



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN MECATRÓNICA**

TEMA:

**“CINTURÓN Y MANILLAS VIBRADORES ULTRASÓNICOS PARA
PERSONAS NO VIDENTES.”**

AUTOR: HUGO MEDARDO GRIJALVA RIVADENEIRA

DIRECTOR: ING. COSME DAMIÁN MEJÍA

IBARRA-ECUADOR

2016



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN

A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100353620-6
APELLIDOS Y NOMBRES:	HUGO MEDARDO GRIJALVA RIVADENEIRA
DIRECCIÓN:	HUERTOS FAMILIARES. PACARI 2 CASA 25
EMAIL:	huguin.g@hotmail.es
TELÉFONO MOVIL:	0996266926
DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	“CINTURÓN Y MANILLAS VIBRADORES ULTRASÓNICOS PARA PERSONAS NO VIDENTES.”
AUTOR:	HUGO MEDARDO GRIJALVA RIVADENEIRA
FECHA:	OCTUBRE DEL 2016
PROGRAMA:	PREGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERO EN MECATRÓNICA
DIRECTOR:	ING. COSME DAMIÁN MEJÍA

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD.

Yo, Hugo Medardo Grijalva Rivadeneira, con cédula de identidad Nro. 100353620-6, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

3. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.



.....

Firma

Nombre: Hugo Medardo Grijalva Rivadeneira

Cédula: 100353620-6

Ibarra, Octubre del 2016



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo Hugo Medardo Grijalva Rivadeneira, con cédula de identidad Nro. 100353620-6, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor (es) de la obra o trabajo de grado denominado: **“CINTURÓN Y MANILLAS VIBRADORES ULTRASÓNICOS PARA PERSONAS NO VIDENTES.”** que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Mecatrónica en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

.....
Firma

Nombre: Hugo Medardo Grijalva Rivadeneira

Cédula: 100353620-6

Ibarra, Octubre del 2016



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

CERTIFICACIÓN DEL ASESOR

El Hugo Medardo Grijalva Rivadeneira, ha trabajado en su totalidad en el desarrollo del proyecto de tesis "CINTURÓN Y MANILLAS VIBRADORES ULTRASÓNICOS PARA PERSONAS NO VIDENTES." previo a la obtención del título de Ingeniero en Mecatrónica, trabajo que lo realizo con interés profesional y responsabilidad, es todo lo que puedo certificar en honor a la verdad.

A handwritten signature in blue ink, which appears to read "Cosme Damián Mejía", is written over a horizontal line.

Ing. Cosme Damián Mejía
DIRECTOR DEL PROYECTO



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

DECLARACIÓN

Yo, Hugo Medardo Grijalva Rivadeneira, con cédula de identidad 100353620-6, declaro bajo juramento que ese trabajo es de autoría propia, ya que no ha sido presentado para ningún trabajo de grado o calificación profesional; y certifico la veracidad de las referencias bibliográficas que se incluyen en el presente trabajo.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Universidad Técnica del Norte- Ibarra, según lo establecido por la ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la Normativa Institucional vigente.

.....
Firma

Nombre: Hugo Medardo Grijalva Rivadeneira

Cédula: 100353620-6

Ibarra, Octubre del 2016



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

DEDICATORIA

A mis padres Hugo y Jacqueline quienes han sido el pilar fundamental en mi formación profesional.

A mi Familia, por el apoyo brindado en este proceso de formación.

A la Universidad Técnica del Norte y Docentes, que con su paciencia y sabiduría transmitieron sus experiencias y conocimientos, permitiéndome escalar peldaño a peldaño a pesar de la discapacidad que tengo que enfrentar día a día.

A mis amigos, que con su apoyo fraternal y solidario me ayudaron a superar dificultades y obstáculos académicos y del diario vivir.

Hugo Medardo Grijalva Rivadeneira



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

AGRADECIMIENTO

A Dios, por estar presente en mi vida.

A la Universidad Técnica del Norte y en particular a la Facultad de Ingeniería en Mecatrónica por la orientación y guía durante el proceso de mi formación profesional.

Al Ingeniero Cosme Mejía por su dirección y consejos en el desarrollo de este proyecto.

Al Departamento de Orientación Profesional Estudiantil por su apoyo y orientación incondicional.

