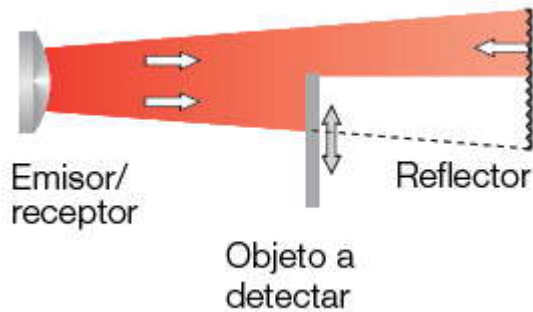
Los haces luminosos se propagan en línea recta en el espacio libre. Si hacen impacto sobre un cuerpo son reflejados por el mismo. En función de las características de acabado superficial del cuerpo se diferencian los siguientes tipos de reflexión:

- Reflexión total
- Retrorreflexión
- Reflexión difusa

Barrera fotoeléctrica de reflexión

En las barreras fotoeléctricas de reflexión el emisor y el receptor se encuentran en una misma carcasa. Un reflector ubicado en el lado opuesto del tramo de detección devuelve la luz del emisor al receptor. Un objeto a detectar interrumpe el haz luminoso reflejado y produce una variación de la señal de salida. En superficies reflectantes se recomienda suprimir la luz reflejada por el objeto con un filtro de polarización delante de la óptica de receptor para evitar así posibles señales incorrectas. Pueden obtenerse alcances de hasta 12 m. (ver figura 9)

Figura 9. Barrera fotoeléctrica.



(Fuente: www.nortecnica.com.ar)

Distancia de actuación

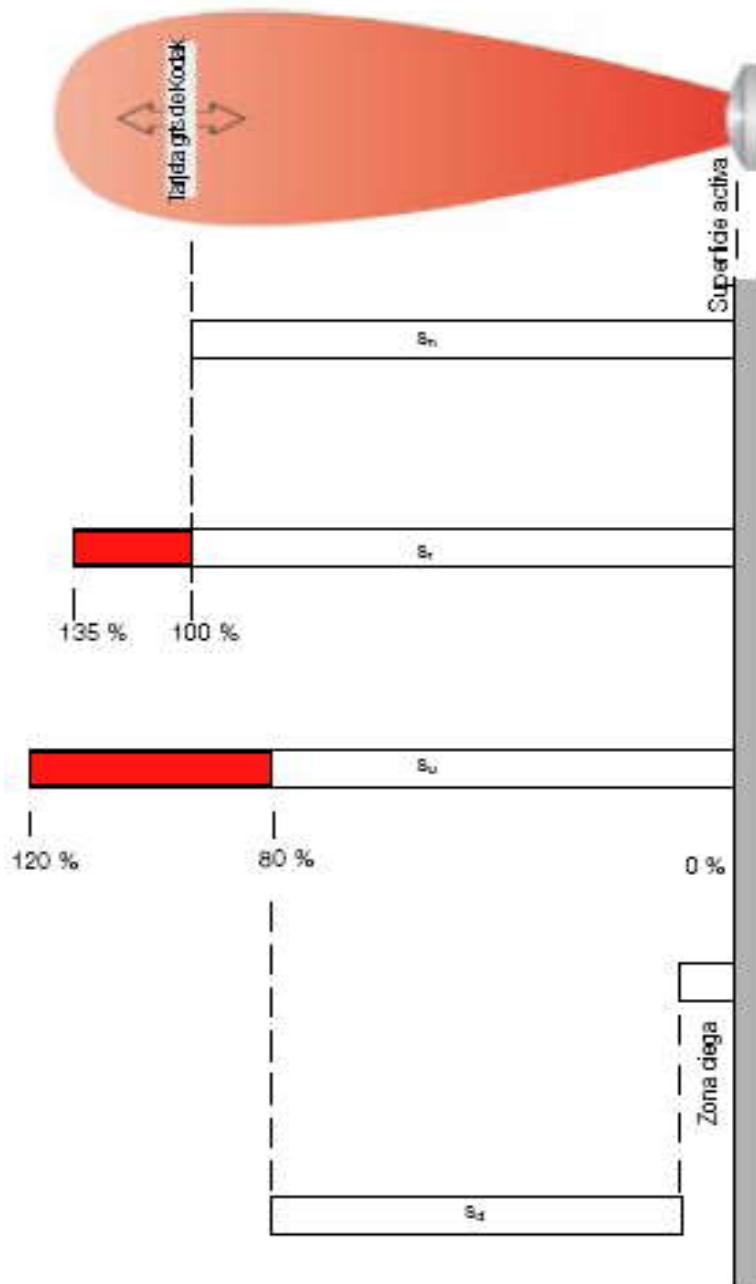
Es la distancia entre la placa normalizada y la “superficie activa” del detector fotoeléctrico en caso de cambio de señal

- **Distancia asignada de actuación s_n :**
Es una magnitud característica de distancia de actuación sin tener en cuenta las tolerancias de fabricación, las dispersiones entre ejemplares e influencias externas como p. ej. la temperatura y la tensión.
- **Distancia de actuación real s_r :**
Es la distancia de actuación con una tensión asignada U_e teniendo en cuenta las tolerancias de fabricación a temperatura ambiente ($T = +23\text{ °C} \pm 0,5$).
- **Distancia de actuación útil s_u :**
Es la distancia de actuación admisible dentro de unos límites de tensión y de temperatura determinados ($0,80\text{ sn} \leq U \leq 1,20\text{ sn}$).
- **Zona ciega:**
Es la zona entre la “superficie activa” y la distancia de actuación mínima en la cual no puede detectarse objeto alguno.

- **Rango de detección s_d :**

Es la zona en la que puede ajustarse la distancia de actuación de un detector fotoeléctrico respecto a la placa normalizada. (ver figura 10).

Figura 10. Distancia de actuación del haz de luz.



(Fuente: www.nortecnica.com.ar)

- **Luz de emisión**
Los sensores ópticos utilizan principalmente los siguientes componentes emisores.
- **LED de luz roja**
Luz visible, óptima como ayuda de alineación y para el ajuste de sensor.
- **LED infrarrojo (IR)**
Radiación invisible con elevada energía.
- **Láser de luz roja**
Luz visible, óptima para la detección de piezas pequeñas y elevados alcances debido a las propiedades físicas del láser.

Dentro de este proyecto es importante clarificar y definir algunos conceptos de acuerdo al abordaje bibliográfico realizado que serán referencia fundamental para el desarrollo de la investigación:

Campo eléctrico: El campo eléctrico asociado a una carga aislada o a un conjunto de cargas es aquella región del espacio en donde se dejan sentir sus efectos. Así, si en un punto cualquiera del espacio en donde está definido un campo eléctrico se coloca una carga de prueba o carga testigo, se observará la aparición de fuerzas eléctricas, es decir, de atracciones o de repulsiones sobre ella.

Capacitancia: Es la capacidad que tienen los conductores eléctricos de poder admitir cargas cuando son sometidos a un potencial. Se define también, como la razón entre la magnitud de la carga (Q) en cualquiera de los conductores y la magnitud de la diferencia de potencial entre ellos (V). Es entonces la medida de la capacidad de almacenamiento de la carga eléctrica.

Deambulaci3n: Acci3n de marchar o de pasearse.

Ecolocalización: Es cuando el animal emite un sonido que rebota al encontrar un obstáculo y analiza el eco recibido, logrando así, saber la distancia hasta el objeto (u objetos), midiendo el tiempo de retardo entre la señal que ha emitido y la que ha recibido.

Efecto Fotoeléctrico: Consiste en la emisión de electrones por un material cuando se le ilumina con radiación electromagnética (luz visible o ultravioleta, en general). Los fotones tienen una energía característica determinada por la longitud de onda de la luz. Si un electrón absorbe energía de un fotón, tiene energía suficiente para salir del material y su velocidad está bien dirigida hacia la superficie, entonces el electrón puede ser extraído del material. Si la energía del fotón es demasiado pequeña, el electrón es incapaz de escapar de la superficie del material. Los cambios en la intensidad de la luz no cambian la energía de sus fotones, tan sólo el número de electrones que pueden escapar de dicha superficie y por lo tanto la energía de los electrones emitidos no depende de la intensidad de la luz incidente, sino de la frecuencia de la radiación que le llega. Si el fotón es absorbido parte de la energía se utiliza para liberarlo del átomo y el resto contribuye a dotar de energía cinética a la partícula libre.

Fotón: Es la partícula elemental responsable de las manifestaciones cuánticas el fenómeno electromagnético. Es la partícula portadora de todas las formas de radiación electromagnética, incluyendo a los rayos gamma, los rayos X, la luz ultravioleta, la luz visible, la luz infrarroja, las microondas, y las ondas de radio.

Impedancia: Oposición de un circuito al paso de una corriente alterna. Se expresa como la relación entre la fuerza electromotriz alterna y la corriente alterna resultante y se mide en ohmios. Consiste de un elemento de resistencia en el cual la corriente y el voltaje están en fase y un elemento reactivo en el cual la corriente y el voltaje no están en fase.

Inductancia: Indica la magnitud del flujo magnético que concatena debido a una corriente eléctrica.

Infrarrojo: El infrarrojo es un tipo de luz que no se puede ver con el ojo del ser humano, lo que si se puede ver se llama luz visible. La luz infrarroja brinda información especial que no se puede obtener de la luz visible. Muestra cuánto calor tiene algún objeto e informa sobre la temperatura de un objeto. Todas las cosas tienen algo de calor e irradian luz infrarroja.

Inteligencia Corporal Cenestésica: Es la capacidad de unir el cuerpo y la mente para lograr el perfeccionamiento del desempeño físico. Comienza con el control de los movimientos automáticos y voluntarios y avanza hacia el empleo del cuerpo de manera altamente diferenciada y competente.

La lógica difusa: Es una metodología que proporciona una manera simple y elegante de obtener una conclusión a partir de información de entrada vaga, ambigua, imprecisa, con ruido o incompleta, en general la lógica difusa imita como un persona toma decisiones basada en información con las características mencionadas. Una de las ventajas de la lógica difusa es la posibilidad de implementar sistemas basados en ella tanto en hardware como en software o en combinación de ambos.

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

Modelo Matemático: Equivale a una ecuación matemática o un conjunto de ellas con base en las cuales podemos conocer el comportamiento de un sistema.

Oscilación: Es la variación, perturbación o fluctuación en el tiempo de un medio o sistema. Si el fenómeno se repite, se habla de oscilación periódica. Oscilación, en física, química e ingeniería, movimiento repetido de un lado a otro en torno a una posición central, o posición de equilibrio. El recorrido que consiste en ir desde una posición extrema a la otra y volver a la primera, pasando dos veces por la posición central, se denomina ciclo. El número de ciclos por segundo, o hercios (Hz), se conoce como frecuencia de la oscilación.

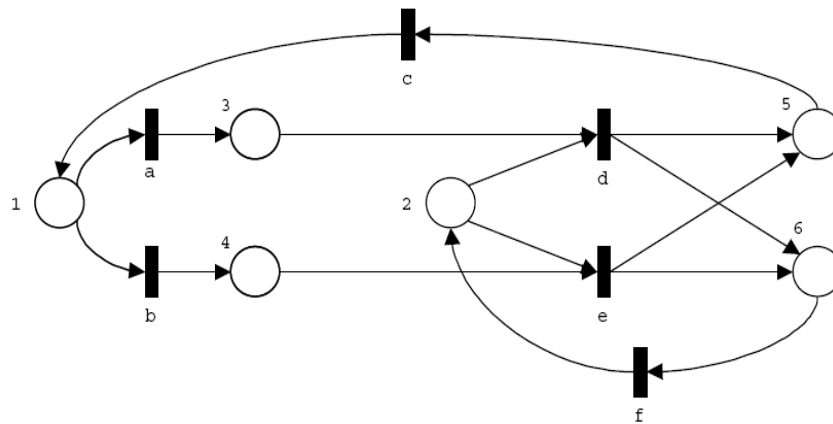
Polarización: Característica de ondas, tales como la luz u otra radiación electromagnética. A diferencia de fenómenos más familiares tales como las ondas en el agua u ondas acústicas, las ondas electromagnéticas son tridimensionales, y la naturaleza del vector es la que da lugar al fenómeno de la polarización.

Red de Petri: Es un grafo bipartito y dirigido (ver figura 11). Un grafo dirigido con dos clases disyuntas de nodos:

- Sitios, representados con círculos, y
- Transiciones, representadas con barras.

Los arcos del grafo van de sitios a transiciones o de transiciones a sitios. Cada sitio desde el que sale un arco hacia una transición H es un sitio de entrada de H; cada sitio al que llega un arco desde una transición H es un sitio de salida de la transición de H.

Figura 11. Red de Petri.



(Fuente: www.estudiomarhea.net)

Además de las propiedades estáticas, representadas por el grafo, una red de Petri tiene propiedades dinámicas, que son expresadas mediante una marcación de los sitios.

Una X-marcación de una red de Petri con conjunto de sitios S es una función $m:S \rightarrow X$. Usualmente, $X \in \{\text{bool}, \text{nat}\}$, y se habla de redes de Petri booleanas o naturales. Un nodo s se marca con el valor m.s.

Redes booleanas

En una representación gráfica de una red de Petri booleana, un sitio s para el que m.s sea true se decora con un marcador (inglés: *token*).

Una marcación se puede denotar por la dupla de los sitios que están marcados true. Se permite un cambio de marcación cuando existe al menos una transición tal que todos sus sitios de entrada están marcados true.

Una transición en la condición anterior se dice disparable. El cambio en la marcación (disparar la transición) consiste en pasar a una marcación igual a la original, excepto que:

- Todos los sitios de entrada de la transición disparada se marcan con false.
- Todos los sitios de salida de la transición disparada se marcan con true.

Redes naturales

En una representación gráfica de una red de Petri natural, un sitio s para el que $m.s$ sea mayor que 0 se decora con el número correspondiente.

Una marcación se puede denotar por la dupla de los valores que marcan a los sitios.

Se permite un cambio de marcación cuando existe al menos una transición tal que todos sus sitios de entrada están marcados con números positivos. Una transición en la condición anterior se dice disparable. El cambio en la marcación (disparar la transición) consiste en pasar a una marcación igual a la original, excepto que:

- cada sitio de entrada s de la transición disparada se marca con $m.s - 1$.
- cada sitio de salida s de la transición disparada se marca con $m.s + 1$.

Sensor: Es un dispositivo que, a partir de la energía del medio donde se mide, da una señal de salida transductible que es función de la variable de medida. La ampliación de los sentidos para adquirir un conocimiento de cantidades físicas que, por su naturaleza o tamaño, no pueden ser percibidas directamente por los sentidos.

Señales Eléctricas: Su utilización se da en el campo de la ingeniería y de la física aplicada, en lo relativo al diseño y aplicación de dispositivos, por lo general circuitos electrónicos, cuyo funcionamiento depende del flujo de electrones para la generación, transmisión, recepción y almacenamiento de información. Esta información puede consistir en voz o música (señales de voz) en un receptor de radio, en una imagen en una pantalla de televisión, o en números u otros datos en un ordenador o computadora.

Estos circuitos electrónicos ofrecen diferentes funciones para procesar esta información, incluyendo la amplificación de señales débiles hasta un nivel utilizable; la generación de ondas de radio; la extracción de información, como por ejemplo la recuperación de la señal de sonido de una onda de radio (demodulación); el control, como en el caso de la superposición de una señal de

sonido a ondas de radio (modulación), y operaciones lógicas, como los procesos electrónicos que tienen lugar en las computadoras.

Sistemas de comunicación: Podemos definir a una sistema de comunicación como un conjunto de dispositivos interconectados que realizan acciones las cuales permiten que las personas puedan comunicarse o conectarse entre sí

Sintetizador de voz: Generación, por medios automáticos, de una voz artificial que genera idéntico sonido al producido por una persona al leer un texto cualquiera.

Transductor: Se denomina transductor, en general, a todo dispositivo que convierte una señal de una forma física en una señal correspondiente pero de otra forma física distinta, es por tanto, un dispositivo que convierte un tipo de energía en otro.

Ultrasonido: Es una onda acústica cuya frecuencia está por encima del límite perceptible por el oído humano (aproximadamente 20 Khz.). Muchos animales como los delfines y los murciélagos lo utilizan de forma parecida al radar en su orientación. A este fenómeno se lo conoce como eco localización.

6. DISEÑO METODOLOGICO

En el desarrollo de este proyecto se opta por utilizar el tipo de investigación aplicada experimental. Y está concebido como una primera fase que busca dar soporte al individuo con discapacidad visual de una manera económica y asequible, permitiendo así que la persona en tal estado adquiera cierto nivel de independencia mejorando su calidad de vida y aumentando su estado de ánimo y facilitando su retorno a la vida social, incluso posibilitándole de nuevo trabajar y desempeñarse en cualquier entorno.

Se ha considerado inicialmente determinar el tipo de dispositivo programable a utilizar, de manera que sea el más apto y económico posible, luego se procederá a realizar el desarrollo electrónico para el correcto funcionamiento de los sensores, el direccionamiento y posterior tratamiento de las señales provenientes de estos. Posteriormente, se hará la elaboración de todo el soporte matemático del proceso, y consecutivamente se establecerá el sistema de comunicación entre todos los componentes del dispositivo.

Finalmente, se procederá a la fabricación del prototipo para realizar diferentes pruebas y con base en los resultados determinar su confiabilidad y su posible utilización. Suministrando la información relacionada con los resultados del proyecto de investigación y las conclusiones a las cuales se llegue con la aplicación de dichas pruebas.

En particular se tienen previstas las siguientes capítulos y actividades para alcanzar cada uno de los objetivos planteados

En el **capítulo 8** se realizara la Implementación electrónica para la recepción de las señales emitidas por el sensor se escoge el tipo de sensor a utilizar y el dispositivo programable con su programación

En el **capítulo 9** se desarrolla el análisis matemático para el tratamiento de las señales de entrada, se determina la velocidad del sonido, la velocidad de transmisión del eco del sensor ultrasónico SRF05 distancia máxima y mínima a medir con este tipo de sensor e implementación del programa para el microcontrolador seleccionado.

En el **capítulo 10** se desarrollo del sistema de comunicación entre el sensor ultrasónico y la computadora personal tipo *notebook* se explica la implementación de la tarjeta de comunicación y tipo de comunicación a utilizar entre ambos dispositivos.

En el **capítulo 11** se desarrolla e implementa el *software* que detecta objetos mediante una cámara *web* y un mini laser y posterior activación de una salida de audio dependiendo de la distancia.

En el **capítulo 12** se explica la construcción del prototipo, componentes internos, material del dispositivo y planos electrónicos esquemáticos y circuitos impresos para la construcción de las tarjetas del sensor ultrasónico como la tarjeta de del sensor de comunicación.

En el **capítulo 13** se escoge el dispositivo lógico programable portátil donde se implementara el *software* del prototipo y sus características.

En el **capítulo 14** se realizan las pruebas experimentales del prototipo enfocados a detectar la precisión del dispositivo basados la sensibilidad y el error estadístico.

En el **capítulo 15** se presentan las conclusiones y recomendaciones como consecuencia de los resultados obtenidos en el desarrollo del trabajo.