A mis padres, familia y amigos que con su presencia motivaron mi espíritu emprendedor.

Hugo Medardo Grijalva Rivadeneira

RESUMEN

Como persona con discapacidad visual he experimentado la necesidad de movilizarme de manera segura e independiente, razón por la que presento este proyecto con la intención de solucionar en parte este gran problema de la movilidad en personas no videntes mediante la implementación de un cinturón y manillas vibradores ultrasónicos que serán un complemento al uso del bastón regular, para ello se ha tomado en cuenta ventajas y desventajas de prototipos elaborados a nivel nacional e internacional.

En el desarrollo del dispositivo se utiliza como procesador central la tarjeta myRIO de la National Instruments disponible en el laboratorio de la Universidad Técnica del Norte; para la selección de sensores ultrasónicos, micro controlador arduino, módulos Xbee, motores de vibración, baterías y otros, se realizó un estudio de dimensiones y características entre elementos disponibles en el mercado local y nacional, determinando así los elementos más acordes al diseño y características del prototipo deseado.

Este dispositivo está conformado por dos manillas con sensores ultrasónicos que al detectar un obstáculo envían inalámbricamente el dato hacia la tarjeta myRIO que está localizada en el cinturón y que se encarga de activar la vibración en los motores según el dato recibido por los sensores de las manillas y del cinturón. Cada manilla y el cinturón tienen su fuente de alimentación independiente.

Elaborado el prototipo se procede a las pruebas de funcionamiento realizadas en distintos ambientes abiertos, cerrados, con luz y sin luz y lugares más comunes de movilidad del usuario, donde se verifica la detección de personas, objetos y obstáculos en altura media y en tres direcciones (derecha, izquierda y al frente) notificando mediante la vibración de los motores correspondientes a cada dirección localizados en el cinturón con una vibración variable (a menor distancia mayor vibración).

SUMMARY

As a person with visual disability, I have experimented the needs for being able to mobilize myself in a safe and independent way, this is the reason due to I am presenting this project intentionally for solving in a stage this crucial problema about mobility for blind people through the implementation of vibrating ultrasonic belt and pointers which will be a complement for the regular walking stick and for this cause, it was taken into account advantages and disadvantages of prototypes made nationally and internationally.

In the development of this device it was used a central processor the myRIO card from National Instruments, available at UTN (Universidad Técnica del Norte) laboratory, for selecting ultrasonic sensors, Arduino microcontroller, Xbee modules, vibration modules, batteries and others. Also, it was applied an analysis about dimensions and characteristics between available elements in a local and national market determining the elements more appropriated to the design and the characteristics of the required prototype.

This device is made by two pointers with ultrasonic sensors which after detecting an obstacle, they send data wirelessly toward myRIO card which is located on the belt by which it is activated the vibration in the engines according to the data obtained by the pointers and belt sensors. In this process, each pointer and the belt have their own individual power supply.

After elaborating the prototype, the operational tests were conducted in several environments such as open, close, illuminated, unlit and the most common places for mobility where it was verified the detection of people, objects, and obstacles in medium height and the three directions (right, left and frontal) notifying by vibration of the corresponding engines to each direction located on the belt with a variable vibration (a shorter distance greater vibration).


Checked by Linda López
CAI-UTN teacher



ÍNDICE DE CONTENIDOS

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN	II
CERTIFICACIÓN DEL ASESOR	V
DECLARACIÓN.....	VI
Dedicatoria	VII
Agradecimiento.....	VIII
RESUMEN.....	IX
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	XI
ÍNDICE DE TABLAS.....	XVIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XX
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	XXIII
CAPÍTULO I.....	1
1 MARCO REFERENCIAL.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.1.1 OBJETO DE ESTUDIO.....	1
1.1.2 OBJETIVO GENERAL	2
1.1.3 Objetivos Específicos.....	2
1.1.4 Alcance.....	3
1.1.5 Justificación	3
1.2 MARCO CONCEPTUAL	4
1.2.1 Definición de discapacidad visual	4
1.2.2. Definición de orientación y movilidad	4
1.2.3 Técnicas de orientación y movilidad en personas no videntes	6
1.2.3.1 Utilización de puntos de referencia y puntos de información.....	6
1.2.3.2 Técnicas de protección	6
1.2.3.3 Técnica de Seguimiento al tacto	7