7. RESUMEN

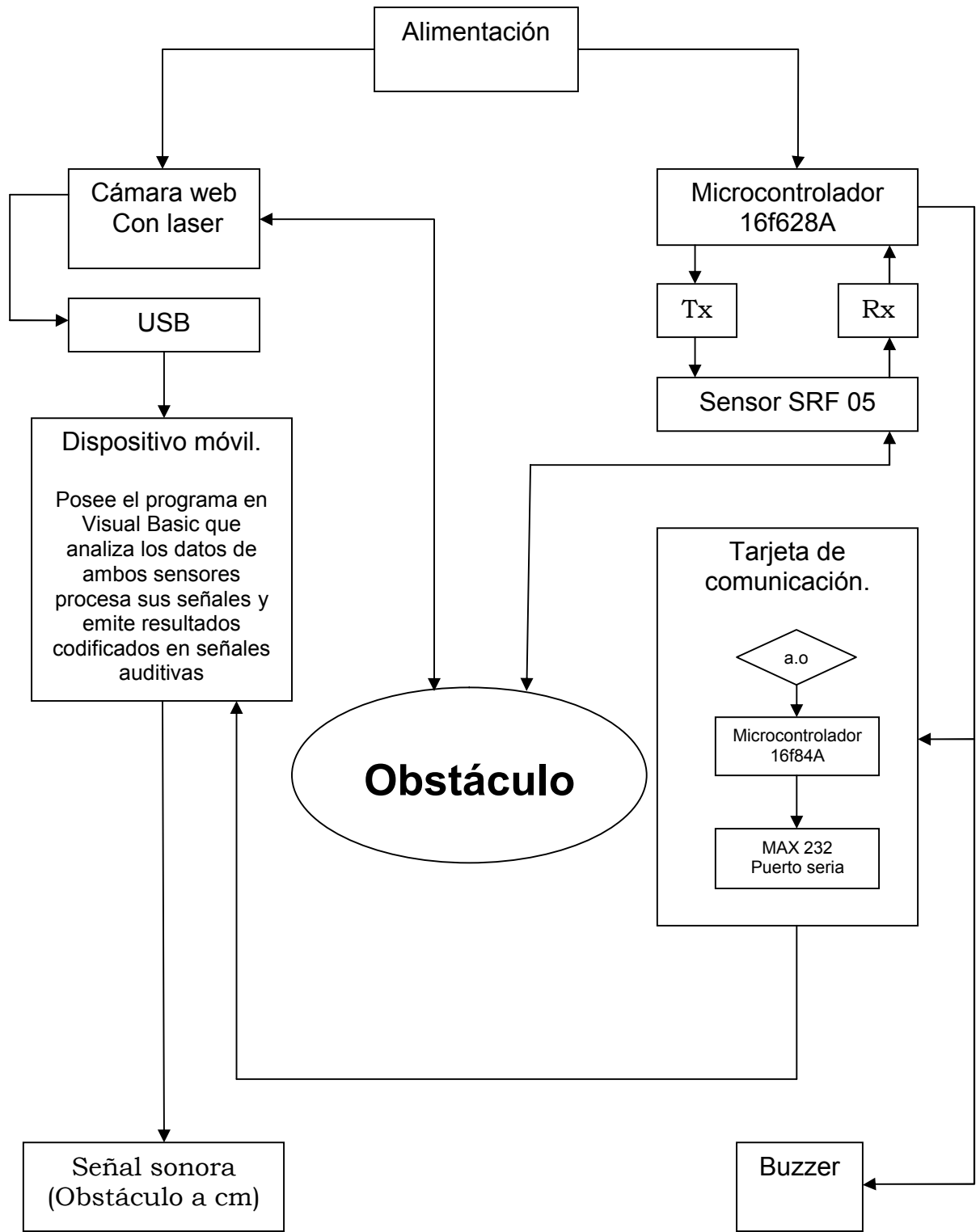
En la actualidad existen muchos tipos de sensores utilizados en las industrias dedicados a detectar características especiales de algún producto mediante alguna de los principios de detección por infrarrojo ultrasonido etc.

Este tipo de sensores pueden ser implementados para otras funciones como son el de ayudar a personas a detectar objetos en un determinado ambiente si estos carecen del sentido de la visión. En este momento la transición de un sensor de este tipo es dispendiosa pues son de tamaño relativamente grande para uso en la industria. Tamaño que representa una desventaja a la hora de montarlo en un accesorio como podría ser unas gafas o un cinturón, sumado a esto la falta de precisión o fidelidad que poseen no es idónea, característica fundamental que debe tener un dispositivo que este enfocado a ayudar a una persona discapacitada pero la idea está ahí y la meta es hacer que personas discapacitadas puedan tener un mejor entendimiento de su entorno adoptando propiedades de percepción que pudieran tener otros seres vivos como los murciélagos que se basan por el ultrasonidos o basarse en tecnologías actuales o principios de medición de distancias como los telémetros laser, muy utilizados en la arquitectura y topografía.

La metodología utilizada para la elaboración de este trabajo consiste en investigar las características de los sensores más utilizados en la industria, acondicionar sus señales para que se puedan comunicar con un dispositivo móvil mediante una tarjeta, el dispositivo móvil implementara un software que emita mensajes sonoros y pulsantes sobre a qué distancia se encuentra un objeto que está delante de él y finalmente se desarrollara un prototipo que se somete a algunas pruebas para verificar su funcionalidad y sacar conclusiones que nos indiquen si es posible su implementación a futuro en una persona invidente.

En la figura12 se muestra el diagrama de bloques que resume el funcionamiento del dispositivo de detección de obstáculos.

Figura 12. Funcionamiento del dispositivo diagrama de bloques.



(Fuente: Autor)

8. IMPLEMENTACION ELECTRÓNICA PARA LA RECEPCIÓN DE LAS SEÑALES EMITIDAS POR EL SENSOR

Como se dijo en un principio la idea fundamental en la que se basa el proyecto es realizar un prototipo que cumpla con unas características mínimas pero estrictamente necesarias para que esta sirva como ayuda o guía para personas discapacitadas. Estos requerimientos son:

1. El dispositivo debe ser económico y accesible a la población en general.
2. El dispositivo debe ser portátil y fácil de usar por una persona.
3. Utilizar al máximo componentes electrónicos existentes en el medio que sean de fácil adquisición.
4. Aprovechar la tecnología existente.
5. Debe tener un rango de distancia mínimo de un metro y 30 grados de amplitud.

Con base en lo planteado anteriormente describiremos los equipos, *software* y sensores que se encontraron en el medio y que en algún grado cumplen con los requisitos dados anteriormente.

8.1 Sensores

8.1.1 Sensor de proximidad infrarrojo

Los sensores de proximidad infrarrojos (ver figura 13), son de tipo ópticos por lo cual no implica contacto directo con el objeto a censar, lo constituyen un par de LEDs los cuales se denominan fotodiodo y fototransistor su principio de funcionamiento es el mismo de todos los sensores, un LED emite y el otro recibe la señal que rebota en un obstáculo son de un precio accesible y son altamente confiables para medición en recintos cerrados pero en el exterior el sol u otro elemento que emita luz infrarroja puede alterar su comportamiento y por ende su medición además de necesitar un circuito aparte para poder interpretar las señales que el sensor envía son pequeños y portables pero para el proyecto no es idóneo pues la idea es utilizar el dispositivo en una área abierta y no solo en interiores.

Figura 13. Sensor infrarrojo.



(Fuente: <http://r-luis.xbot.es/sensores/ir.html>)

8.1.2 Sensor Fotoeléctrico

Este tipo de sensores son conformados, como todos por un emisor de luz visible que puede ser de varios colores dentro de los cuales los más comunes son el rojo, el amarillo y el verde y un receptor o detector que recibe la luz emitida con una intensidad de acuerdo a la distancia a la que se encuentre el objeto a censar (ver figura 14). Se puede decir que es una variante del sensor infrarrojo. Dentro de sus virtudes se encuentra que se pueden utilizar para comparar formas y colores en un objeto. Son de precio alto; muy utilizados en las industrias, son robustos en su construcción y confiables, dentro de sus desventajas se encuentra que son solo para interiores, su distancia de detección es corta y son muy sensibles a los efectos de la luz directa, razones por las cuales no son buenos candidatos para el proyecto pues se necesitaría un sensor bastante grande para que satisfaga las necesidades de dicho proyecto que conllevaría a altos costos.

Figura 14. Sensor fotoeléctrico.



(Fuente: <http://www.directindustry.es>)

8.1.3 Sensor láser

Este tipo de sensores funciona reflejando un haz de luz láser el cual luego es reflejado por el objeto y es recogido por un foto detector en un determinado Angulo que varía de acuerdo a la distancia del objeto. Existen dos tipos de sensores uno de largo alcance y el otro de corto alcance el más indicado para el proyecto es el sensor de corta distancia por ser el más barato, tienen un rango de entre 2mm y 500mm además de ser el más accesible; este tipo de sensores se especializa en la medición de distancias, son de un tamaño grande y costosos, extremadamente costosos, por todo esto y su bajo rango de medición no se tuvo en cuenta para este proyecto, aunque su principio de funcionamiento es la base para desarrollar uno de los sistemas de determinación de distancia en este proyecto. (Ver figura 15)

Figura 15. Sensor láser de triangulación.



(Fuente : http://www.sensing.es/Sensores_de_distancia_laser_Cm.htm)

8.1.4 Sensor ultrasónico

El ultrasonido es una radiación mecánica con frecuencia superior a las audibles (20Khz). Que al incidir sobre un objeto, en parte se refleja, en parte se transmite y en parte es absorbida.

Si existe movimiento relativo entre la fuente de radiación y el reflector, se produce el fenómeno denominado (Efecto Doppler)

Todos estos fenómenos son utilizados para censar y detectar distancias de un objeto.

Este tipo de sensores son muy confiables, de bajo costo, pequeños y prácticos además de su gran facilidad de adaptación, incluso algunos sensores traen dentro de sí todo el sistema de control para emitir señales lineales que pueden ser utilizadas en infinidad de aplicaciones, dentro de sus defectos se encuentra que el haz de infrarrojo es cónico y la reflexión depende mucho del material. Cosa que se convierte en una ventaja para el desarrollo de este prototipo pues de acuerdo a la tonalidad dada se podría identificar además del obstáculo su composición, son muy sensibles al ambiente pero no a la luz, si no al aire que lo circunda y su temperatura, pero a pesar de todo esto este tipo de sensores son los más idóneos para el proyecto pues cumplen a cabalidad con todas las características deseadas para poder desarrollar dicho sistema, son baratos, de fácil adquisición, de tecnología actual y sus rangos de distancia son más que suficientes.(ver figura 16)

Figura 16. Sensor ultrasónico SRF05 DEVATECH.



(Fuente: <http://www.sigmaelectronica.net/srf05-p-128.html>)

8.2 Elección del tipo de sensor ultrasónico

Una vez definido que se utilizará un sensor ultrasónico, se determinará cuál es el mejor de estos; en este caso existen en el mercado alrededor de 4 sensores de una misma marca que cumplen con nuestras expectativas iniciales, pero solo uno es idóneo para el prototipo.

A continuación se muestra (ver tabla 3), las especificaciones básicas de sensores ultrasónicos tenidos en cuenta.

Tabla 3. Sensores ultrasónicos.

REFERENCIA	FABRICANTE	DISTANCIA CM	COSTO PESOS
SRF04	DEVANTECH	3 A 200CM	\$92.800
SRF05	DEVANTECH	2 A 400CM	\$63.800
SRF08	DEVANTECH	3 A 600CM	\$145.000
SRF gh-311 rt	DEVANTECH	2 A 3000CM	\$85.000

(Fuente: Autor)

En la (Tabla 3). Se pueden observar que los sensores escogidos tienen características similares pero el más barato y que tiene un rango de detección dentro de las especificaciones, además de gran precisión es el SRF05 y es el más vigente en el mercado.

Posee otras características clave para el prototipo como son su fuente de alimentación que es de 5V y un consumo de 4mA, el cual es mucho menor que el de sus competidores (Ver tabla 4).

Tabla 4. Otras características principales del SRF05

PARAMETRO	VALOR	UNIDAD
Dimensiones del circuito	43 x 20 x17	mm
Tensión de alimentación	5	vcc
Frecuencia de trabajo	40	khz
Rango máximo	400	cm
Rango mínimo	2	cm
Duración mínima del pulso de disparo (nivel TTL) 10	10	µs
Duración del pulso eco de salida (nivel TTL)	100-25000	µs

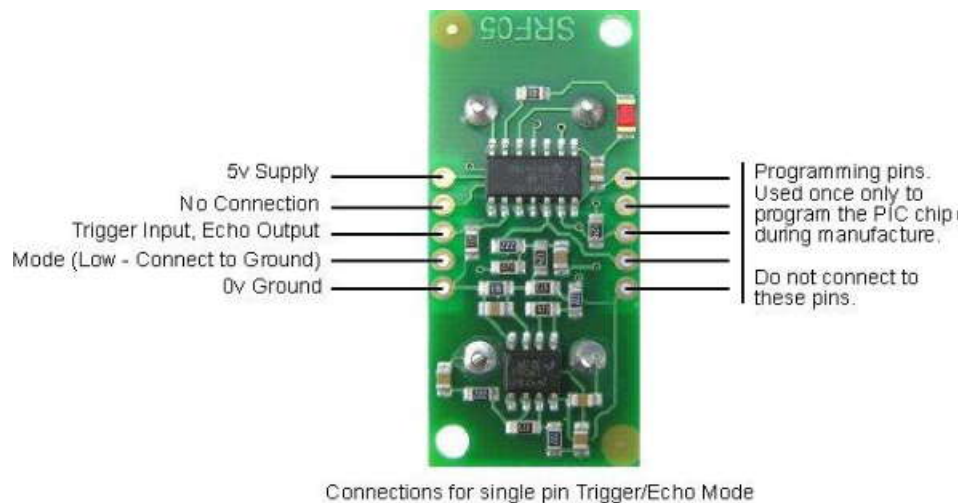
Tiempo mínimo de espera entre una medida y el inicio de otra	20	ms
--	----	----

(Fuente: www.sigmaelectronica.com.co)

En conclusión por sus características, se determinó, que el sensor ultrasónico DEVANTECH Ref. SRF05 es el más idóneo y cumple con los requerimientos mínimos establecidos para hacer parte del prototipo.

El sensor escogido necesita un soporte electrónico el cual debe indicar al sensor cuando debe iniciar la detección y a su vez recoger el ancho de pulso que su electrónica propia proporciona e interpretarla para obtener datos de este, su principio de funcionamiento es el siguiente (ver figura 17).

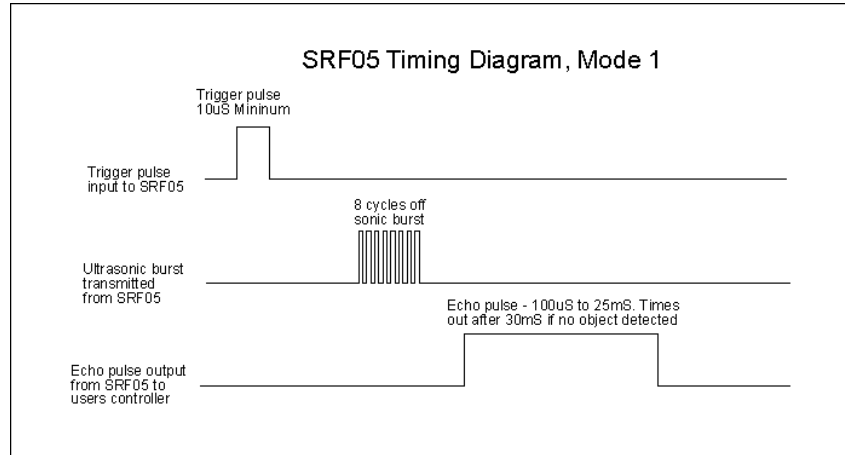
Figura 17. Diagrama de conexiones SRF05



(Fuente: www.pdfactory.com)

El sensor es alimentado por 5V y a la espera de un tren de pulsos que en este caso sería cuadrado, el cual le indicará al sensor que debe iniciar su medición. Este tren de pulsos es denominado pulso de arranque y es introducido por el pin denominado entrada de eco (ver figura 18). Este pulso según especificaciones del sensor debe ser mínimo de 10 μ s.

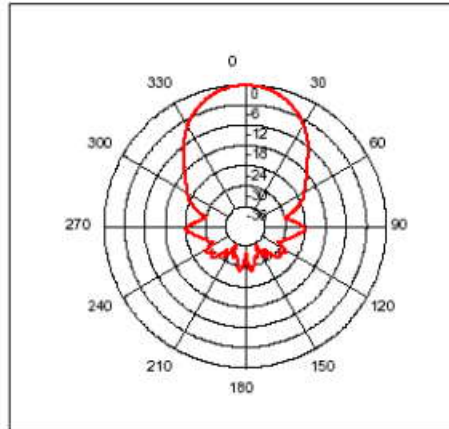
Figura 18. Diagrama de tiempos SRF05.



(Fuente: www.pdfactory.com)

El sensor entonces emite un tren de pulsos de 8 ciclos de ultrasonido a 40Mhz (ver figura 18). Pulso inaudible para los seres humanos, estos pulsos viajan a la velocidad del sonido y se esparcen según un patrón de haz del sensor (ver figura 19). Este pulso pone en la señal de salida de eco Un uno o nivel alto. Una vez alcanza un objetivo rebota reflejando los pulsos que luego son captados nuevamente por el receptor del sensor volviendo la señal de salida de eco igual a 0. Se cuenta el tiempo en que tarda en llegar el eco este a su vez emite otra variedad de pulsos denominados pulso de eco que varía su ancho de acuerdo a la distancia que se encuentra el objeto dentro de su distancia máxima de 400cm que equivalen a 25ms de pulso de duración del eco y mínima de 1.7cm que equivale a 100 µs, .Se pude (ver la figura 17) para observar el diagrama de tiempos del sensor.

Figura 19. Patrón de haz del sensor según distancia



(Fuente: www.pdfactory.com)

Para que las mediciones sean correctas y el sensor tenga tiempo de reaccionar se debe dejar según recomendaciones del fabricante del sensor un tiempo mínimo de 20ms entre toma de medidas esto dará que podemos tomar medidas cada 50ms o 20medidas por segundo⁸. Que equivaldrían a 30ms de espera máxima del ancho de pulso que es cuando no hay nada y 20ms de descanso.

8.3 Elección del dispositivo para tratar señales de sensor

Como se comento en el capítulo anterior el sensor necesita de varios componentes electrónicos básicos auxiliares para recibir y emitir sus señales, de acuerdo a la experiencia adquirida en nuestros estudios tenemos dos opciones de dispositivos que pueden tratar las señales emitidas por el sensor para ser traducidas e implementadas como señales para un computador personal y para un transductor físico como un vibrador. Estas opciones son las siguientes.

⁸ Datos tomados de pdfactory.com

8.4 Dispositivo programable FPGA

Una FPGA Figura 20. (del inglés *Field Programmable Gate Array*) es un dispositivo semiconductor que contiene bloques de lógica cuya interconexión y funcionalidad se puede programar.

La lógica programable puede reproducir desde funciones tan sencillas como las llevadas a cabo por una puerta lógica o un sistema combinacional, hasta complejos sistemas en un chip⁹.

Figura 20. FPGA marca altera



(Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/FPGA>)

Este tipo de dispositivo se tuvo en cuenta para la elaboración del proyecto, son muy confiables y relativamente fáciles de usar y programar pero su uso en nuestra región no es masificado lo cual las hace muy poco comunes en el mercado y de elevado costo, condiciones que van en contra de la premisa principal de elección que consiste en encontrar el mejor dispositivo a un menor costo, en cuanto a su parte electrónica su consumo de potencia es medianamente elevado y para nuestro dispositivo que es de tipo portátil esto es una desventaja, pues agotaría rápidamente la fuente de poder que es una batería de 9 V.

En comparación con otros dispositivos programables como un PIC su tamaño es grande, desventaja que se uniría a las ya anteriores para no considerar realizar el acondicionamiento de las señales del sensor con este dispositivo sin embargo se mantiene como una opción válida para que en un futuro en que su uso se masifique sirva como opción de mejoramiento de este prototipo.

⁹ Datos obtenidos de <http://es.wikipedia.org/wiki/FPGA>

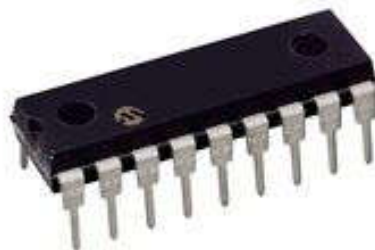
8.5 Dispositivo Programable Microcontrolador PIC

El PIC o control de interface periférico (ver Figura 21). Es un tipo de microcontrolador derivado del mundialmente conocido PIC 1650 construido por (genera *instruments*)¹⁰.

Este tipo de dispositivos son fáciles de programar en varios lenguajes, entre ellos los más usados son el ensamblador y el PIC, existen una gran variedad de microcontroladores de este tipo en el mercado y su uso especialmente los de la marca (*Microchip Technology Inc.*)¹¹

Existen otros microcontroladores en el mercado como los fabricados por Motorola, que son muy robustos en su construcción y para uso industrial pero su programación es un poco mas engorrosa en cuanto al *software* del mismo y menos difundido que los PIC por lo cual no se tuvo en cuenta para este prototipo.