1.2.3.4 Técnica de Guía Vidente.....	7
1.2.3.5 Planos de movilidad.....	7
1.2.3.6 Técnicas de movilidad con bastón largo.....	8
1.2.3.7 Perros Guía.....	8
1.2.3.8 Auxiliares electrónicos.....	9
1.3 ESTADO DEL ARTE.....	9
1.3.1 DISPOSITIVOS DE AYUDA PARA NO VIDENTES DESARROLLADOS INTERNACIONALMENTE.....	9
1.3.1.1 DISPOSITIVO DE DETECCIÓN DE OBSTÁCULOS PARA INVIDENTES.....	9
1.3.1.2 Robot guía para invidente.....	10
1.3.2 Dispositivos de ayuda para no videntes desarrollados en el Ecuador.....	12
1.3.2.1 Runatech: Traje tecnológico para no videntes.....	12
1.3.2.2 Bastón electrónico guiado para personas no videntes.....	14
1.3.2.3 Gafas bluetooth para no videntes.....	15
1.3.3 DISPOSITIVOS DE AYUDA PARA NO VIDENTES DESARROLLADOS EN LA PROVINCIA DE IMBABURA.....	17
1.3.3.1 CHALECO CON SENSORES PARA PERSONAS NO VIDENTES.....	17
1.4 MARCO TEÓRICO.....	18
1.4.1 Sensores ultrasónicos.....	18
1.4.1.1 El principio ultrasónico.....	18
1.4.2 Actuadores.....	19
1.4.3 Sistemas embebidos.....	20
1.4.3.1 Características de los Sistemas Embebidos.....	21
1.4.4 Sistemas Operativos de Tiempo Real.....	21
1.4.4.1 Características de los sistemas de tiempo real.....	22
CAPÍTULO II.....	23
2. METODOLOGÍA.....	23
2.1 JUSTIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SELECCIONADA.....	23

2.2 HERRAMIENTAS DE INVESTIGACIÓN UTILIZADA.....	23
2.3 IMPLEMENTACIÓN DEL DISPOSITIVO	23
2.4 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.....	24
2.5 SOLUCIÓN DEL PROBLEMA.....	24
2.5.1 Bosquejo de prototipo	24
2.5.1.1 Cinturón y manillas vibradores infrarrojos.	25
2.5.1.2 Cinturón y manillas vibradores capacitivos.....	25
2.5.1.3 Cinturón y manillas vibradores inductivo.	25
2.5.1.4 Cinturón y manillas vibradores ultrasónicos.	26
2.5.1.5 Tabla de selección del dispositivo.	26
2.6 CONTROLADOR.....	27
2.6.1 Flujograma de los elementos que usan procesador en la manilla	27
2.6.1.1 Funcionamiento de las manillas	27
2.6.1.2 Envío inalámbrico de datos	30
2.6.1.3 Sistema para la carga de baterías.....	31
2.6.2 Flujograma de los elementos que usan procesador en el cinturón.....	34
2.6.2.1 Recepción inalámbrica de datos	34
2.6.2.2 Diagramas de flujo del sistema embebido del dispositivo.....	36
2.7 SELECCIÓN DE ELEMENTOS	39
2.7.1 Selección de elementos integrados en las manillas	39
2.7.1.1 Selección del sensor ultrasónico.....	39
2.7.1.1.1 Sensor Max Sonar-EZ4.....	39
2.7.1.1.2 HC-SR04 Sensor de distancia ultrasónico	41
2.7.1.1.3 Sensor distancias ultrasonidos RF10	42
2.7.1.1.4 Tabla de selección del sensor ultrasónico para las manillas	44
2.7.1.2 Selección del controlador Arduino.....	45
2.7.1.2.1 Arduino Pro Micro	45

2.7.1.2.2 Módulo arduino pro mini 328.....	47
2.7.1.2.3 Arduino Nano 328	49
2.7.1.2.4 Tabla de selección del micro controlador para las manillas.....	50
2.7.1.3 Selección del dispositivo de comunicación Manilla – Cinturón	51
2.7.1.3.1 Módulos Xbee	51
2.7.1.3.2 Módulo Bluetooth	53
2.7.1.3.3 Tabla de selección del dispositivo de comunicación Manilla - Cinturón.....	54
2.7.1.4 Selección del PIC para sistema de carga de batería	55
2.7.1.4.1 PIC 18F2550 SMD	55
2.7.1.4.2 PIC 18F4550 SMD	56
2.7.1.4.3 Tabla de selección del PIC para sistema de carga de batería.....	57
2.7.1.5 Selección del dispositivo sonoro para aviso de carga completa	57
2.7.1.5.1 Bocina (Chicharra)	57
2.7.1.6 Selección de batería para manillas	58
2.7.2 Selección de los componentes integrados en el cinturón	59
2.7.2.1 Selección del Sensor Ultrasónico.....	59
2.7.2.1.1 Sensor Max Sonar EZ4.....	59
2.7.2.2 Selección del dispositivo de comunicación Manilla-Cinturón	60
2.7.2.3 Selección de motores de vibración.....	61
2.7.2.3.1 Motor de vibración 3.3 V	61
2.7.2.4 Selección de batería para el cinturón	62
2.7.2.4.1 Batería 2000ma 7,4 V	62
2.7.2.4.2 Cargador de Batería Externa Portátil 2600mAh	62
2.7.2.4.3 Tabla de selección de la batería del cinturón	63
2.7.2.5 Selección del controlador para el sistema de carga de batería del cinturón	64
2.7.2.5.1 PIC 16F88.....	64
2.7.2.5.2 PIC 16F628A	64

2.7.2.5.3 Tabla de selección del controlador para el sistema de carga de batería del cinturón.....	65
2.7.2.6 Selección del sistema embebido para el dispositivo.....	66
2.8 DISEÑO DE CARCASAS.....	68
2.8.1 Características a tomar en cuenta para el diseño de las carcasas de las manillas	68
2.8.1.1 Carcasa inferior.....	68
2.8.1.2 Carcasa superior.....	68
2.8.1.3 Diseño tridimensional de las carcasas de las manillas	69
2.8.2 Características a tomar en cuenta para el diseño de las carcasas del cinturón....	71
2.8.2.1 Carcasa superior.....	72
2.8.2.2 Carcasa Inferior	72
2.8.2.3 Diseño tridimensional de las carcasas del cinturón	73
2.8.3 Diseño de la carcasa del sensor ultrasónico delantero.....	75
2.8.3.1 Carcasa superior.....	76
2.8.3.2 Carcasa inferior.....	77
2.8.3.3 Carcasa sensor ultrasónico completa	79
2.8.4 Selección del material para la elaboración de carcasas de manillas y cinturón....	80
2.8.4.1 Material PLA	80
2.8.4.2 Material ABS	81
2.8.4.3 Tabla de selección del material a utilizarse en el proyecto	82
2.9 IMPLEMENTACIÓN ELECTRÓNICA.....	83
2.9.1 Diseño electrónico de las manillas	83
2.9.1.1 Diagrama del circuito del funcionamiento principal de la manilla	83
2.9.1.2 Diagrama del sistema de carga de batería.....	84
2.9.1.3 Diagrama electrónico completo.....	85
2.9.1.4 Diseño de las placas de las manillas.....	86
2.9.1.4.1 Implementación de las placas de las manillas.....	86

2.9.1.4.2 Ubicación y suelda de los componentes	87
2.9.1.4.3 Placa de la manillas terminadas.....	89
2.9.2 Diseño electrónico del cinturón	89
2.9.2.1 Diagrama del circuito del funcionamiento principal del cinturón	90
2.9.2.2 Diagrama eléctrico del circuito de carga de la batería del cinturón.....	91
2.9.2.4 Implementación de la placa del cinturón	93
2.9.2.4.1 Ubicación y suelda de los elementos de la placa del cinturón	93
2.9.2.4.2. Placa del cinturón terminada.....	95
2.9.3 Diagrama de conexiones de la tarjeta myRÍO con la placa del cinturón	96
2.9.3.1 Conexiones puerto B myRIO.....	96
2.9.3.2 Conexiones puerto C myRIO	97
2.10 IMPLEMENTACIÓN DE CARCASAS	97
2.10.1 Implementación de las carcasas de las manillas.....	97
2.10.2 Implementación de las carcasas del cinturón	99
CAPÍTULO III.....	103
3. RESULTADOS	103
3.1 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.....	103
3.1.1 Pruebas de funcionamiento internas.....	103
3.1.1.1 Análisis de resultados	106
3.1.2 Pruebas de campo.....	106
3.1.2.1 Análisis de resultados	107
3.1.3 Pruebas de funcionamiento de baterías.....	108
3.1.3.1 Tiempo de duración de baterías manillas.....	108
3.1.3.2 Tiempo de duración de carga baterías manillas	109
3.1.3.3 Tiempo de duración de batería cinturón.....	110
3.1.3.4 Tiempo de duración de carga baterías cinturón	111
CAPÍTULO IV	113