Figura 21. Micro controlador PIC 18 pines



(Fuente: <http://www.sigmaelectronica.net/PIC16f62820p-pi-266.html>)

Los microcontroladores PIC suelen venir de muchas especificaciones y diferentes módulos los cuales los hacen interconectables con otros PIC o un computador.

¹⁰ De este PIC se derivan en la actualidad todas las generaciones de PIC. El nombre actual no es un acrónimo. En realidad, el nombre completo es PICmicro, aunque generalmente se utiliza como *Peripheral Interface Controller* (controlador de interfaz periférico) datos obtenidos de http://es.wikipedia.org/wiki/Microcontrolador_PIC.

¹¹ Microchip Technology Inc. es una empresa fabricante de microcontroladores, memorias y semiconductores analógicos, situada en Chandler, Arizona, EE. UU. datos obtenidos de http://es.wikipedia.org/wiki/Microchip_Technology_Inc.

Características que se tendrían en cuenta más adelante para realizar la interface con el computador, pero para este momento hay que tener en cuenta primordialmente el costo del PIC, este debe ser de bajo precio, en cuanto a su parte física debe ser de tamaño mediano, su capacidad de memoria debe ser tal que contenga el código para el funcionamiento de la aplicación. Debe tener mínimo dos *timers* para el sensor, comparadores y adaptabilidad para oscilador externo.

Se realizó una extensa búsqueda de PIC's en el mercado electrónico local para encontrar cuál se adaptaría mejor a los requisitos dados, en la (Tabla 5). Podemos ver los PIC más relevantes con sus especificaciones.

Tabla 5. Características de PIC's comerciales más relevantes.

CARACTERISTICA	PIC 12F629	PIC 16F876	PIC 16f628A
PINES	8	28	18
IN OUT	6	22	16
OSCILADOR INTERNO	SI	NO	SI
ROM	1K	8K	2K
RAM	64	368	224
COMPARADORES	1	2	2
TIMERS	2	3	2

(Fuente: autor.)

Con base en la tabla anterior (ver tabla 5), donde no se incluye el precio pero si las características de los PIC más comunes, encontramos que el PIC Ref. 16f628A es el más indicado para el prototipo pues cumple con los requisitos necesarios para desarrollar su trabajo, incluso su precio es bastante razonable en el mercado local alrededor de \$6000.

8.6 IMPLEMENTACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL PIC.

Establecida la referencia del PIC y sus características se procede a realizar la asignación de pines y programación para que interactúe con el sensor y al tarjeta de comunicación.

Se asigna el pin9 o puerto B3 como salida, está emite una variación de un ancho de pulso y es la que activa el *buzzer* y la salida hacia la tarjeta de comunicación de acuerdo a la variación de distancia obtenida del sensor.

El pin 10 o puerto B4 es configurado como salida y es el encargado de enviar la señal de inicio para el sensor.

El pin 11 o puerto B5 es configurado como puerto de entrada y es el encargado de recibir la señal emitida por el sensor.

La asignación de pines y sus puertos se realiza mediante *software*.

Para implementar el programa en el PIC se escoge el lenguaje de programación en C++ que es más visto y entendido por las personas que conforman el grupo de trabajo, se utiliza el compilador Mplab 7.51 propio de la marca *microchip* y para descargar el programa se utiliza Winpic800 3.55 (ver figura 22).

Figura 22. Programa Winpic800

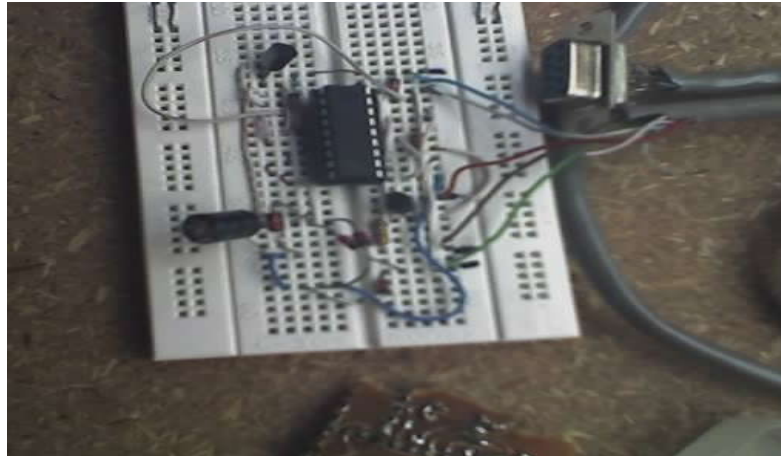


```
WinPic800 - 3.55 d
Archivo Edición Dispositivo Configuración Idioma Ayuda
PIC F 16F628a
Código Datos Config.
0x0000: 3FFF 3FFF 3FFF 3FFF 3FFF 3FFF 3FFF 3FFF ?.??.??.??.??.
0x0008: 3FFF 3FFF 3FFF 3FFF 3FFF 3FFF 3FFF 3FFF ?.??.??.??.??.
0x0010: 3FFF 3FFF 3FFF 3FFF 3FFF 3FFF 3FFF 3FFF ?.??.??.??.??.
0x0018: 3FFF 3FFF 3FFF 3FFF 3FFF 3FFF 3FFF 3FFF ?.??.??.??.??.
0x0020: 3FFF 3FFF 3FFF 3FFF 3FFF 3FFF 3FFF 3FFF ?.??.??.??.??.
0x0028: 3FFF 3FFF 3FFF 3FFF 3FFF 3FFF 3FFF 3FFF ?.??.??.??.??.
0x0030: 3FFF 3FFF 3FFF 3FFF 3FFF 3FFF 3FFF 3FFF ?.??.??.??.??.
0x0038: 3FFF 3FFF 3FFF 3FFF 3FFF 3FFF 3FFF 3FFF ?.??.??.??.??.
0x0040: 3FFF 3FFF 3FFF 3FFF 3FFF 3FFF 3FFF 3FFF ?.??.??.??.??.
0x0048: 3FFF 3FFF 3FFF 3FFF 3FFF 3FFF 3FFF 3FFF ?.??.??.??.??.
0x0050: 3FFF 3FFF 3FFF 3FFF 3FFF 3FFF 3FFF 3FFF ?.??.??.??.??.
```

(Fuente: autor)

Se monto un programador tipo JDM puerto serial en un Protoboard (ver figura 23).

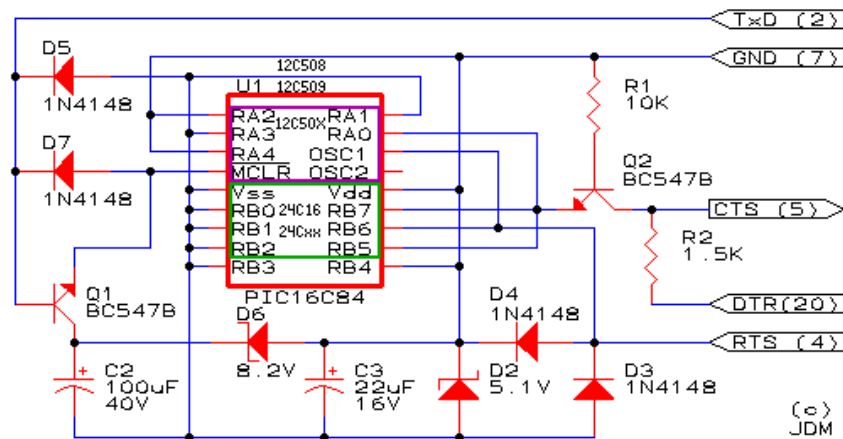
Figura 23. Programador montado en Protoboard JDM.



(Fuente: autor)

El circuito esquemático del programador se muestra a continuación (ver figura 24) obtenido de una página de internet¹² sobre microcontroladores.

Figura 24 Circuito Esquemático del Programador JDM



(Fuente: <http://perso.wanadoo.es/pictob/jdm.htm>)

¹² Esquemático de un programador tipo JDM <http://perso.wanadoo.es/pictob/jdm.htm>

A continuación se muestra como se asignan los pines en el PIC.

```
#define in_eco PIN_B4 // se define pin B4 como entrada de la señal al PIC
#define out_eco PIN_B5 // se define PIN B5 como salida de la señal al PIC
#define pito PIN_B3 // define el pin B3 como salida de la señal hacia el vibrador y
el acondicionador de señal.
```

El principio de funcionamiento del sistema de detección es el siguiente.

Por la salida 10 del PIC o pin B4 se emite una señal de arranque, de acuerdo a las especificaciones del sensor dadas en el capítulo anterior para activar la medición en el SRF 05.

Ahora por la entrada 11 o pin B5 se recoge la señal que emite el sensor para luego ser evaluada en el PIC de acuerdo a las formulas establecidas en el capítulo 6.2. una vez hecho esto el PIC emite su resultado emitiendo una variedad de anchos de pulsos de acuerdo a la distancia del objeto, se puede ver en las (figuras 25a y 25b) se puede observar la variación del ancho de pulso, si este está a más de 150cm no se emite ninguna señal, si el objeto se encuentra entre 100 cm y 149cm se emite un pulso largo que hace vibrar al *buzzer* de forma suave y pausada, si el objeto se encuentra a menos de un Metro de distancia entonces el ancho de pulso se disminuye emitiendo un zumbido más constante que le indicará a la persona que hay un objeto en curso de colisión. Estos pulsos son emitidos por la salida 9 o pin B3.

En el anexo A se puede observar toda la programación del PIC.

Se puede observar la variación del ancho de pulso que emite el PIC a su salida de acuerdo a las diferentes distancias mediadas (Ver figura 25).

Estas imágenes se obtienen mediante la medición de pulso por un osciloscopio industrial marca *Fluke* y su programa para computador *Fluke View 4.4*.

Figura 25. Ancho de pulso de acuerdo a la distancia.

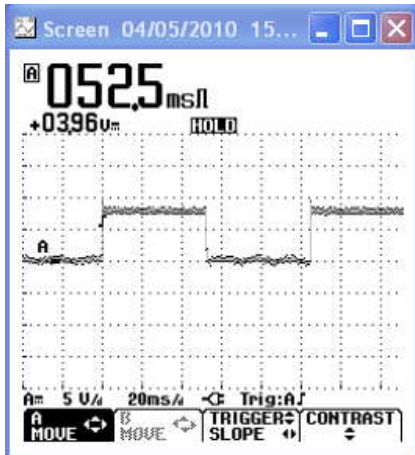


Figura 25a. Ancho de pulso a menos de 100cm.

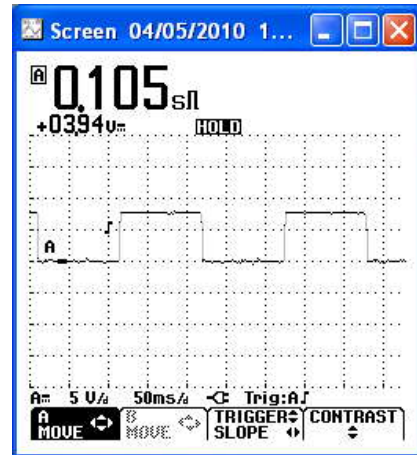


Figura 25b. Ancho de pulso entre 100cm y 150cm

(Fuente: autor)

Se puede observar que en la (figura 25a) el ancho de pulso es menor, del orden de los 52.5 ms lo que hace que el *buzzer* vibre con una mayor intensidad y más rápido. Se puede ver en la (figura 25b) el ancho de pulso se duplica alrededor de los 105 ms lo que hace que el *buzzer* vibre con una menor intensidad. Estos anchos de pulso son los que alimentan a la tarjeta de comunicación en donde se convierten a valores lógicos 0 ó 1 que son los que alimentaran al programa para su comparación y ejecución.

Para valores por fuera de rango que comprenden valores menores a 1.73cm y valores mayores a 150cm la salida del ancho de pulso se aproxima a 0.

9. DESARROLLO MATEMÁTICO PARA EL TRATAMIENTO DE LAS SEÑALES DE ENTRADA

9.1 Determinación de la velocidad de sonido en del eco del sensor

Debido a que se está trabajando con un sensor de tipo ultrasónico se entiende que debemos trabajar con la velocidad del sonido esta velocidad varía según la temperatura para obtener su valor debemos utilizar la siguiente ecuación¹³.

$$v = 331,3 + 0,606 \cdot T \quad (2)$$

Donde:

v = Velocidad del sonido

$331,3$ = Velocidad del sonido en 0°C a una temperatura de 0°C

$0,606$ = Constante de propagación de sonido en el aire.

T [$^\circ\text{C}$], es la temperatura en grados Celsius.

Se toma una temperatura de 20°C pues representa una temperatura promedio en nuestra región.

$$v = 331,3 + 0,606 \cdot 20$$

$$v = 343,42 \text{ m/s}$$

Por razones prácticas del diseño es conveniente obtener los datos en ms por lo tanto tenemos que:

$$t = \frac{1}{v} = \frac{1}{343,42} \text{ s}$$

¹³ <http://es.wikipedia.org/wiki/Sonido>

= 29,11 — , el cual es fundamental para nuestros cálculos.

Debido a que el eco sale del sensor y este al revotar con un objeto, se devuelve es necesario considerar tanto un tiempo de ida como de venida por tal motivo la velocidad del eco del sensor queda establecida como.

$$= 58,22 \text{ — } \quad 0,01717622 \text{ — } \quad (3)$$

Donde

= velocidad del eco

9.2 Determinación de la distancia por medio del la velocidad del eco

Desde un principio se ha dicho que este sensor trabaja de acuerdo al tiempo en que se demora en ir y rebotar una serie de pulsos o *trigger* en un objeto. Ya establecida la velocidad con que viaja este tren de pulsos podemos determinar la distancia a la que se encuentra el objeto mediante las siguiente formulas.

$$= \times \quad (4)$$

Donde :

D = distancia

V = es la velocidad del sonido en el aire.

T= es el tiempo transcurrido entre la emisión y recepción del pulso.

Mediante esta fórmula podemos establecer cuál es la distancia máxima para 25000µs y mínima para 100µs que puede medir el sensor.

$$= 0.01717622 \text{ — } \times 25000 \quad = 429.4$$

$$= 0.01717622 \text{ — } \times 100 \quad = 1.71$$

Donde

= Distancia máxima de sensado.

= distancia mínima de sensado.

Esa fórmula básica modificada es la utilizada por el PIC en su programación para realizar las operaciones de distancia bajo el siguiente esquema.

$$= \frac{25000}{58.22} = 429.4$$

$$= \frac{100}{58.22} = 1.71$$

A continuación se muestra la parte del programa donde se lleva a cabo esta rutina.

```
Distancia= (float) copy/58; // esta fórmula toma el ancho de pulso del sensor y lo mete en una variable denominada copy que a su vez es dividida por 58.22 o velocidad de eco este resultado o distancia es dado en cm.
```


10. DESARROLLO DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN ENTRE EL SENSOR ULTRASÓNICO Y LA COMPUTADORA PERSONAL TIPO NOTEBOOK

En este momento ya se tiene implementado todo el sistema de detección por medio del sensor ultrasónico. A partir de este momento se procederá a desarrollar la comunicación que debe tener la salida del sensor con el computador.

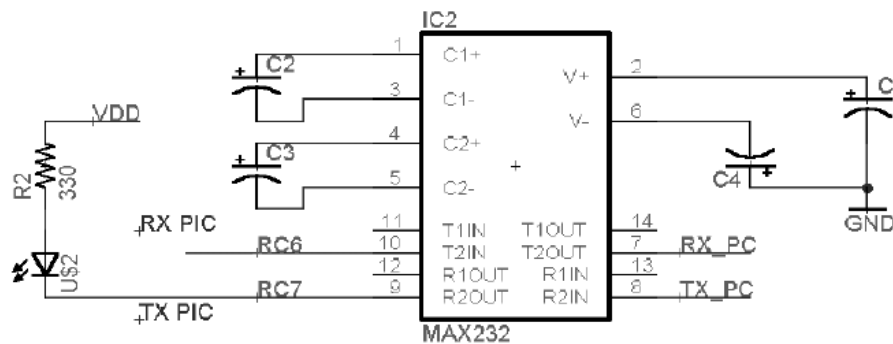
Uno de los métodos de comunicación más confiables y aplicados que existen entre un microcontrolador y un dispositivo inteligente como un. que existen en este momento y que ha perdurado por muchas décadas a sido la comunicación serial incluso ahora con el auge de los puertos USB (Universal Serial Bus) este tipo de comunicación se ha mantenido vigente y se usa todavía en múltiples aplicaciones incluso con las limitantes que traen los computadores actuales que descartaron este puerto de comunicación.

Como se ha venido diciendo a lo largo de proyecto lo que se necesita es que el prototipo sea asequible a las tecnologías actuales y barato en su construcción e implementación por tal motivo se escoge este tipo de comunicación entre la señal de salida del circuito del sensor y el computador.

10.1 Principio de comunicación serial

La base de la comunicación de puerto serial es el integrado denominado MAX 232 (ver figura 26). Este integrado lo que hace es utilizar unos rangos de tensión que utiliza para representar un nivel lógico. Estos niveles lógicos se encuentran por la parte baja entre tensiones de -3v y -15v y por la parte alta de 3v y 15v el MAX 232 tiene dos canales de entrada para niveles TTL de los cuales solo se utiliza una entrada T1IN y dos niveles de salida de las cuales nuevamente se utiliza una salida R1OUT.

Figura 26. Esquema MAX 232



(Fuente: www.pdfactory.com)

10.2 Implementación y acondicionamiento de la señal

A través del conector de la tarjeta J2, (ver figura 27) se ingresa la señal proveniente del PIC 16f628A que va a ser digitalizada.

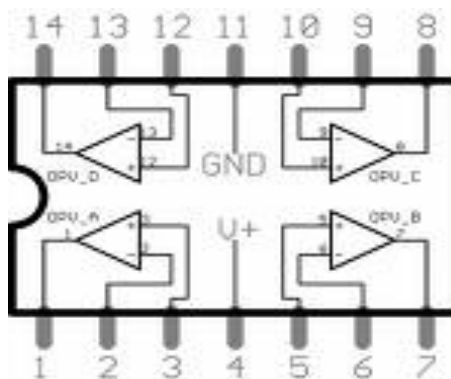
Esta señal se introduce a un amplificador operacional y se compara contra una señal de 2.5V proveniente de el divisor de voltaje que se forma por un par de resistencias denominadas R5 R6. Así pues a la salida del amplificador obtendremos 0 o 5V, si la señal es menor a 2.5V obtendremos a la salida un 0V si obtenemos un valor mayor de 2.5V dara una salida de 5 voltios .

Luego la señal proveniente del amplificador es recogida por el PIC , una vez recogida se determina si es un uno o un cero lógico con el fin de poder enviar "1" o "0" mediante la diferencia de voltaje que emite el PIC con un 0 o 1 que se envia al MAX 232 para que este transforme los niveles TTL a niveles que pueda manejar el computador y enviarlos por el puerto serial de 9 pines.

10.3 Amplificador operacional

Para implementar la comparacion entre los dos niveles de tension que entrarán al PIC se utiliza el amplificador operacional LM324N (Ver figura 27), de fácil adquisición en el mercado y de bajo costo. Este cuenta con cuatro amplificadores de los cuales solo se utiliza uno que corresponde a las conexiones 1 que es la salida , 2 y 3 son las entradas acompañadas de las dos resistencias de 10K que crean el divisor de voltaje de 2.5V necesarios para definir el nivel 0V o 5V que saldrán hacia el PIC. En la (figura 27). se observa su conexión.

Figura 27. Amplificador operacional LM324N



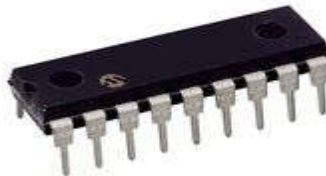
(Fuente: www.wikipedia.com)

10.4 PIC implementador de la comunicación

Debido a que el PIC seleccionado para el sensor no posee comunicación por puerto serial es necesario implementar otro PIC que es el encargado de recibir la señal proveniente del amplificador operacional y mediante el programa del ANEXO B. Sacará los valores TTL que necesita el MAX 232 para establecer la comunicación.