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	113
4.1 CONCLUSIONES	113
4.2 RECOMENDACIONES	114
4.3 BIBLIOGRAFÍA.....	115
Anexo 1.- DATASHEET SENSOR ULTRASONICO LV-MAXZONAR EZ4.....	118
Anexo 2.- Datasheet arduino promicro.....	119
Anexo 3.- Datasheet XBEE S1	121
Anexo 4.- Datasheet PIC 18F2550 SMD.....	123
Anexo 5.- Datasheet PIC 16F88	125
Anexo 6.- NI myRIO-1900.....	127
Anexo 7.- Código de programación del arduino pro micro	128
Anexo 8.- Código de programación del PIC 18F2550 SMB.....	129
Anexo 9.- Código de programación del PIC 16F-88.....	130
Anexo 10.- Diagramas de bloques de programación de la tarjeta myRIO	131
Anexo 11.- PLANOS DE LAS CARCASAS	136
Anexo 12.- Fotos pruebas de funcionamiento.....	146

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: Selección del Dispositivo	26
TABLA 2: Características del Sensor Max Sonar EZ4	40
TABLA 3: Características del sensor ultrasónico HC-SR04	41
TABLA 4: Características del sensor ultrasónico RF10.....	43
TABLA 5: Selección del sensor ultrasónico.....	44
TABLA 6: Características del arduino pro micro.....	46
TABLA 7: Características arduino pro mini 328.....	48
TABLA 8: Características del Arduino Nano 328.....	49
TABLA 9: Selección del micro controlador	51
TABLA 10: Características del módulo Xbee	52
TABLA 11: Características del Módulo Bluetooth.....	53
Tabla 12 Selección del dispositivo de comunicación inalámbrica.....	54
TABLA 13: Características del PIC 18F2550 SMD	55
TABLA 14: Características del PIC 18F4550 SMD	56
TABLA 15: Selección del PIC	57
TABLA 16: Características de la bocina de sonido	58
TABLA 17: Características de la batería 3.7 V	59
TABLA 18: Características del Sensor Max Sonar EZ4	60
TABLA 19: Características del Módulo Xbee	61
TABLA 20: Características del motor de vibración 3.3V.....	61
TABLA 21: Características de la batería 2000ma 7,4 V	62
TABLA 22: Características del cargador Batería Externa Portátil 2600mAh.....	63
TABLA 23: Selección de la batería del cinturón	63
TABLA 24: Características del PIC 16F-88	64
TABLA 25: Características del PIC 16F-628A.....	65
TABLA 26: Selección del micro controlador	65

TABLA 27: Hardware/Software	66
TABLA 28: Áreas de Aplicación de la tarjeta myRIO.....	67
TABLA 29: Características del material PLA	80
TABLA 30: Características del material ABS.....	82
TABLA 31: Selección del material de las carcasas	82
TABLA 32: Simbología de elementos electrónicos manillas.....	85
TABLA 33: Nivel de potencia motores de vibración ambientes cerrados con luz	104
TABLA 34: Nivel de potencia motores de vibración ambientes cerrados sin luz.....	104
TABLA 35: Nivel de potencia motores de vibración ambientes abiertos con luz.....	105
TABLA 36: Nivel de potencia motores de vibración ambientes abiertos sin luz.....	105
TABLA 37: Detección de obstáculos en ambientes públicos.....	107
TABLA 38: Tiempo de duración de baterías manillas.....	108
TABLA 39: Tiempo de carga batería manillas	109
TABLA 40: Tiempo de duración batería cinturón.....	110
Tabla 41: Tiempo de carga batería cinturón.....	111