Para escoger el dispositivo programable que integrara el sensor con el computador se realizó una búsqueda exhaustiva basándonos en criterios como precio módico, que el dispositivo posea un puerto de comunicación y que sea de fácil de adquisición en el mercado local. Por recomendación de los vendedores de estos dispositivos e instructores del Sena Dosquebradas se decide implementar esta comunicación en un PIC de la marca Microchip. Ref PIC16F84A (ver Figura 28).

Figura 28. PIC 16f84A



(Fuente: <http://www.sigmaelectronica.net/PIC16f62820p-pi-267.html>)

El PIC16f84A antes mencionado (ver figura 28) es el típico de 18 pines de precio módico y muy común en el mercado local, las características básicas de este se encuentran a continuación (ver Tabla 6).

Tabla 6. Características del PIC 16f84A.

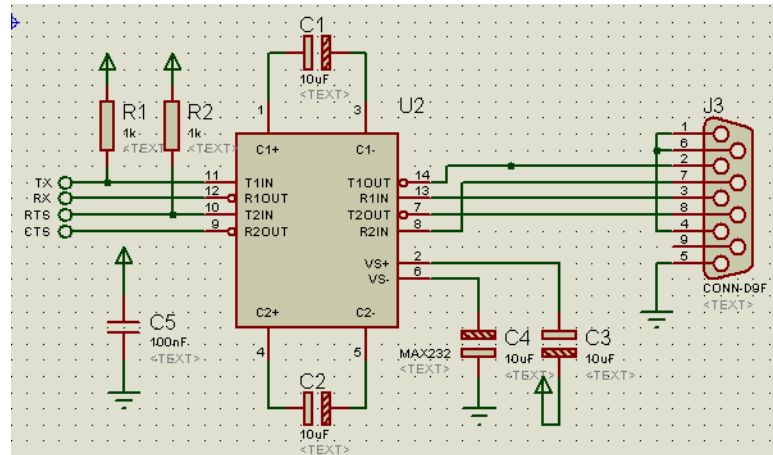
CARACTERISTICA	PIC 16F84A
PINES	18
IN OUT	13
COMUNICACIÓN SERIAL	SI
ROM	1K
RAM	68
COMPARADORES	2
TIMERS	2

(Fuente: autor.)

Este PIC utilizará un oscilador externo de 20MHz acompañado de dos capacitores de 22pf que regularan la oscilación del cristal.

A continuación se muestra la configuración del MAX 232 (ver figura 29).

Figura 29. Configuración MAX232



(Fuente: autor)

En la figura anterior, se utiliza una serie de condensadores de 10mf y resistencias de 10K adjuntos al MAX 232 que son la alimentación y configuración para emitir solo la señal al PC.

Esta configuración¹⁴ es la típica utilizada en la comunicación entre PIC y PC.

¹⁴ Configuración obtenida del manual del Sena Industrial Dosquebradas. Compilador c ccs y simulador proteus para microcontroladores PIC primera edición editorial alfa omega Eduardo García Breijo.

10.5 Conversor DB9 a USB

La señal emitida por el MAX 232 es enviada por medio de un cable serial hacia el computador. Debido a que el mini PC no posee un puerto USB es necesario conectar un cable adaptador el cual me convierte la señal emitida por el terminal db9 en una salida USB este cable tiene un costo de aproximadamente \$38.000 pesos.

A continuación se presenta (ver figura 30), un cable conversor DB9 a USB

Figura 30. Cable conversor DB9 USB

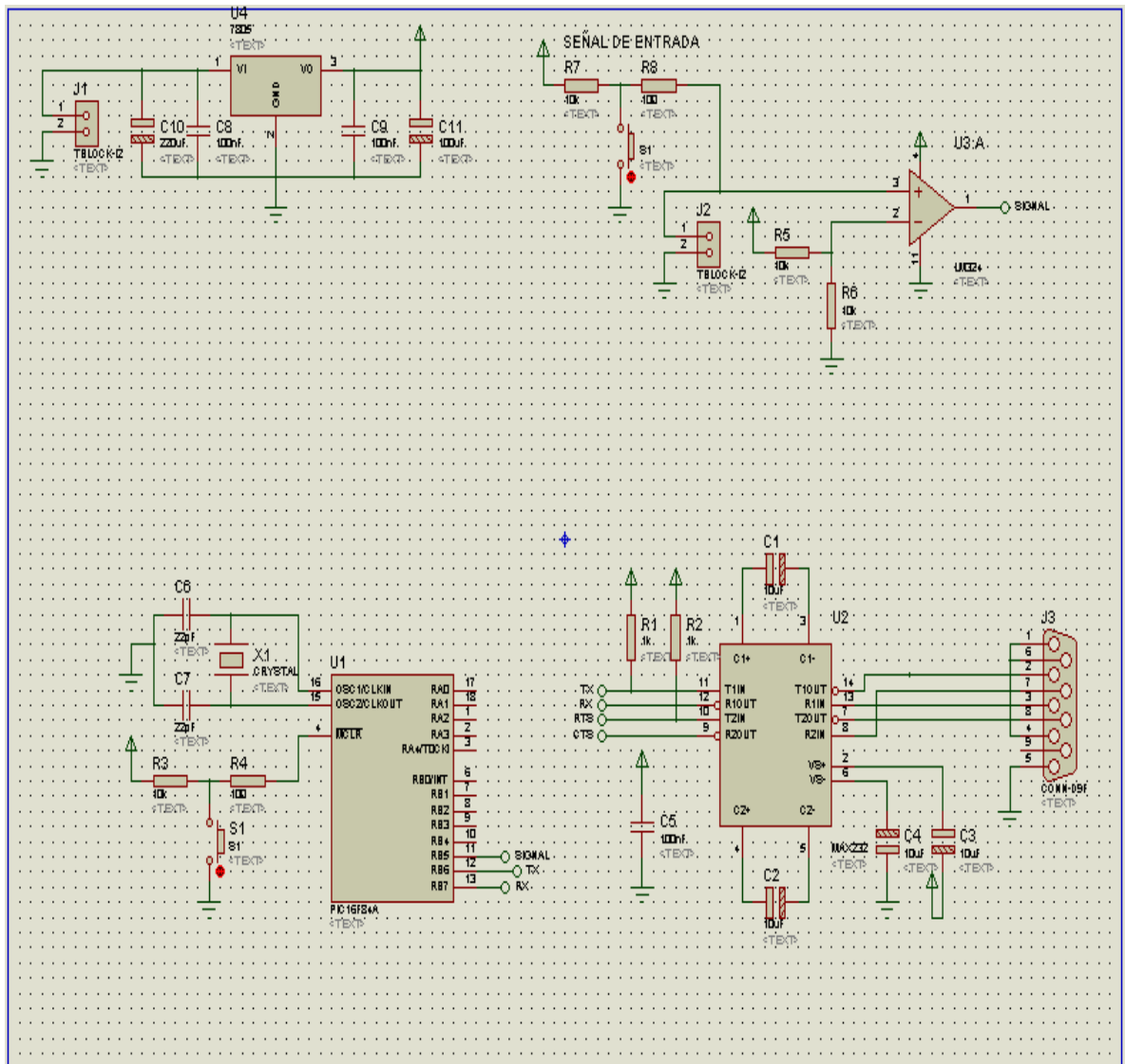


(Fuente: http://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-14128512-convertidor-usb-a-serial-db9-cable-tu-s9-trendnet-_JM)

10.6 Esquema del circuito de tarjeta de comunicación

A continuación se observa el diagrama esquemático del circuito de la tarjeta de comunicación realizado en el Programa Proteus ISIS (ver figura 31).

Figura 31. Diagrama esquemático del circuito de la tarjeta de comunicación.



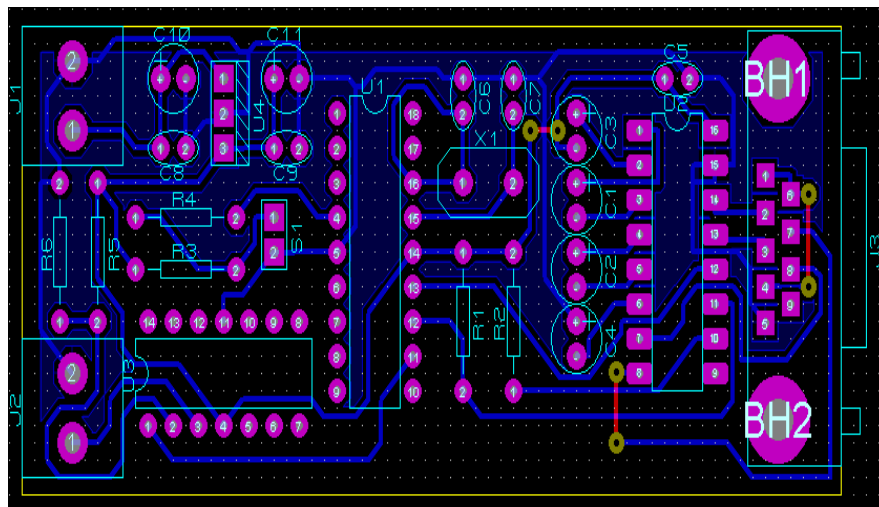
(Fuente: Autor.)

En el diagrama anterior (ver figura 31), se puede observar la representación de cada uno de los sistemas que componen la tarjeta de comunicación que a continuación se nombran:

1. Etapa de regulación de voltaje para alimentar el PIC.
2. Etapa de comparación de voltaje con amplificador operacional.
3. Etapa de procesamiento de señal con el PIC.
4. Etapa de comunicación entre el PIC y el PC por medio del MAX 232.

A continuación se muestran el desarrollo del impreso de la tarjeta de comunicación (ver figura 32) y la vista del circuito impreso y sus componentes en 3d. (Ver figura 33a, 33b), realizadas en el Programa Proteus Ares.

Figura 32. Impreso de la tarjeta de comunicación realizado en Proteus Ares.



(Fuente: Autor.)

Figura 33. Vistas de la tarjeta de comunicación en 3D.

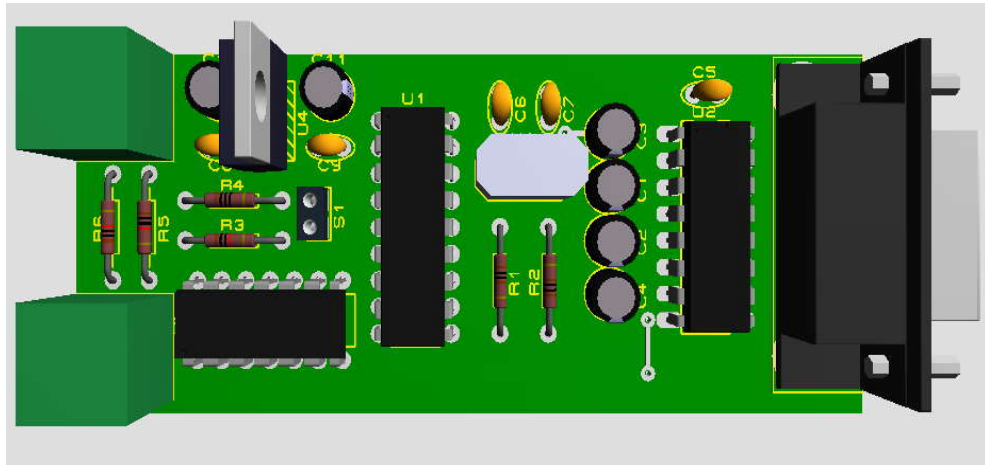


Figura 33a. Vista superior

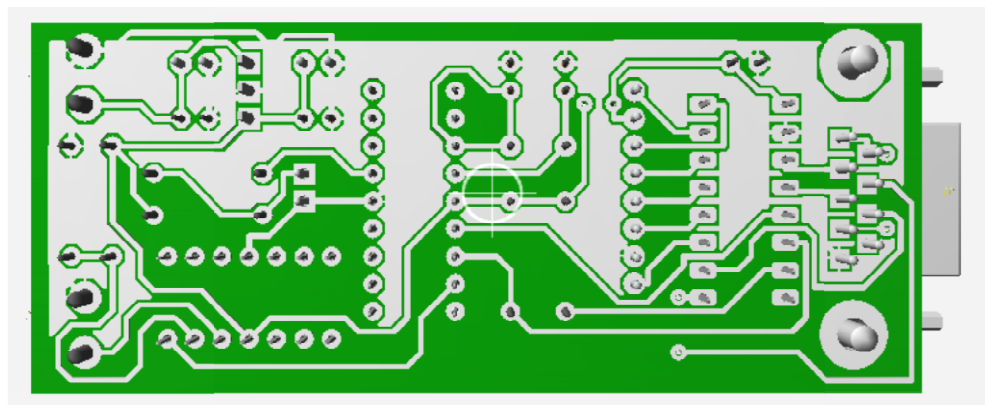


Figura 33b. Vista inferior

(Fuente: Autor.)

11. DESARROLLO E IMPLEMENTACION DE UN SOFTWARE QUE DETECTE OBJETOS MEDIANTE UNA CAMARA WEB Y UN MINI LASER INFRAROJO Y QUE ACTIVE UNA SALIDA DE AUDIO DEPENDIENDO DE LA DISTANCIA

Mediante la implementación de una técnica de medición de distancias, se determinará la magnitud exacta en centímetros a la cual se encuentra una persona de un objeto ubicado frente a él, para luego convertir dicha magnitud a información audible, transmitiendo un mensaje claro y lo más completo posible al invidente, de manera que con base en esto él pueda tomar una decisión. Este proceso se realizará a través de un software desarrollado en **Visual Basic 6**.

El diseño se ha dividido en dos fases de desarrollo: **Percepción**, que consiste en capturar a través de un dispositivo de hardware la escena ubicada frente al invidente en forma de imagen, a fin de determinar mediante algoritmos computacionales la distancia entre la persona y el objeto; y **Conversión** o transducción, que consiste en la conversión de la medida de la distancia a información audible comprensible, proporcionada al invidente a través de un dispositivo de audio.

11.1 Percepción

Con el fin de determinar la distancia a la cual se encuentra una persona de un objeto, se hace uso de dos herramientas, una cámara y un apuntador laser. El apuntador laser proyecta un haz de luz sobre el objeto ubicado en el campo visual de la cámara, y así, una vez capturada la escena por medio de esta se puede ver en la imagen una zona más iluminada, cuya posición respecto al eje y permitirá obtener la magnitud de la distancia.

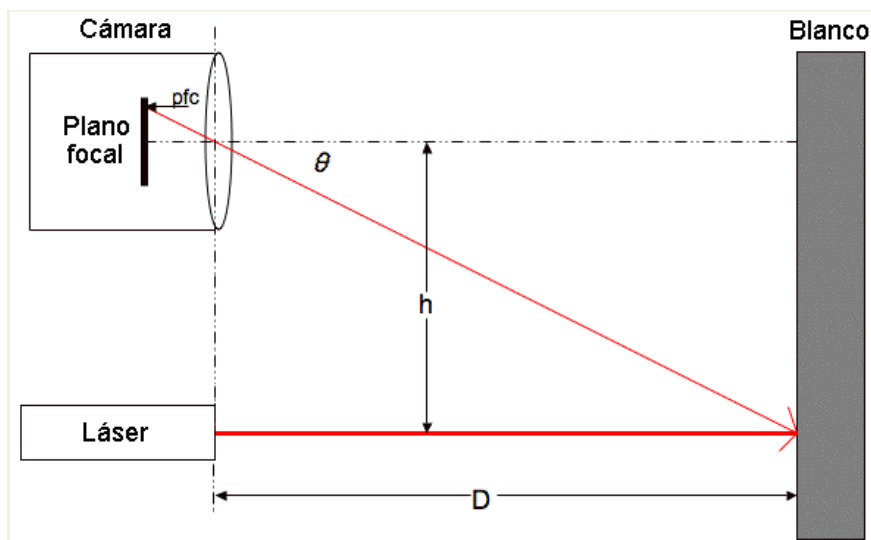
Ahora bien, partiendo de la definición de tangente:

$$= \frac{\text{opuesto}}{\text{adyacente}} \quad (5)$$

Y teniendo en cuenta la notación usada en la figura 34, se dice que el lado puesto corresponde a h y el lado adyacente a D , la ecuación matemática que se usa para determinar D (Distancia establecida desde el puntero laser hasta el objeto), está basada en la teoría de la triangulación simple así:

$$\tan \theta = \frac{h}{D} \quad (6)$$

Figura 34. Modelo para hallar la distancia utilizando una cámara web y un laser.



(Fuente: http://www.pages.drexel.edu/~twd25/webcam_laser_ranger.html.)

Donde h es la distancia desde el centro visual de la cámara hasta el puntero laser y θ corresponde al ángulo que forma la línea que va desde el haz de luz proyectado en el objeto hasta la parte superior del lente de la cámara con la horizontal respecto al centro visual de la cámara. Según el estudio realizado por Tod Danko¹⁵

¹⁵ Danko, T. Webcam based DIY laser rangefinder.

DOI= http://www.pages.drexel.edu/~twd25/webcam_laser_ranger.html.

Theta puede ser definido en términos matemáticos como:

$$\theta = \arctan \left(\frac{pfc}{rpc} + ro \right) \quad (7)$$

Donde **pfc** corresponde a la cantidad de pixeles desde el centro del Plano focal (punto medio de la imagen refractada por la lente) hasta el lugar donde aparece el punto del laser, **rpc** corresponde a los radianes que ocupa cada pixel y **ro** corresponde al desplazamiento en radianes (compensa errores de alineación).

Partiendo de la Ecuación 7 y reemplazando **Theta** se obtiene:

$$pfc = \frac{rpc \cdot \tan(\theta - ro)}{1} \quad (8)$$

A fin de conocer el valor de **Theta** se determina el valor de los tres términos que conforman la ecuación 7.

Hallar el valor **pfc** consiste simplemente en establecer la cantidad de líneas o pixeles desde el centro de la imagen hasta la zona más brillante respecto al eje y.

Mediante muestras reales, en las cuales se establece el valor **pfc** a partir de la imagen, se mide la distancia real para cada caso y con ayuda de la siguiente ecuación (obtenida de despejar θ de la ecuación 6), se obtienen los valores de θ real para cada caso, lo cual permitirá realizar el calibrado de los términos restantes **pfc** y **ro**.

$$\theta = \arctan \left(\frac{pfc}{rpc} + ro \right) \quad (9)$$

Para poder identificar la región más brillante dentro de la imagen (representa el haz de luz emitido por el puntero laser y capturado por la cámara), se proyecta el haz del puntero láser sobre un objeto en el campo visual de la cámara; lo ideal es que este haz sea paralelo al eje óptico de esta. Junto con el resto de la escena tomada por la cámara de imagen, capturamos el punto luminoso del láser. Se aplica un simple algoritmo sobre la imagen, a la búsqueda de los pixeles más brillantes.

Asumiendo que la luz del láser es el área más brillante de la escena (algo que se cumple en las fotografías de más abajo, realizadas en interiores con un puntero láser común y de bajo precio), se puede conocer la posición de este punto luminoso en el cuadro de imagen.

En la figura 35 se presenta el entorno gráfico del software.

Figura 35. Interfaz Visual del Software.



Fuente (Autor)

La cantidad de pixeles desde el centro del plano focal hasta el lugar donde aparece el punto del láser se puede contar trabajando sobre la imagen (simplemente, es una cantidad de líneas de imagen).

Ahora se debe hacer una calibración para obtener los otros parámetros de la ecuación.

Para calibrar el sistema, se toma una serie de mediciones en las que se conoce la distancia hasta el blanco, y también se toma como parámetro de medición, a qué cantidad de pixeles desde el centro de la imagen se encuentra el punto en cada caso. Este es un ejemplo de recolección de datos:

Tabla 7. Datos de calibración.

Pixeles desde el centro	D real (cm)
84	28
62	45
52	58
48	71
41	90
43	109
37	127
34	159
33	189
31	218

(Fuente: Autor)

Usando la Ecuación 7, se puede calcular el **ángulo real** con base en el valor de **h** y también la **distancia real** para cada punto.

De los datos de calibración se obtiene:

Desplazamiento (ro) = -0,056514344 radianes

Ganancia (rpc) = 0,0024259348 radianes/pixel

Se procede a aplicar la ecuación 8:

Acá se muestran los datos obtenidos al realizar los cálculos y el error contra la distancia real en los datos de calibración:

Tabla 8. Datos de distancia calculados y reales.

Pixeles desde el centro	D calculada (cm)	D real (cm)	% de error
84	28.65	28	2.26
62	45.13	45	0.28
52	60.90	58	1.47
48	70.83	71	-0.24
41	98.89	90	8.98
43	108.82	109	-0.16
37	127.79	127	0.61
34	163.62	159	2.82
33	180.9	189	-4.47
31	224.6	218	2.93

(Fuente: Autor)

11.2 Transducción

Una vez establecido el punto (en pixeles) más brillante de la imagen, se procede a convertir la distancia virtual en información audible comprensible por el ser humano. En este punto se tiene en consideración la información que se obtiene del sensor de ultrasonido que se implementó en forma paralela de manera que el dispositivo sea más seguro y confiable.

Ahora se procede a tomar una decisión con base en la distancia que obtenemos mediante el laser y la señal que envía el circuito del sensor de ultrasonido a través del sistema de comunicación que se desarrolló para este fin, para posteriormente emitir un mensaje de voz en el cual se dará información de la presencia de un obstáculo y la distancia a la que este se encuentra.

Para conseguir esto se utilizó un sintetizador de voz¹⁶ [1], con el fin de comunicarle al invidente a través de un mensaje claro y concreto la distancia exacta a la que se encuentra del objeto. Para llevar a cabo esta tarea se tienen dos posibilidades una utilizando el software TTS (*Text-to-Speech*) **SodelsCot Estandar 3.6** en su versión de prueba [2]. En caso de que este prototipo llegara a la etapa de comercialización sería necesario comprar su licencia. La otra es utilizando las librerías SAPI de Windows.

¹⁶ **Sintetizador de voz.** Generación, por medios automáticos, de una voz artificial que genera idéntico sonido al producido por una persona al leer un texto cualquiera [1].

El criterio que se utilizó para determinar si un objeto está cerca o lejos se basa en que todo ojo no puede enfocar objetos situados más cerca de una determinada distancia, denominada **punto próximo** o **punto cercano**, y teniendo en cuenta que en una persona adulta sin defectos ópticos éste punto se sitúa a 25cm del ojo, el punto próximo se determina como el valor mínimo de la estimación cercana. Además, teniendo como referencia que la estimación de “cerca” se define como la distancia con el brazo estirado a cualquier objeto que podamos tocar sin esfuerzo, donde el promedio de longitud para mujeres adultas está entre 50cm y 52cm y para hombres entre 57cm y 59cm. Por lo tanto el parámetro para estimar una distancia cercana está entre 0.25m y 0.56m.

11.3 Implementación del software

El software que se implementó¹⁷ fue desarrollado en Visual Basic 6.0 por ser un lenguaje de programación amigable, de fácil comprensión. Con la desventaja de que necesita un componente especial para el manejo de imágenes; este es una librería llamada **ActiveX VideoOCX**, la cual no es gratuita así que es necesario comprarla. En el desarrollo de este proyecto se utiliza una versión de prueba, pero en el caso de llegar a la fase de comercialización sería necesario incluir el precio de la licencia de esta aplicación.

¹⁷ El código en Visual Basic original está disponible en:
http://www.pages.drexel.edu/~twd25/laser_ranger/vb_laser_ranger.zip

12 CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO

12.1 Implementación del circuito para el sensor ultrasónico

En este momento se tiene definido el tipo de sensor ultrasónico que se utilizara en el prototipo además del dispositivo programable que gestionara el sensor, además de lo anterior el PIC como el sensor necesitan otros elementos que hacen parte del circuito para su correcto funcionamiento, a continuación enumeramos estos componentes y su función en el circuito de detección.

12.1.1 Cristal de 20MHZ

El micro controlador a pesar de tener un oscilador interno este no se utiliza se implementa un oscilador externo de 20mhz para suplir las necesidades del circuito de sensor (Ver figura 36), donde se puede observar un oscilador típico.

Figura 36. Osciladores



(Fuente: <http://www.sigmaelectronica.net/xtal-20-mhz-pi-189.html>)

12.1.2 Regulador de voltaje positivo 78105

Tanto en sensor como el PIC deben trabajar a 5v y al fuente de alimentación del circuito es de 9v mediante una pila cuadrada por tal motivo se utiliza un regulador de voltaje denominado 78105 el cual da un voltaje exacto de 5 voltios para alimentar estos dos elementos se escogió esta referencia debido a su pequeño tamaño, bajo costo, fácil de conseguir y la capacidad que tiene de manejar la corriente del sistema que es de aproximadamente 5mA (Ver figura 37).

Figura 37. Reguladores de voltaje 78105



(Fuente: <http://www.sigmaelectronica.net>)

12.1.3 Transistor 2N3904 bipolar del tipo NPN

El PIC por el pin 9 emite su señal de salida esta salida tiene un voltaje promedio de 5V debido a que esta señal debe ir tanto al vibrador como para la entrada de la comunicación al PC es necesario amplificar esta señal de tal forma que sirva para ambas entradas, esta labor es la que desempeña el transistor 2N3904 muy común en el mercado local pequeño y de bajo costo características idóneas para hacer parte del proyecto. (ver figura 38) donde se puede observar un amplificador típico.

Figura 38. Transistor bipolar NPN Ref. 2N3904

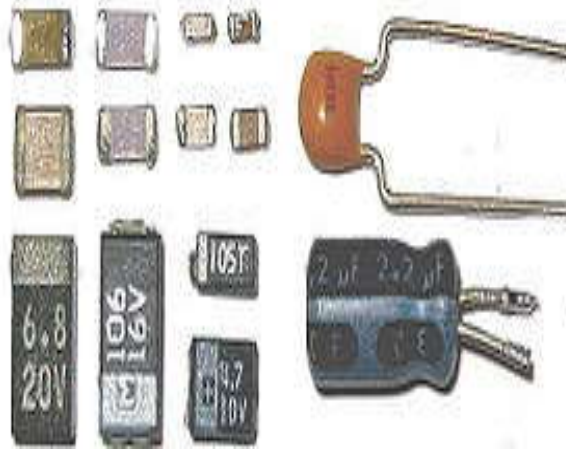


(Fuente: <http://www.sigmaelectronica.net>)

12.1.4 Capacitor

Los capacitores hacen parte fundamental de este proyecto su función principal es la de regular y mantener voltajes en puntos donde se necesita un voltaje preciso o se desea eliminar algún tipo de ruido como el caso del oscilador el cual se le añaden dos capacitores tipo cerámico de 22 uf o el caso del regulador el cual se le colocan una serie de condensadores electrolíticos para mantener lo más estable su voltaje en 5V (ver figura 39). Donde se pueden observar los tipos de capacitores utilizados en el prototipo.

Figura 39. Capacitores varios



(Fuente: http://www.natureduca.com/images_blog/cienciaytecho/condensadores.jpg)

12.1.5 LED

Se utiliza un LED o diodo emisor de luz en el prototipo para que indique la posición de encendido y funcionamiento del elemento sensor (ver figura 40).

Figura 40. LED



(Fuente: <http://www.sigmaelectronica.net/led-rojo-3mm-p-890.html>)

12.1.6 Terminales

Este tipo de terminales son utilizados para alimentar el circuito de detección del sensor y para sacar la señal ya amplificada proveniente del PIC hacia el circuito de comunicación (ver figura 41), terminal tipo bloque de 2 pines.

Figura 41. Terminal Block 2 Pines



(Fuente: <http://www.sigmaelectronica.net/ed1621-p-1215.html>.)

12.1.7 Resistencia

Su función principal es la de oponerse al paso de la corriente se utiliza para regular la corriente que entra al LED y el transistor (ver figura 42), resistencia.

Figura 42. Resistencias

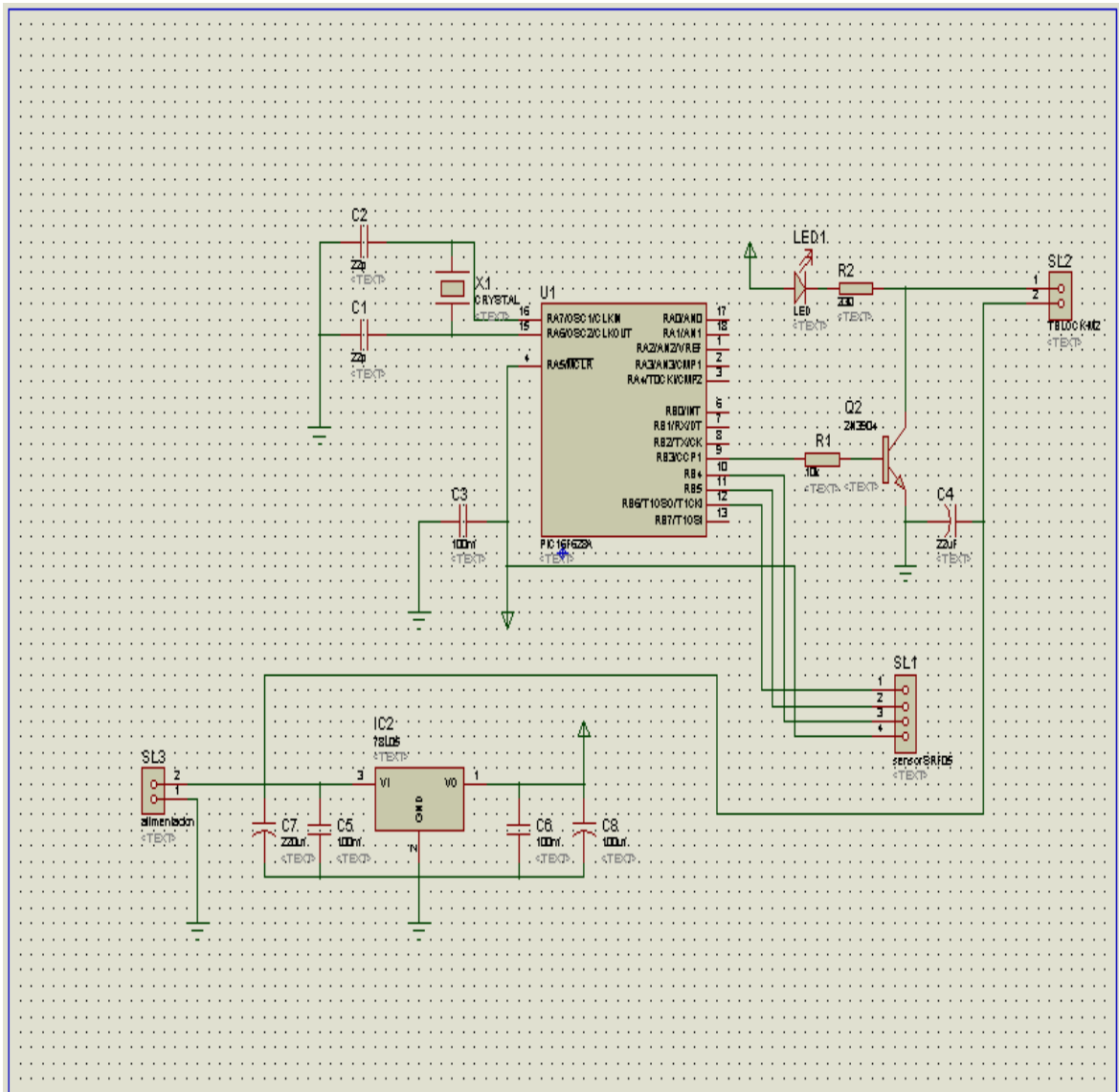


(Fuente: <http://www.google.com.co/imgres?imgurl>)

12.2 Esquema del circuito de detección para el sensor.

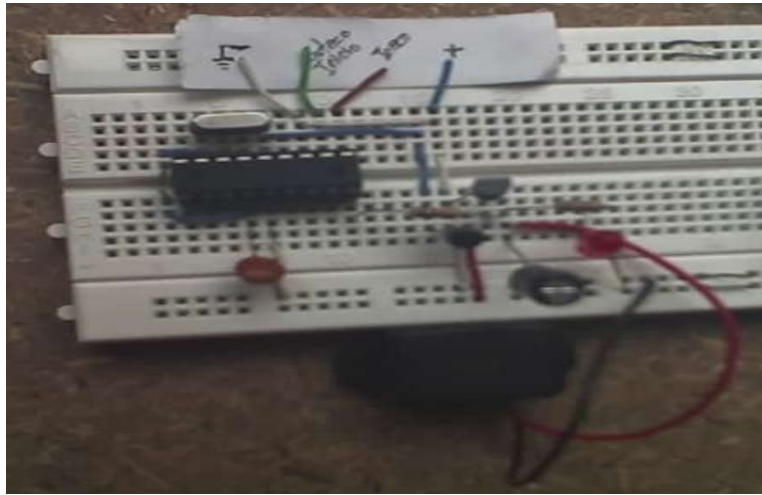
A continuación observamos el diagrama del circuito del sensor esquemático realizado en Proteus Isis (ver figura 43).

Figura 43. Diagrama esquemático del circuito del sensor.



En la siguiente foto ver (figura 44). Se muestra el circuito del sensor montado en un protoboard en su fase inicial. Donde se realizaron las primeras pruebas al sensor ultrasónico SRF 05 para conocerlo y familiarizarse con el.

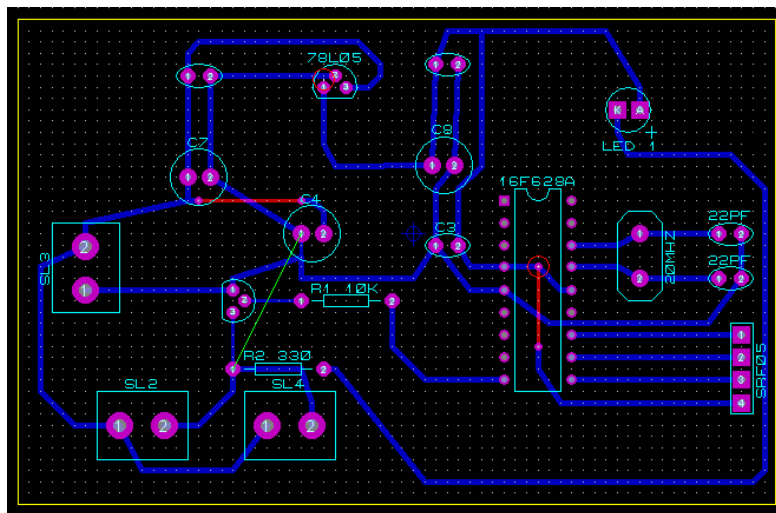
Figura 44. Impreso del circuito del sensor.



(Fuente: Autor)

Se realiza el impreso de tarjeta del sensor (Ver figura 45), la vista del circuito y sus componentes en tercera dimensión. (Ver figura 46a, 46b), realizadas en el Programa Proteus Ares.

Figura 45. Impreso del circuito del sensor.



(Fuente: Autor)

Figura 46. Vista del circuito de sensor en 3D.

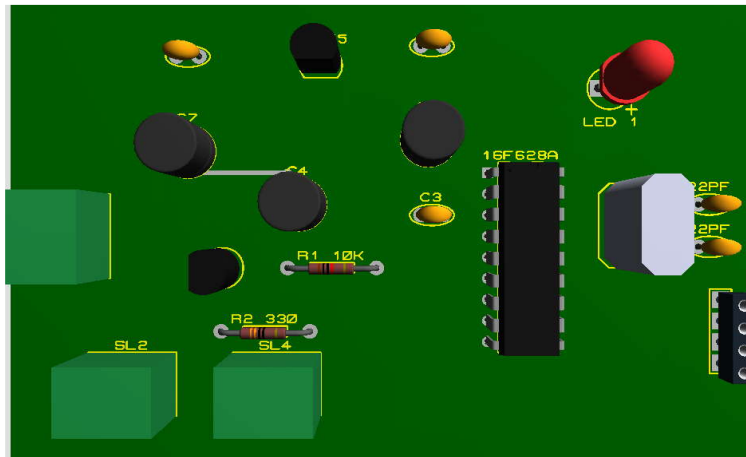


Figura 46a. Vista superior

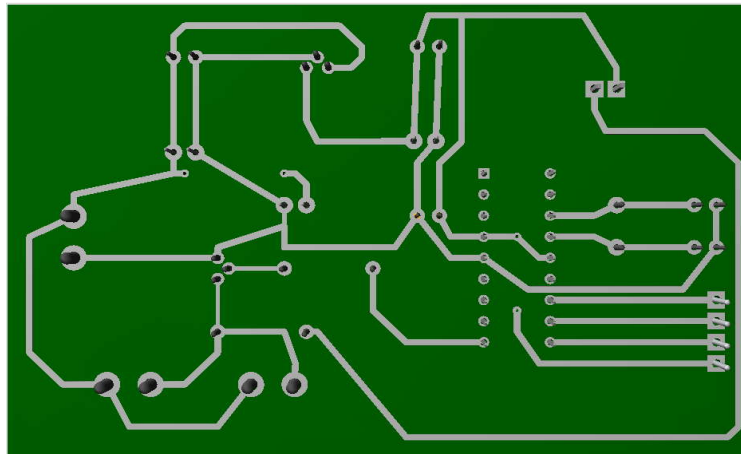


Figura 46b. Vista inferior

(Fuente: Autor).

12.3 Implementación de la cámara web y el laser

Este medidor de distancia se compone de pocos elementos. Que son económicos y de fácil adquisición en el mercado local. Estos son: Una cámara web convencional marca *Genius* y un puntero laser simple.

La estructura que soportará físicamente el peso y dará ubicación y alineación a los componentes, de manera que el puntero láser apunte en dirección paralela al eje de la cámara para que en conjunto sean completamente funcionales, será una caja construida en acrílico de 2 mm de espesor, en cuyo interior se instalarán unas guías para facilitar la instalación de las partes y su posterior calibración mediante tornillos. (ver figura 50). A continuación en las figuras 47 y 48 se pueden observar la cámara y el apuntador laser utilizados.

Figura 47. Cámara web convencional. (Resolución 640x480)



Fuente: Autor

Figura 48. Apuntador laser convencional.



Fuente: Autor

12.4 Sistema de alojamiento del prototipo

El dispositivo que aloja todos los sistemas que comprenden el prototipo en su fase inicial deberá ser de tal forma que sea rígido y resistente para poder proteger todos sus componentes internos y deberá contar con una base plana para realizar las pruebas estáticas. En este momento el tamaño de la caja no es muy importante aunque se trató de hacer lo más compacta posible.

Se determinó que el alojamiento o caja se elaborara en acrílico de 2 mm de espesor, para todo el conjunto. Se escoge este materia pues es rígido y a la vez liviano y existen una variedad de empresas a nivel local que trabajan este tipo de materiales lo cual lo hace práctico al momento de realizar algún cambio.

El alojamiento o caja es básicamente un rectángulo hueco que tiene 74 mm de ancho, 110 mm de alto y 83 de profundidad (ver figura 49).

Figura 49. Alojamiento del prototipo.



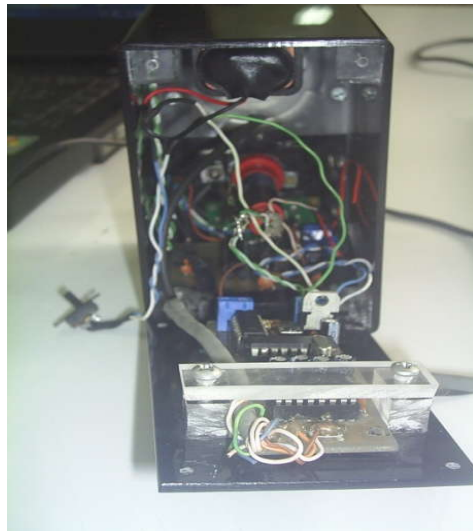
(Fuente: Autor)

En su cara frontal posee 4 agujeros en donde estarán los *Speakers* del sensor ultrasónico, la punta del laser y la lente de la cámara para que este pueda ser graduado fácilmente, las medidas de estos agujeros puede ser observada en el Anexo f.

La parte trasera posee una tapa por donde salen los cable de comunicación el de la cámara y la tarjeta de comunicación del sensor ultrasónico hacia el mini PC y el *switch* de encendido, ésta a su vez es la que permite ingresar al interior para realizar ajustes como calibrar el laser o reprogramar los PICs, esta tapa está sujeta por cuatro tornillos en cada extremo de la misma.