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: Robot Guía. Vista superior y lateral	11
FIGURA 2: Traje para no videntes (Runatech)	12
FIGURA 4: Chaleco para no videntes.....	17
FIGURA 5: El principio ultrasónico	18
FIGURA 6: Actuador.....	19
FIGURA 7: Sistema Embebido	20
FIGURA 8: Flujograma de funcionamiento de la manilla	28
FIGURA 9: Flujograma de envío inalámbrico de datos	30
FIGURA 10: Flujograma para el sistema de carga de baterías de manillas y cinturón..	32
FIGURA 11: Flujograma de recepción inalámbrica de datos.....	34
FIGURA 12: a) Flujograma de recepción inalámbrica de datos	36
FIGURA 13: b) Flujograma del programa principal de funcionamiento	37
FIGURA 14: Sensor Max sonar EZ4.....	39
FIGURA 15: Sensor ultrasónico HC-SR04	41
FIGURA 16: Sensor ultrasonidos RF10	42
FIGURA 17: Arduino Pro Micro.....	45
FIGURA 19: Arduino Nano 328	49
FIGURA 20: Módulos Xbee	51
FIGURA 21: Módulo Bluetooth	53
FIGURA 22: PIC 18f2550 SMD	55
FIGURA 23: PIC 18F4550 SMD	56
FIGURA 24: Bocina de sonido	57
FIGURA 25: Batería 3.7 V	58
FIGURA 26: Sensor Max Sonar EZ4	59

FIGURA 31: PIC 16F-88.....	64
FIGURA 31: Vista frontal carcasa inferior manillas	69
FIGURA 32: Vista lateral carcasa inferior manillas	69
FIGURA 33: Carcasa inferior vista isométrica manillas	69
FIGURA 34: Carcasa isometrica manillas.....	70
FIGURA 35: Vista lateral carcasa superior manillas	70
FIGURA 36: Vista frontal carcasa superior manillas	70
FIGURA 37: Carcasa superior vista isométrica manillas.....	71
FIGURA 38: Vista frontal carcasa superior cinturón	73
FIGURA 39: Vista lateral carcasa superior cinturón.....	73
FIGURA 40: Vista isométrica carcasa superior cinturón	73
FIGURA 41: Vista frontal carcasa inferior cinturón	74
FIGURA 42: Vista lateral carcasa inferior cinturón.....	74
FIGURA 43: Vista superior carcasa inferior cinturón.....	74
FIGURA 44: Vista isométrica carcasa inferior cinturón	75
FIGURA 45: Vista isometrica carcasa completa cinturón.....	75
FIGURA 46: Carcasa Superior sensor vista lateral.....	76
FIGURA 47: Carcasa Superior sensor vista frontal.....	76
FIGURA 48: Carcasa Superior sensor vista superior.....	77
FIGURA 49: Carcasa Superior sensor vista isometrica	77
FIGURA 50: Carcasa inferior sensor vista lateral	77
FIGURA 51: Carcasa inferior sensor vista frontal	78
FIGURA 52: Carcasa inferior sensor vista superior	78
FIGURA 53: Carcasa inferior sensor vista isometrica.....	78
FIGURA 54: Vista lateral carcasa sensor completa	79
FIGURA 55: Vistas frontal carcasa sensor completa	79
FIGURA 56: Vista isometrica ensamblaje carcasa sensor	79

FIGURA 57: Diagrama circuito principal manilla	83
FIGURA 58: Diagrama del sistema de carga de la batería	84
FIGURA 59: Diagrama completo manillas	85
FIGURA 60: Vista Superior y posterior placas manillas	86
FIGURA 61: Vista superior y posterior placas terminadas	89
FIGURA 62: Circuito principal del cinturón.....	90
FIGURA 63: Circuito de carga de batería de cinturón.....	91
FIGURA 64: Diagrama circuito electrónico completo del cinturón.....	92
FIGURA 65: Vista pistas placa cinturón.....	93
FIGURA 66: Placa del cinturón terminada	95
FIGURA 67: Diagrama de conexiones puerto B myRIO	96
FIGURA 68: Diagrama de conexiones puerto C myRIO	97
FIGURA 69: Foto carcasa manillas con correa	98
FIGURA 70: Foto carcasa manillas con placa y batería	98
FIGURA 71: Foto manillas terminadas	99
FIGURA 72: Carcasa inferior y cinturón.....	100
FIGURA 73: Carcasa superior cinturón y tarjeta myRIO	100
FIGURA 74: Implementación de placa del cinturón	101
Figura 75 Armado de las carcasa del cinturón	101
FIGURA 76: Carcasa cinturón y sensor.....	102
FIGURA 77: Prototipo completo	102