En su parte interior posee una serie de bases y soportes donde se alojaran cada uno de los dispositivos del prototipo como la tarjeta de comunicación y la del sensor al igual que su fuente de alimentación que es una pila de 9 V. (ver figura 50).

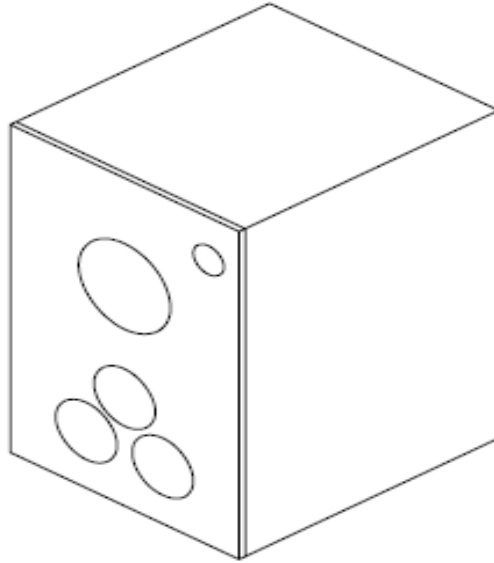
Figura 50. Interior de la caja.



(Fuente: autor)

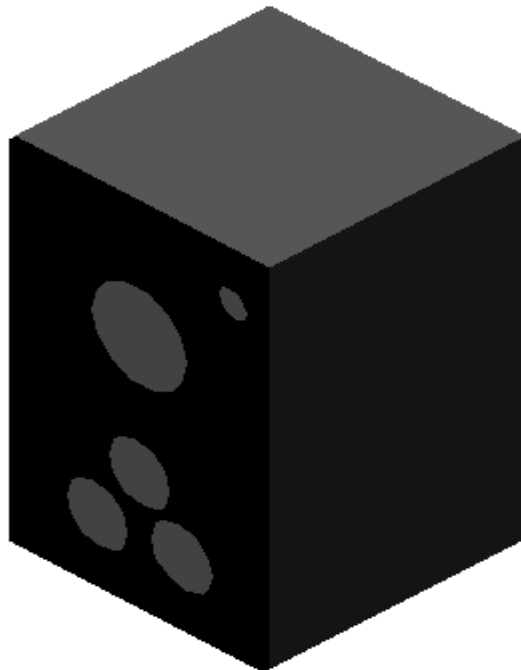
En las figuras 51 y 52, se muestran algunas características del alojamiento realizadas en el programa de diseño AutoCad 2005.

Figura 51. Isométrico del sistema de alojamiento.



(Fuente: Autor)

Figura 52. Vista en tres dimensiones del sistema de alojamiento



(Fuente: Autor)

En el anexo f se pueden observar los planos del sistema de alojamiento.

13. CARACTERISTICAS MINIMAS DEL DISPOSITIVO LOGICO PROGRAMABLE

En este capítulo se establecerán las características que debe tener el dispositivo lógico programable pues este es el que recibirá toda la información proveniente del sensor una vez que este haya pasado por la tarjeta de comunicación entre el este y el PC y a su vez recibir las imágenes que emitirá la cámara las cuales deben ser procesadas e implementadas en un *software*.

Como punto de partida en este momento se opta por escoger un dispositivo móvil pequeño que pueda ser cargado fácilmente por el usuario sin que este interfiera en su libre movilidad pero a la vez debe ser poderoso para poder procesar todos los datos que le llegan de los sensores, afortunadamente hoy en día existen múltiples terminales o dispositivos portátiles que contienen sus propios sistemas operativos procesadores de mediana velocidad y memoria suficiente como para poder implementar un programa de mediano tamaño con un poder de cálculo moderado.

Para poder elegir correctamente el dispositivo programable se deciden clasificar estos en 3 grupos, aunque la mayoría de ellos realizan funciones de otro grupo se dividen de acuerdo a su función principal los cuales se mencionan a continuación

- Dispositivos móviles para comunicación y entretenimiento.
- Dispositivos móviles para trabajo y entretenimiento.
- Dispositivos móviles tipo computador personal o *notebook* para trabajo en aplicaciones básicas y medias.

En el primer grupo se encuentran dispositivos muy conocidos como son los celulares que en la actualidad cuentan con infinidad de aplicaciones dedicadas a entretener a sus usuarios a la vez de prestar el servicio de comunicación que es la base de estos dispositivos son de tamaño pequeño muy portátiles y demasiado versátiles dentro de esta categoría también entran algunos reproductores de música como el *ipod* y sus variantes que más que comunicar se enfocan en dar entretenimiento.

En cuanto a sus características de *software* la mayoría traen un sistema operativo simple creado por las propias compañías que los fabrica. Entre los más destacados encontramos sistemas como el *Symbian* y *Maemo* propios de Nokia y que son variantes de Linux o alguna versión de *Windows*.

Su capacidad de almacenamiento es considerable partiendo desde los 16mb de memoria interna hasta llegar a los 32 gigas en versiones actuales por medio de tarjetas de memoria, lo que les permitiría albergar fácilmente un código de programación pero de acuerdo a lo expuesto en el capítulo 6.1 se utiliza una programación que solo puede correr bajo las especificaciones de un *Windows xp* o versión superior por lo cual este tipo de dispositivos queda por ahora descartado en espera que un programador implemente el *software* dentro de alguno de sus sistemas operativos.

En la (figura 53). Se puede observar un dispositivo móvil actual de la marca Nokia.

Figura 53. Dispositivo móvil para comunicación y entretenimiento.



(Fuente: <http://nokia.com.co>)

En el segundo grupo se encuentran dispositivos enfocados a satisfacer funciones básicas necesarias en un dispositivo móvil como es la edición de textos, realización de tablas, lectura de correos electrónicos, todo esto sin dejar atrás el entretenimiento como la reproducción de música, videoclips, juegos, etc.

Dentro de este grupo se encuentran las denominadas *Pocket PC* o computadoras de bolsillo, son fabricadas por muchas compañías fabricantes de PC y existen infinitas de variable en cuanto a su *software*, destacándose una variante de *Windows* denominadas *Windows móvil* y *Windows CE* son pequeñas, muy fáciles de llevar y trabajar con ellas. Poseen puertos de comunicación USB o mini USB, *bluetooth* y comunicación por infrarrojo, capacidad de procesamiento de entre 1 a 8 gigas por tarjeta de memoria, aunque sus características son interesantes sus

sistemas operativos las limitan y hacen que nuestro programa realizado en visual Basic 6 no pueda ser implementado en su arquitectura.

En la (figura 54). Se puede observar un dispositivo móvil del segundo grupo

Figura 54. Dispositivo móvil para trabajo y entretenimiento marca HP.



(Fuente: <http://www.hp.com>)

Dentro de tercer grupo se encuentran dispositivos móviles tipo computador personal muy pequeños que implementan sistemas operativos completos como *Windows XP* y sus versiones superiores, *Linux*, etc.

Ese tipo de dispositivos existe gracias al *boom* de la tecnología actual lo que les permite poseer cantidades aceptable de memoria y procesadores con una velocidad más que suficiente para poder lidiar con un sistema operativo entero, en cuanto a su capacidad encontramos dispositivos que poseen desde 4 Gb hasta 250 Gb. Insertos en memoria de tipo sólido o discos duros convencionales miniatura.

En la actualidad muchas compañías reconocidas tiene dentro de sus listas de ventas este tipo de mini computadores, para personas que quieren algo más que una *Pocket PC* pero que no quieren cargar con un computador portátil pesado y de dimensiones generosas.

Su tamaño es relativamente pequeño y aunque no tanto como los de las categorías anteriores, si pueden ser manipuladas con facilidad pues su peso no es muy elevado alrededor de 3 libras. (ver figura 55)

Figura 55. Dispositivo móvil mini computador personal.



(Fuente: [http://sony stile.com](http://sony-stile.com))

Su precio oscila entre los \$400.000 a \$2.500.000.

Debido a las características dadas anteriormente se concluye que el prototipo se beneficiaría de un dispositivo de este tipo.

Para realizar las pruebas y someter el prototipo a evaluación contamos con un dispositivo de esta clase al cual se le conectara el prototipo.

13.1 Características de dispositivo a utilizar

Se cuenta con una PC tipo mini denominada Sony VAIO PCg-u3 (ver figura 56).

Figura 56. Dispositivo móvil utilizado para el prototipo.



(Fuente: http://the-gadgeteer.com/2008/01/30/sony_vaio_PCG_u3_umPC/)

Especificaciones del hardware

Modelo: PCG-U3

CPU: *Transmeta Crusoe* TM5800 procesador de 933MHz

Memoria: (máximo) de 256 MB SDRAM (a bordo) (máximo de 512 MB a través de la actualización) * 24 MB utilizados por el sistema

Disco duro: 20 GB (Ultra ATA100)

Video: ATI VGA RADEON tecnologías de movilidad M-8MB

PC Card de tipo 2 × 1, también *Compat CardBus*.

Ethernet LAN 100Base-TX/10Base-T

Interfaz USBx2, i.LINK (IEEE1394) S400 terminal (cuatro polos) x1, entrada de micrófono (mini conector) x1,

Teléfonos (Mini *Jack* estéreo) x1, DC OUT (fuente de alimentación) sólo para productos relacionados con la biotecnología, conector x1, x1 Salida TV (Opción por cable PCGA-DA1S), adaptador de CA 100-240V 50-60Hz (incluido)

Cargado SO: *Windows XP Home Edition* (Japonés pre-instalar, Inglés - Opcional) Lo que funciona en XP Inglés? Todo el *hardware* - *Zoom*, *Hybernate*, *Jog Dial*, teclado, *Memory Stick*, PCMCIA, red LAN, *FireWire (iLink)*, Video, Sonido, Gestión de energía, etc.

Monitor de 6,4 pulgadas XGA (1024 × 768) de cristal líquido TFT en color *Extras Magic Gate* / memoria ranura x1.

Tiempo de batería (estándar) Cerca de 2,5 - 4 horas

* En el modo de ahorro de energía. El tiempo de la batería puede variar con el uso,

Tamaño exterior 184.5 (W) x139 (D) x30.6 (H) mm 7,3 pulgadas

Peso 820g (con batería estándar) - 1,8 libras¹⁸.

Las características más importantes que se tuvieron en cuenta para escoger este dispositivo fueron.

Sistema operativo *Windows XP home Edition* dentro del cual puede correr una aplicación de Visual Basic 6 incluso se le puede montar el programa en sí.

Capacidad de memoria de 20 Gb más que suficiente para sustentar el ejecutable.

¹⁸ Fuente: http://the-gadgeteer.com/2008/01/30/sony_vaio_PCg_u3_umPC/

Procesador de 933 MHz, esta velocidad es suficiente para procesar las imágenes y señales provenientes de los sensores.

Memoria RAM de 256 Mb Esta memoria es baja pero en pruebas preliminares encontramos que se puede trabajar con esta capacidad sin que afecte en gran medida el desempeño del prototipo.

Dimensiones. Como se puede ver, el PC es de dimensiones compactas, fácil de llevar en un canguro o en un bolsillo grande, su peso es relativamente bajo lo cual lo hace portable, característica principal del dispositivo que se estaba buscando.

14. REALIZACION DE PRUEBAS EXPERIMENTALES

14.1 Rango de medición del dispositivo.

El prototipo está compuesto por dos sistemas de detección de distancia, estos sistemas los conforman un sensor ultrasónico ref. SRF05 de la marca *devatech*, (ver figura 16) y un sistema de detección de objetos basado en un telemetro laser conformado por una cámara *web* y un apuntador laser (ver figura 49).

Ambos sistemas trabajan en unos rangos mínimos y máximos de distancia a medir obtenidos debido a su construcción y diseño interno. En el caso de la cámara *web* y el laser tenemos que esta puede medir desde un rango comprendido entre 28cm a 218cm (ver tabla 7) en base a los pixeles de la cámara y su precisión basado en el enfoque que puede dar la cámara sin que se distorsione el punto luminoso o haz de luz, (ver tabla 8), el caso del sensor ultrasónico, este puede detectar y medir distancias comprendidas entre 1.7 cm y 4.29cm, la determinación de estos datos pueden verse el capítulo 6.2

Debido a la variación de rangos de ambos datos es necesario establecer un rango en común entre los dos sensores para que puedan medir una determinada distancia en conjunto.

Se decide que la distancia mínima a medir será de 30 cm de distancia que cubre ambos rangos de medición de los sensores hasta 150 cm de distancia rango que también cubre ambos sensores.

Basados en entrevista con personas invidentes que conformaron el grupo de trabajo en la materia de gestión social de ingeniería mecatrónica,. un invidente determina que un objeto se encuentra cerca cuando esta al alcance de su mano cuando esta estirada o a 2 pasos de distancia de el. Estas distancias fueron determinadas entre 85cm y 100cm por tal motivo se determina que un objeto esta cerca cuando se encuentra a una distancia de entre 30 y 100cm de una persona, esta distancia conforma el primer rango de medición para el prototipo.

Cuando el objeto se encuentra a una distancia mayor a la anterior pero a menos de 3 pasos de una persona invidente se dice que el objeto se encuentra a una distancia media dentro de la cual la persona puede reaccionar ante un obstáculo que se encuentre frente a el y realizar una acción de paro o retroceso, esta distancia se establece entre 101cm y 150cm, esta distancia representa el segundo rango para la medición.

Para distancias mayores a esta, el objeto se encuentra a una distancia dentro de la cual no representa peligro inmediato a una persona invidente por lo tanto no es necesario obtener información sobre esa área.

14.2 Tipo de medición a realizar al dispositivo (Sensibilidad y Error).

Es necesario determinar que tan preciso es el prototipo, por tal motivo se someterá a una prueba donde podamos obtener su precisión basada en el error estadístico comprendido por el error absoluto (ver ecuación 9) y el error relativo (ver ecuación 10). Estos errores serán obtenidos realizando un muestreo de distancias medidas comprendidas dentro de los dos rangos que los sensores detectan.

$$= \quad (9)$$

Donde:

e_{abs} = Grado de error de la medición absoluta.

x = Valores observados o dato real de medición.

t = Valores verdaderos.

$$= \quad / \quad (10)$$

Donde:

e_{rel} = Grado de error de la medición relativa.

e_{abs} = grado de error de la medición absoluta.

Media= Valor media de las muestras tomadas en cada intervalo de distancia (ver ecuación 11).

$$= \quad / \# \quad (11)$$

Donde:

= Sumatoria de cada uno de los individuos.

= Número total de individuos.

14.3 Determinación del número de mediciones.

La estadística es muy importante en la Ciencias Experimentales¹⁹. Toda experiencia debería tener detrás un estudio estadístico que indique cuantos datos debemos tomar y cómo tratarlos una vez realizada la misma.

Como se trata de realizar medidas experimentales, las reglas que vamos a adoptar en el cálculo con datos experimentales son las siguientes:

- Una medida se debería repetir tres ó cuatro veces para intentar neutralizar el error accidental.
- Se tomará como valor real (que se acerca al valor exacto) la media aritmética simple de los resultados obtenidos de las mediciones.

Para determinar el número de mediciones partiremos del rango dentro del cual será realizado el muestreo.

Para el rango de 30cm a 100cm se medirá cada 10 centímetros partiendo desde la distancia mínima hasta la máxima comprendida dentro del rango, a cada medición se realizara una repetitividad de 10 muestras para evitar el error accidental. En base a lo anterior tenemos que tomaremos en total 80 muestras a las cuales se les realizara el análisis estadístico, primero tomando la media de los errores obtenidos de las 10 muestras en cada distancia o valor real y luego en base a esas medias se saca el error absoluto y relativo en cada intervalo .

Para el rango de 101 cm a 150 cm nuevamente se medirá cada 10 centímetros y se tendrá una repetitividad de la medición de 10 muestras para evitar el error

¹⁹ Información estadística obtenida de la pagina
http://platea.pntic.mec.es/pmarti1/educacion/3_eso_materiales/b_i/conceptos/conceptos_bloque_1_3.htm

accidental obteniendo así un total de 50 muestras para este rango que representan ampliamente la población que se esta midiendo la cual se someterá al análisis anteriormente descrito en el intervalo anterior.

Existe una posibilidad donde solo un sensor funcione en ese caso el prototipo se basa solo en la información que da el sensor ultrasónico por eso es necesario realizar las mismas mediciones sobre él durante el cual solo emitirá una voz que dirá el rango donde se encuentra el objeto más cercano medido por este sensor.

Las pruebas se realizaran de la misma forma con el mismo tamaño de muestra y solo se verificara si en cada caso el sensor detecta el objeto dentro del rango.

Finalmente se determinara el error total absoluto y relativo del prototipo en base a todas las mediciones realizadas en todos los intervalos.

14.4 Análisis realizado al prototipo.

A continuación se muestra las tablas de los datos obtenidos en las mediciones.

En la tabla 9 se puede observar cada una de las mediciones obtenidas en el rango de 30cm a 100cm colocando un objeto enfrente del dispositivo activando ambos sensores.

Tabla 9. Datos de distancia calculados entre 30cm y 100cm.

rango entre 30 y 100cm	dis c1	dis c2	dis c3	dis c4	dis c5	dis c6	dis c7	dis c8	dis c9	dis c10	srf05 activo
30	31	30	30	30	31	30	28	30	30	30	si
40	40	40	40	40	39	40	40	39	40	40	si
50	50	48	51	50	51	51	50	50	50	48	si
60	60	60	60	57	60	57	57	60	57	60	si
70	72	72	71	70	71	70	71	71	71	71	si
80	80	80	80	77	80	80	80	80	80	80	si
90	95	95	90	95	90	90	90	90	95	90	si
100	101	101	104	101	101	101	104	101	104	101	si

(Fuente: Autor)

de los datos obtenidos en la tabla 9 se procede a realizar los cálculos de la media, error absolutos, porcentual y relativo de cada rango de medición (ver tabla 10).

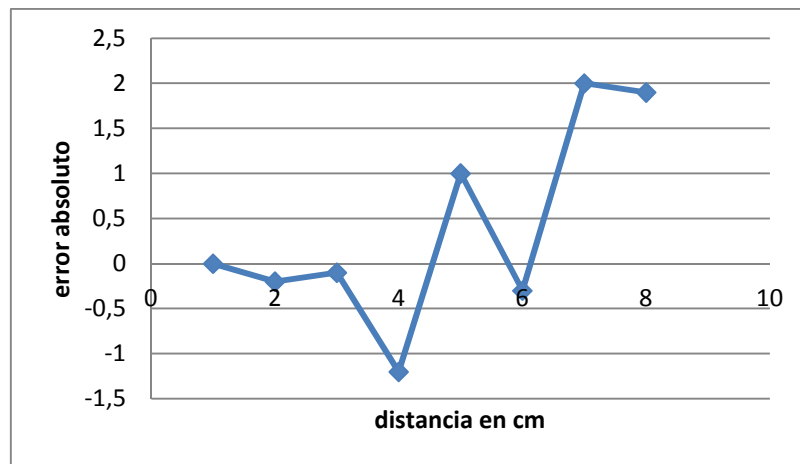
Tabla 10. Datos obtenidos entre 30cm y 100cm.

Media	error abs	error %	error rel
30	0	0	0
39,8	-0,2	-0,002	-0,0050251
49,9	-0,1	-0,001	-0,002004
58,8	-1,2	-0,012	-0,0204082
71	1	0,01	0,01408451
79,7	-0,3	-0,003	-0,0037641
92	2	0,02	0,02173913
101,9	1,9	0,019	0,01864573

(Fuente: Autor)

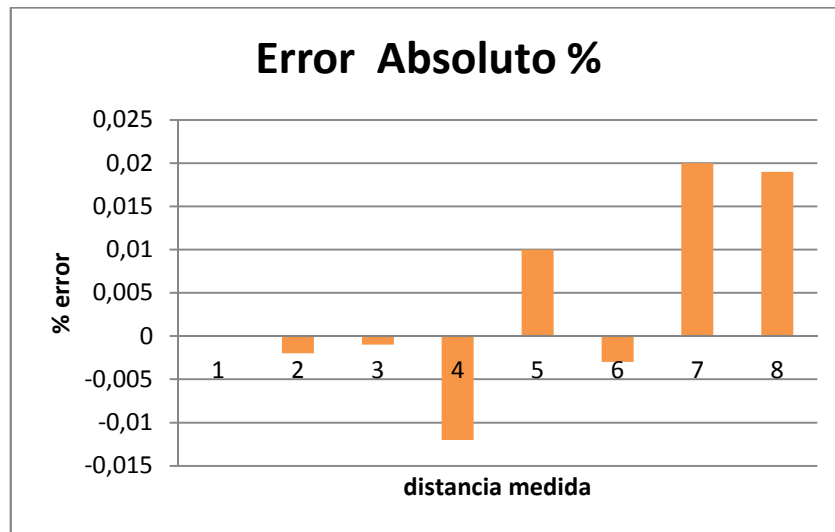
En las figuras 57 ,58y 59 se muestra la dispersión de los errores absolutos porcentuales y relativos de cada medición realizada.

Figura 57. Dispersión del error absoluto vs distancia medida.



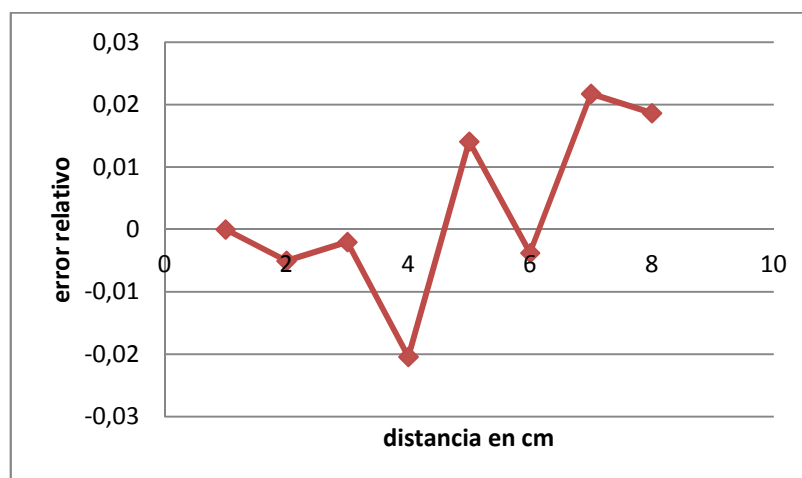
(Fuente: Autor)

Figura 58. Dispersión del error absoluto %.



(Fuente: Autor)

Figura 59. Dispersión del error relativo vs distancia medida.



(Fuente: Autor)

En la tabla 11 se observa cada una de las mediciones obtenidas en el rango de 101cm a 100cm colocando un objeto enfrente del dispositivo activando ambos sensores.

Tabla 11. Datos de distancia calculados entre 101cm y 100cm.

rango entre 100 y 150cm	dis c1	dis c2	dis c3	dis c4	dis c5	dis c6	dis c7	dis c8	dis c9	dis c10	srf05 activo
101	104	104	104	101	101	101	104	101	101	101	si
110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	si
120	120	121	120	120	120	120	120	121	120	120	si
130	130	130	131	131	131	131	131	130	130	130	si
140	144	144	144	144	140	140	140	144	140	140	si
150	158	155	155	152	155	152	152	152	155	155	si

(Fuente: Autor)

de los datos obtenidos en la tabla 10 se procede a realizar cálculos de la media, error absolutos, porcentual y relativo de cada rango de medición (ver tabla 11).

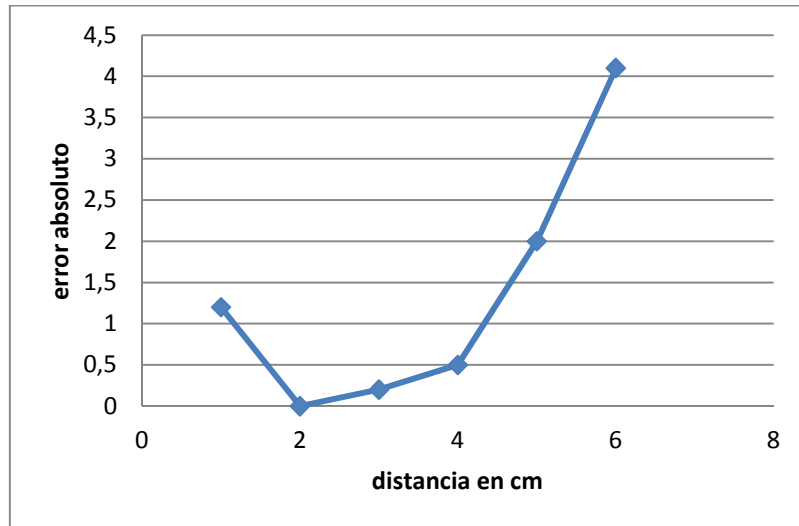
Tabla 12. Datos obtenidos entre 101cm y 150cm.

media	error abs	error %	error rel
102,2	1,2	0,012	0,01174168
110	0	0	0
120,2	0,2	0,002	0,00166389
130,5	0,5	0,005	0,00383142
142	2	0,02	0,01408451
154,1	4,1	0,041	0,0266061

(Fuente:

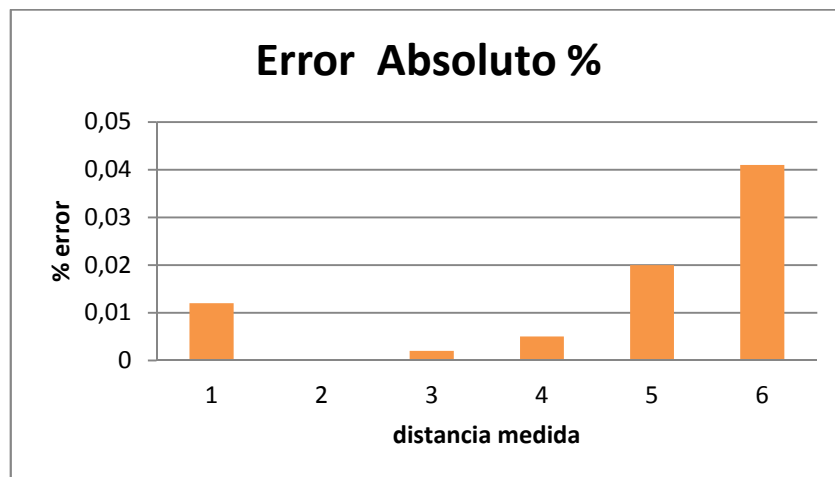
Autor).En las figuras 60 ,61y 62 se muestra la dispersión de los errores absolutos porcentuales y relativos de cada medición realizada en el segundo intervalo.

Figura 60. Dispersión del error absoluto vs distancia medida segundo rango.



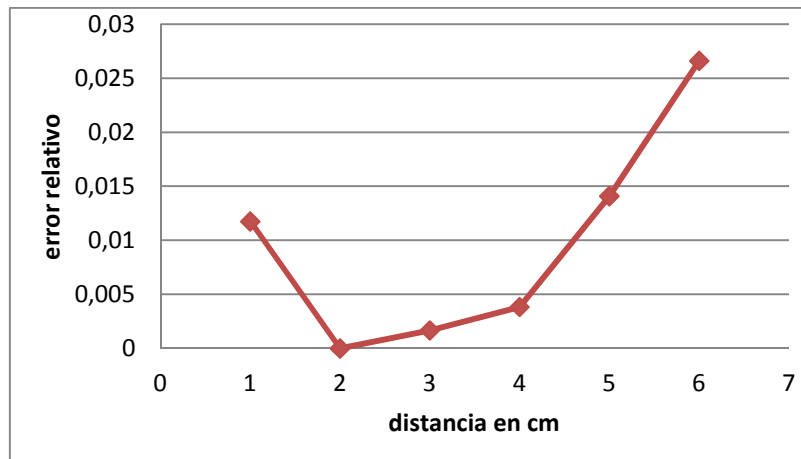
(Fuente: Autor)

Figura 61. Error absoluto % vs distancia.



(Fuente: Autor)

Figura 62. Dispersión del error relativo vs distancia medida segundo rango.



(Fuente: Autor)

Para el rango de 101cm a 150cm podemos observar las figuras 60,61 y 62 donde obtenemos la dispersión tanto del error relativo como del error absoluto en este segundo rango.

Para el error absoluto se obtuvo un error máximo del 0.041% y un mínimo de 0%

En el error relativo se obtuvo una medida máxima de 0,0266061 y una medida mínima de 0.

El objetivo de esta medición Radica En saber el error para saber cuan preciso es el prototipo a la hora de realizar mediciones. Se debe tener en cuenta la variación mínima que el prototipo es capaz de detectar antes de realizar un cambio a esto se le denomina sensibilidad.

El prototipo posee una sensibilidad de construcción de 2cm, esto quiere decir que cada 2cm el prototipo puede detectar un cambio de distancia.

Por tal motivo es de vital importancia que el error que presente el prototipo no supere el valor de sensibilidad del mismo que sería un 2% de la distancia medida, de acuerdo a esto y a las mediciones tomadas podemos decir que el prototipo tiene una precisión en el primer intervalo de **2cm±0.02** correspondiente al valor máximo del error absoluto dado.

Para el rango de 101cm a 150cm podemos observar las figuras 59,60 y 61 donde obtenemos la dispersión tanto del error relativo como del error absoluto en este segundo rango.

Para el error absoluto obtuvimos un error máximo del 0.041% y un mínimo de 0%

En el error relativo obtuvimos una medida máxima de 0,0266061 y una medida mínima de 0.

En base a los resultados obtenidos del error y la sensibilidad del instrumento tenemos que en el segundo rango el prototipo tiene una precisión de **2cm±0.041** correspondiente al valor máximo del error absoluto dado.

El error relativo solo refleja el error absoluto que cada medición tiene respecto al valor tomado como exacto o valor medio de cada distancia.

Finalmente se puede decir que el error general del prototipo se puede calcular sumando ambos errores absolutos y sacándoles la media aritmética con lo cual obtenemos que el prototipo tiene una sensibilidad media de **2cm±0.0305 cm**.

En el anexo J se pueden observar algunas fotos de toma de datos con el prototipo.

15. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A continuación se presentan algunas conclusiones basadas en el desarrollo del presente proyecto; así como las sugerencias que en un futuro servirán como la segunda fase del mismo.

- Se realizó un análisis y búsqueda exhaustivo para determinar los componentes que conformaron el prototipo, para que estos cumplieran con las características mínimas exigidas, con base en esto se escogieron los más comerciales los más comunes y asequibles que se pueden conseguir en cualquier mercado de electrónica de la región.
- En el desarrollo de este trabajo se explicó cada uno de los componentes electrónicos que lo conforman su implementación y construcción. Como son la tarjeta electrónica para el manejo del sensor ultrasónico, la tarjeta electrónica para la comunicación serial entre el prototipo y el dispositivo móvil (mini Portátil).
- Se implementó una tarjeta de comunicación con un PIC 16F84A que posee comunicación por puerto serial el cual fue programado mediante el lenguaje de programación en C y un entorno gráfico o *software* en Visual Basic 6 montado en el dispositivo móvil. la cámara web y laser se comunican mediante un puerto USB (Universal Serial Bus) que transmite los datos al entorno gráfico en Visual Basic 6 el cual procesa la información de ambos sensores.
- Se construye un prototipo funcional en cuyo interior se encuentran cada uno de los elementos que conforman el *hardware* del proyecto con sus respectivos puertos de comunicación hacia el dispositivo móvil.
- Se somete el prototipo a una primera evaluación en forma estática donde obtuvimos datos sonoros de las diferentes distancias las cuales se encuentra un objeto con una precisión aceptable, indicándonos que es posible en un futuro una posterior implementación en una persona con discapacidad visual.
- Tanto el sensor ultrasónico como la cámara web y laser no se ven afectados a la hora de realizar mediciones en un objetos de diferente material su comportamiento es el mismo y no distorsiona la detección.
- El prototipo se ve afectado en su medición cuando es sometido a un espacio donde hay alta iluminación este factor hace que el prototipo no sea un 100% confiable en este tipo ambiente.

- Con la construcción de este prototipo se comprobó que es posible implementar tecnologías y principios físicos de dispositivos de medición existentes utilizados en otros campos como la industria para otros propósitos enfocados a ser útiles a la comunidad en general y en especial a personas con algún grado de discapacidad.
- Es importante fomentar en la comunidad universitaria este tipo de investigaciones para que en un futuro se construyan y se prueben infinidad de productos que pueda beneficiar a la comunidad en general.
- Gracias a las ideas dadas por personas discapacitadas se recomienda profundizar más sobre este prototipo para que en un futuro sea aun más asequible y funcional para la comunidad invidente.
- Se recomienda aumentar las características de funcionamiento del prototipo implementado un programa más depurado y en un lenguaje menos pesado con miras a ser implementado en un dispositivo móvil aun más pequeño como una *palm* o un celular.
- Es importante hacer que el dispositivo mejore en sus cualidades físicas haciéndolo más pequeño menos pesado y más portátil disminuyendo aun más sus costos para que más adelante este pueda ser comercializado en la comunidad.
- Es posible explorar e implementar otro tipo de comunicación diferente a la actual entre el prototipo y el dispositivo móvil, se recomienda desarrollar algún tipo de comunicación tipo inalámbrica mediante *bluetooth* u otro dispositivo que liberaría al prototipo de los cables de conexión que posee en la actualidad.
- Debido a las deficiencias que presenta el prototipo cuando es sometido a alta luminosidad es importante realizar investigaciones para solucionar este inconveniente y proporcionar así una mejora cuando el dispositivo sea sometido a este entorno.

BIBLIOGRAFIA

- [1]** Adam Drozdek. Estructura de datos y algoritmos con java.
- [2]** Alan V Oppenheim ALAN S Will sky. Señales y sistemas.
- [3]** By Prieale. Robótica Guía del estudiante.
- [4]** Eduardo García Breijo. Compilador c ccs y simulador proteus para microcontroladores PIC primera edición.
- [5]** Fernández David. Programando dispositivos móviles con software libres. Taller. Universidad de Alcalá de Henares.
- [6]** Ignacio Aranda Martínez. Microcontroladores diseño practico de aplicaciones. 3ed edición.
- [7]** José Pelegri Sebastián. LabView entorno grafico de programación.
- [8]** Josep Balcells. JOSE Luis Romeral. Autómatas Programables.
- [9]** manual del Sena curso avanzado de microcontroladores PIC.
- [10]** María Teresa De Los Ríos. El lenguaje de programación java.
- [11]** RINCÓN RUIZ JUAN Elías. Diseño y construcción de un dispositivo electrónico para la detección de obstáculos, como ayuda a personas con Discapacidad visual. Trabajo de grado (ingeniería de diseño automatización electrónica).Universidad De La Salle. Facultad de ingeniería de diseño & automatización electrónica.

LINKCOGRAFIA

- [1] <http://www.arrakis.es/~nnui/historia.htm>.
- [2] http://www.deimos-pace.com/noticias_ficha.asp?ref=NOT14022009112205.
- [3] <http://www.directindustry.es>
- [4] http://www.es.wikipedia.org/wiki/C%C3%A1mara_web.
- [5] http://www.es.wikipedia.org/wiki/Historia_de_la_fotograf%C3%ADa
- [6] <http://www.estudiomarhea.net/manualc01.htm>.
- [7] <http://www.geocities.com/mywebbadepalm/programacion.html>.
- [8] <http://jenner.galeon.com/historia.htm>
- [9] http://www.lawebdelprogramador.com/news/mostrar_new.php?id=121&texto=Palm+Pilot&n1=127448&n2=0&n3=0&n4=0&n5=0&n6=0&n7=0&n8=0&n9=0&n0=0
- [10] <http://mercadolibre.com.co>
- [11] http://www.nabasi.com/gestion_movilidad.html.
- [12] <http://www.nodo50.org/utlai/lucer11.htm>.
- [13] http://www.pages.drexel.edu/~twd25/laser_ranger/vb_laser_ranger.zip
- [14] http://www.parquesoftpereira.com/?page_id=45.
- [15] <http://www.pdaexpertos.com/Tutoriales/Programacion>
- [16] www.pdfactory.com
- [17] <http://www.poderpda.com/content/view/1372/46/>
- [18] <http://r-luis.xbot.es/sensores/ir.html>
- [19] <http://www.sigmaelectronica.net>
- [20] http://www.sensing.es/Sensores_de_distancia_laser_Cm.htm
- [21] http://the-gadgeteer.com/2008/01/30/sony_vaio_pcg_u3_umpc/

[22] <http://www.willydev.net/descargas/wml.pdf>

ANEXO A

Programa para el PIC 16F628A.

```
#include <16F628A.h> //abrir librería del pic 16f628a
#fuses HS,noWDT,PROTECT,PUT,NOLVP,NOBROWNOUT,NOMCLR
#use delay(clock=2000000) //reloj en 20mhz
#priority TIMER2,TIMER1 //Tiene mas relevancia el timer2 porque es el
queinicializa el circuito
#define in_eco PIN_B4 // se define pin B4 como entrada de la señal al pic
#define out_eco PIN_B5 // se define PIN B5 como salida de la señal al pic
#define pito PIN_B3 // define el pin B3 como salida de la señal hacia el vibrador y
el acondicionador de señal

//se realiza la primera declaracion de variables
int1 alto;
int16 u_seconds,copy;
float distancia;

#int_TIMER2 //definición de TIMER2 que se activara con un retardo de 20uspara
realizar su tarea
TIMER2_isr()
{
    u_seconds+=20;
}

#int_TIMER1 //definición de TIMER1 que es el que activara las alarmas
TIMER1_isr()
{
    if(alto==0) //si alto igual a 0

    {
        output_high(pito); //active el pito y ponga alto en 1
        alto=1;
    }
    else //sino
    {
        output_low(pito); //no active el pito y ponga alto en 0
        alto=0;
    }
}
```

```

void reta(int ciclo);

#ZERO_RAM //instrucción para limpiar la ram del pic cada vez que termine un
ciclo

void main() //desarrollo del programa
{
// segunda declaracion de variables

int8 i;

output_low( out_eco); //poner en 0 el eco de salida, es decir no hacer escaneo

for(i=0;i<=2;i++) //para 3 ocasiones haga lo siguiente
{
    output_high(pito); //ponga el pito en alto, es decir actívelo con un retardo de
300ms
    delay_ms(300);

    output_low(pito); //ponga el pito en bajo es decir apáguelo por 300ms, para así
hacer entender al sistema que la entrada es una onda cuadrada
    delay_ms(300);
}

enable_interrupts(INT_TIMER1); //active interruptor o el pin que contiene el timer1
setup_timer_2(T2_DIV_BY_1,9,10);// Para el timer 2, divida el periodo interno del
microcontrolador, esto con el fin d e hacer un retardo para que empiece
inmediatamente después de timer 1
enable_interrupts(INT_TIMER2); //active interrupciones del timer 2
enable_interrupts(GLOBAL); //active interrupciones globales

do
{
    output_high( out_eco); //haga que se active el eco con una demora de 20us
y después apague
    delay_us(20);
    output_low( out_eco);

    while (linput(in_eco)); //si eco es igual a 5 voltios que es cuando encuentra
un obstáculoentonces

```

```

    u_seconds=0; //ponga microsegundos en 0, es decir, empiece desde 0

    while (input(in_eco)); //mientras haya obstáculo
        copy=u_seconds; //reemplace los microsegundos en los cuales el
        dispositivo se demoro al encontrar el obstáculo y póngalo en una variable copy
        disable_interrupts(INT_TIMER2); //desactive el TIMER2
        distancia=(float)copy/58; //ahora mediante esta formula, obtenemos la
        distancia en centímetros, la cual se obtiene por la división del ancho de pulso
        sobre la velocidad del sonido dada en centímetros sobre microsegundos.
        El resultado se centímetros 78

        if(distancia<=100) //después de haber hecho esta división, si la distancia es
        menor o igual a 100cm
            setup_timer_1(T1_INTERNAL|T1_DIV_BY_8); //524ms //haga que timer 1
            se active con una frecuencia, dividiendo el periodo interno del microcontrolador
            sobre 8, esto con el fin de hacer que los pitidos suenen mas rapido

            else if(distancia<=300) //sino, si distancia es menor o igual a 300cm
                setup_timer_1(T1_INTERNAL|T1_DIV_BY_4); //524ms //haga que timer 1
                se active con una frecuencia, dividiendo el periodo interno del microcontrolador
                sobre 4, para que se haga mas lento que el anterior

            else
                {
                    setup_timer_1(T1_DISABLED); //haga que timer 1 se desactive, ponga
                    en 0 el pito es decir no conduce nada y ponga alto en 0
                    output_low(pito);
                    alto=0;
                }

            distancia=0; //ponga los valores de copy y distancia en 0 en un retardo
            de 600ms
            copy=0;
            delay_ms(600);
            enable_interrupts(INT_TIMER2); //active timer 2

        }

        while(true); //mientras lo anterior se cumpla
    }

    void reta(int ciclo) //vuelva y repita el ciclo cuantas veces sea necesario con una
    demora de 90ms entre ciclo y ciclo.

    {

```

```
int syrc;  
for(syrc=0;syrc<ciclo;++syrc)  
  delay_ms(90);  
}
```

ANEXO B

Programa para el PIC16F84A.

program codigo

' Declarations section

Dim txt as char

Dim estado as byte

main:

' Inicializo los puertos

PORTA = 0

PORTB = 0

,

' Configuro lo puertos

TRISA = 0

' TRISB = 0

,

' TRISB.7 = 1

' TRISB.5 = 1

'Configuro la comunicacion serial por soft

estado = Soft_UART_Init(PORTB, 7, 6, 9600, 1)

Select case estado

'No se reporto error

Case 0

Goto PRINCIPAL

'error por velocidad de cristal muy baja

Case 1

Porta = 1

Delay_ms(1000)

Goto main

'Error por velocidad de cristal muy alta

Case 2

```
Porta = 2
Delay_ms(1000)
Goto main
```

```
end select
```

```
PRINCIPAL:
```

```
'Obtengo el valor de la lectura del pin
estado = testbit(PORTB,5)
```

```
'Determino el estado de la lectura
if estado = 0 then
```

```
    TXT = "0"
```

```
else
```

```
    TXT = "1"
```

```
end if
```

```
Soft_UART_Write(TXT)
```

```
Delay_ms(2)
```

```
Goto PRINCIPAL
```

```
end.
```

Anexo C

Programa en Visual Basic 6 para la cámara web.

```
Private Sub exit_Click()  
    ' only if running...  
    If (Timer1.Enabled) Then  
        Timer1.Enabled = False 'Stop Timer  
        VideoOCX.Stop  
        VideoOCX.Close  
    End If  
End Sub  
  
Private Sub Start_Click() 'Init VideoOCX Control, allocate memory and start  
grabbing  
    If (Not Timer1.Enabled) Then  
        Start.Caption = "Stop"  
        ' Disable internal error messages in VideoOCX  
        VideoOCX.SetErrorMessages False  
        ' Init control  
        If (Not VideoOCX.Init) Then  
            ' Init failed. Display error message and end sub  
            MsgBox VideoOCX.GetLastErrorString, vbOKOnly, "VideoOCX Error"  
            End  
        Else  
            ' Allocate memory for global image handle  
            capture_image = VideoOCX.GetColorImageHandle  
            ' result_image = VideoOCX_Processed.GetColorImageHandle  
            Timer1.Enabled = True 'Start capture timer  
            ' Start Capture mode  
            If (Not VideoOCX.Start) Then  
                ' Start failed. Display error message and end sub  
                MsgBox VideoOCX.GetLastErrorString, vbOKOnly, "VideoOCX Error"  
                End  
            End If  
        End If  
    End If  
Else  
    Start.Caption = "Start"  
    Timer1.Enabled = False 'Stop Timer  
    VideoOCX.Stop
```

```

    VideoOCX.Close
End If
End Sub

Private Sub Timer1_Timer()
    ' Timer for capturing - handles videoOCXTools
    Dim matrix As Variant
    Dim height, width As Integer
    Dim r, c As Integer
    Dim max_r, max_c As Integer
    Dim max_red As Integer
    Dim gain, offset As Variant
    Dim h_cm As Variant
    Dim range As Integer
    Dim pixels_from_center As Integer
    ' Calibrated parameter for pixel to distance conversion
    'gain = 0.1
    'offset = 0.1
    'h_cm = 5.842
    'max_red = 0.1
    gain = 0.0024259348
    ' offset = -0.056514344
    offset = 0
    h_cm = 5.842
    max_red = 0
    ' Capture an image
    If (VideoOCX.Capture(capture_image)) Then
        ' VideoOCX.Show capture_image
        ' Matrix transformation initialization
        matrix = VideoOCX.GetMatrix(capture_image)
        height = VideoOCX.GetHeight
        width = VideoOCX.GetWidth
        ' Image processing code
        ' The laser dot should not be seen above the middle row (with a little pad)
        For r = height / 2 - 20 To height - 1
            ' Our physical setup is roughly calibrated to make the laser
            ' dot in the middle columns...dont bother lookng too far away
            For c = width / 2 - 25 To width / 2 + 24
                ' Look for the largest red pixel value in the scene (red laser)
                If (matrix(c, r, 2) > max_red) Then
                    max_red = matrix(c, r, 2)
                    max_r = r
                    max_c = c
                End If
            Next c
        Next r
    End If
End Sub

```



```

Next r
' Calculate the distance for the laser dot from middle of frame
pixels_from_center = max_r - 120
' Calculate range in cm based on calibrated parameters
range = h_cm / Tan(pixels_from_center * gain + offset)
' Print laser dot position row and column to screen
row_val.Caption = max_r
col_val.Caption = max_c
' Print range to laser illuminated object to screen
range_val.Caption = range
' Draw a red vertical line to intersect target
For r = 0 To height - 1
    matrix(max_c, r, 2) = 255
Next r
' Draw a red horizontal line to intersect target
For c = 0 To width - 1
    matrix(c, max_r, 2) = 255
Next c
VideoOCX.ReleaseMatrixToImageHandle (capture_image)
End If
'TextToSpeech1
If (range = 0) Then
Else
    If Not DirectSS1.Speaking Then '(range > 10)
        DirectSS1.Speak " Obstáculo a " & CStr(Round(range, 2)) & " centímetros " &
vbNewLine ' lejos" 'Text1.Text
    'Clipboard.SetText ("Hay un obstaculo lejos")
    'Else
    'DirectSS1.Speak "Hay un obstaculo cerca" 'Text1.Text
    'Clipboard.SetText ("Hay un obstaculo cerca")
    End If
End If
VideoOCX.Show capture_image
End Sub

```

```

Private Sub Command1_Click()
'Si al dar click en el boton, este dice conectar...
If Command1.Caption = "Conectar" Then
'Configuro el puerto serie... 9600 baudios, sin paridad, 8 bits datos, 1 bit parada
MSComm1.Settings = "9600,N,8,1"
'Deshabilito el control de flujo
MSComm1.Handshaking = comNone
'Establesco el tamaño del buffer de entrada
MSComm1.InBufferSize = 1

```

```

'Determino la cantidad de bits necesarios en la recepcion para generar el evento
MSComm1.RThreshold = 1
'Determino el puerto serie a utilizar
MSComm1.CommPort = CInt(Text2.Text)
'Verifico si el puerto esta cerrado
If MSComm1.PortOpen = False Then
    'Si estaba cerrado lo abro
    MSComm1.PortOpen = True
End If
'Cambio el caption del boton
Command1.Caption = "Desconectar"
'De lo contrario si al dar click en el boton, este no dice conectar...
Else
    'Cierro el puerto serie
    MSComm1.PortOpen = False
    'Cambio el caption del boton
    Command1.Caption = "Conectar"
    Text1.Text = ""
'Finalizo el if
End If

End Sub

```

```

Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
'Se analiza si el puerto serie esta abierto...
If MSComm1.PortOpen = True Then
    'Si si esta abierto se cierra el puerto...
    MSComm1.PortOpen = False
End If
End Sub

```

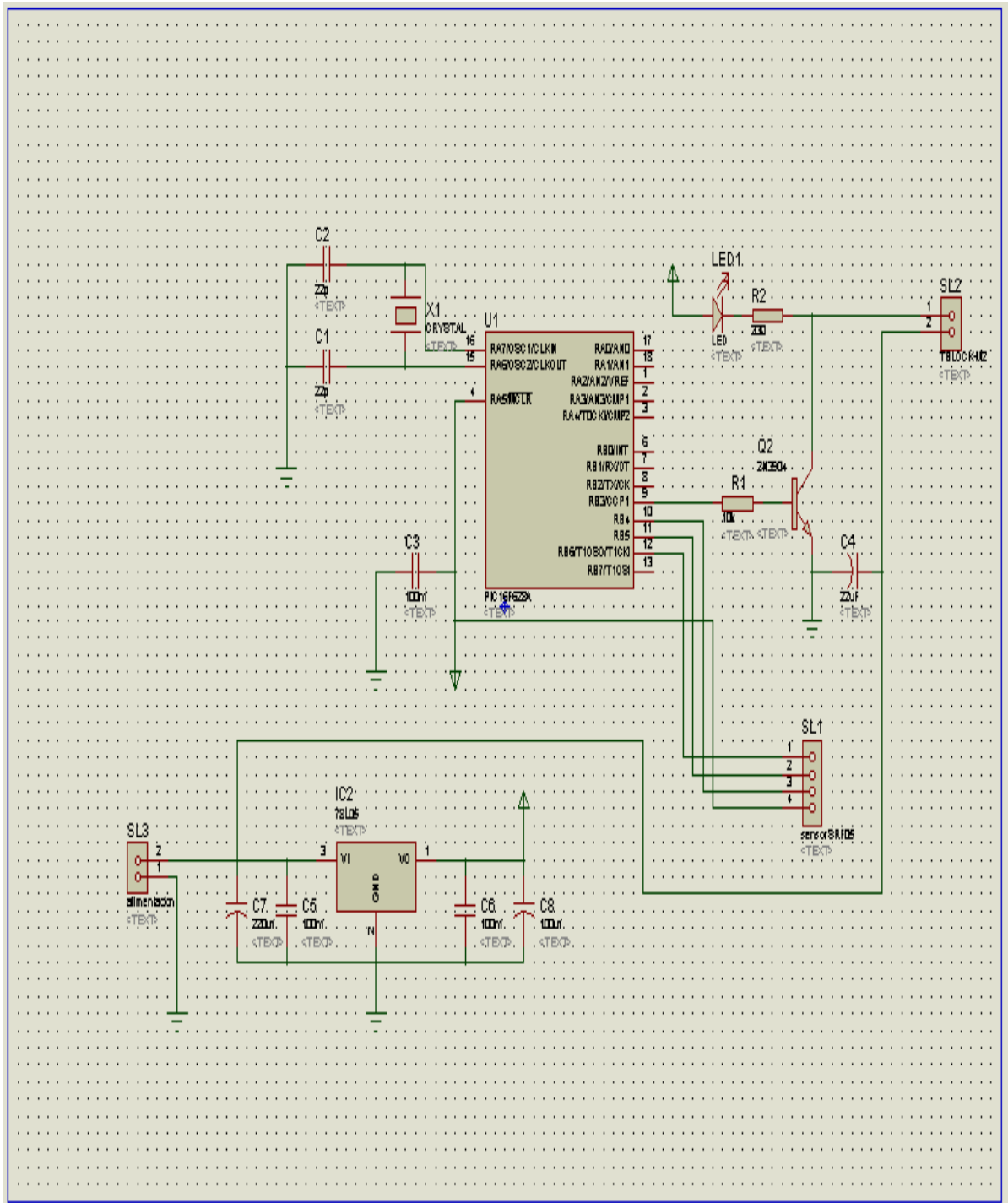
```

Private Sub MSComm1_OnComm()
'Cuando se presenta un evento en la comunicacion serial...
Select Case MSComm1.CommEvent
    'Se determina si el evento es de recepcion de datos...
    Case comEvReceive
        'Si si es de recepcion de datos,
        'se agrega al textbox1 El texto recibido
        Text1.Text = MSComm1.Input 'Text1.Text &
End Select
End Sub

```

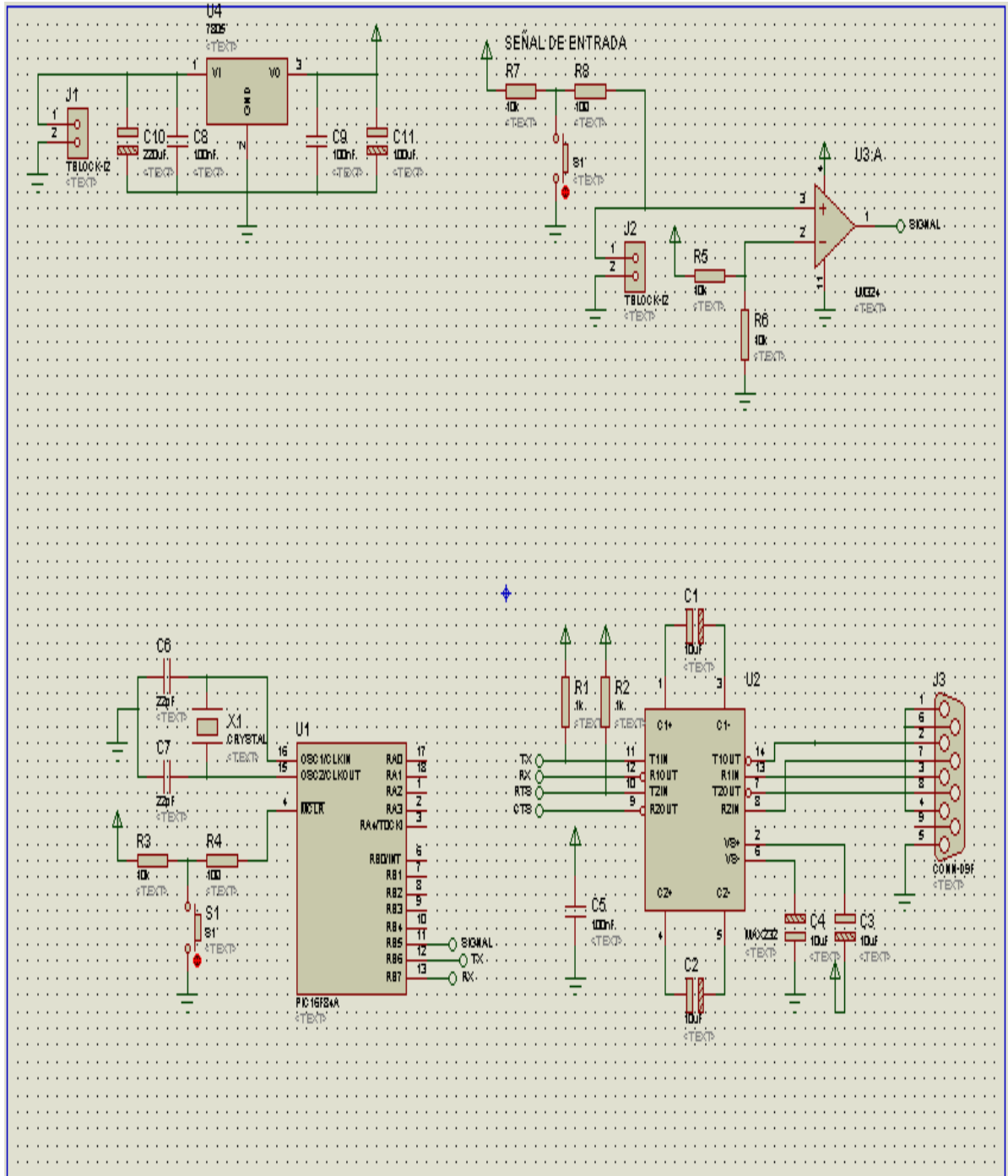
Anexo D

Circuito esquemático de la tarjeta para el sensor de obstáculos.



Anexo E

Circuito esquemático para la tarjeta de comunicación.



Anexo F

Planos de la estructura en acrílico

En el CD que se adjunta a este documento se puede encontrar los planos completos de la estructura realizados en Autocad 2005.

Anexo G

Datasheet del sensor SRF05

En el CD que se adjunta a este documento se puede encontrar el datasheet del sensor SRF05

Anexo H

Datasheet del PIC 16f628A.

En el CD que se adjunta a este documento se puede encontrar el datasheet del PIC16f628A

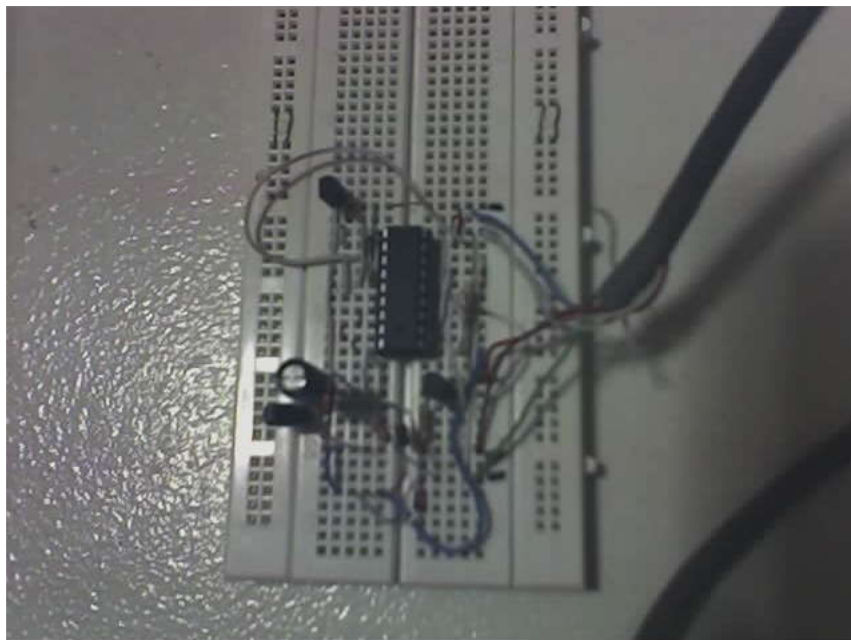
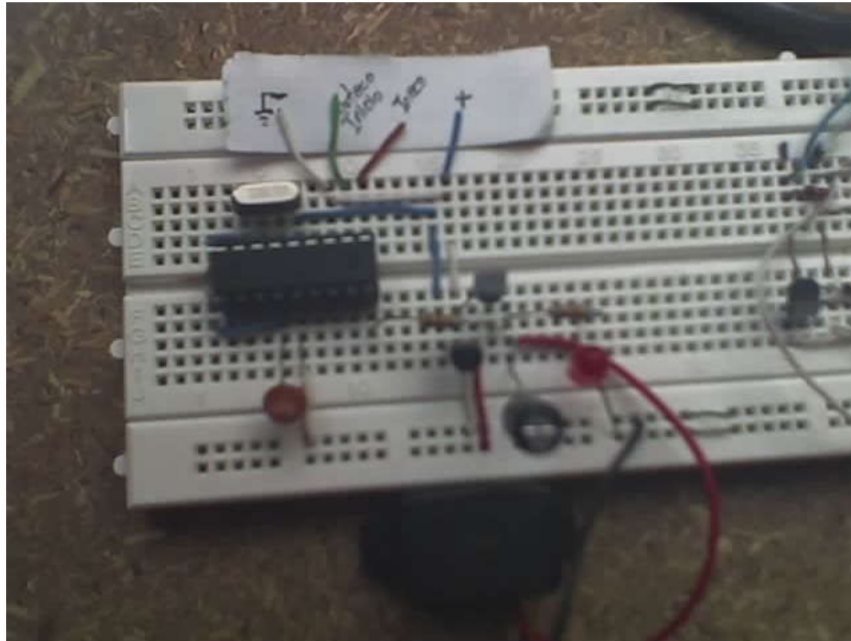
Anexo I

Datasheet del PIC 16f84A.

En el CD que se adjunta a este documento se puede encontrar el datasheet del pic16f84A.

Anexo J

Fotos del dispositivo





Datos de distancia calculados		
Píxeles desde el centro	D calc (cm)	D real (cm)
103	29,84	29
		45
		58
		71
		90
		109
		127
		159
		189
		218
		center

Laser Range Finder

Stop

Exit

Row: 183

Column: 186

Range (cm): 44

6.4.2 Transducción
 Una vez establecido el punto (en píxeles) más brillante de la imagen, se convierte la distancia virtual en información audible comprensible para el ser humano. En este punto se tiene en consideración la información proveniente del sensor de ultrasonido que se implementó en forma paralela de