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICA 1: Nivel potencia motores de vibración ambientes cerrados con luz	104
GRÁFICA 2: Nivel potencia motores de vibración ambientes cerrados sin luz	104
GRÁFICA 3: Nivel de potencia motores de vibración ambientes abiertos con luz.....	105
GRÁFICA 4: Nivel de potencia motores de vibración ambientes abiertos sin luz.....	105
GRÁFICA 5: Detección de obstáculos en ambientes públicos.....	107
GRÁFICA 6: Tiempo de duración de baterías manillas	109
GRÁFICA 7: Tiempo de carga batería manilla.....	109
GRÁFICA 8: Tiempo duración batería cinturón	111
GRÁFICA 9: Tiempo de carga batería cinturón	111

CAPÍTULO I

1 MARCO REFERENCIAL

1.1 INTRODUCCIÓN

1.1.1 OBJETO DE ESTUDIO

La discapacidad visual es un término genérico para referirse a la dificultad que enfrentan muchas personas por deficiencias en su estructura o función de la visión, la cual puede ser genética o adquirida con el transcurso del tiempo. De esta forma las personas restringen sus capacidades para realizar ciertas actividades de forma normal.

Entre las limitaciones que puede encontrar una persona no vidente es la orientación y movilidad dentro y fuera de su entorno, donde encuentra obstáculos que pueden ocasionar desde leves sustos hasta golpes o lesiones severas; como apoyo o ayuda se ha implementado el uso del bastón o la compañía del perro lazarillo o guía para poder movilizarse independientemente, encontrando como inconveniente que solo sirven para detectar obstáculos a la altura del piso y en una sola dirección, más no alrededor de su entorno a mediana y alta altura, además la adquisición, cuidados y alimentación del perro guía tiene un costo elevado, poco accesible a la mayoría de las personas no videntes.

Actualmente los avances tecnológicos han ayudado a desarrollar dispositivos que pueden disminuir las limitaciones académicas que presenta una persona no vidente, como: teléfonos inteligentes, computadoras, tablets y lectores de textos, entre otros; mas no las limitaciones sociales y de movilidad.

En los últimos años la limitación social se ha disminuido con la integración de las personas no videntes en el ámbito educativo, laboral y social, pero en lo que se refiere a movilidad e independencia, se ha desarrollado distintos dispositivos

como bastones electrónicos, zapatos con sensores y trajes especiales para detectar objetos del entorno, mismos que no satisfacen en su mayoría las necesidades de la persona no vidente, debido a factores económicos o por la incomodidad de llevarlos en su uso diario.

Ante la necesidad de tener más independencia y seguridad en la movilidad de la persona no vidente, se ha visto conveniente, crear un dispositivo que ayude a detectar obstáculos a media altura en las tres direcciones (al frente, izquierda y derecha), que a más de disminuir sus limitaciones, brinde seguridad y confianza en su uso. El dispositivo contaría con sensores ultrasónicos para la detección de objetos, personas y obstáculos, incorporados en un cinturón y manillas para su mayor comodidad y discreción. Este cinturón y manillas ultrasónicos serán un complemento al uso del bastón; ya que con el bastón normal se detectará objetos en el piso, gradas y desniveles, mientras que con el cinturón y las manillas vibradores ultrasónicos se logrará detectar objetos y personas alrededor de su entorno a mediana altura y a una distancia prudente, mejorando así sus limitaciones y estilos de vida.

1.1.2 OBJETIVO GENERAL

- Implementar un cinturón y manillas vibradores ultrasónicos mediante el uso de sensores que permitan detectar a personas u objetos a una determinada distancia a media altura en tres direcciones (al frente, izquierda y derecha), para mejorar las limitaciones y necesidades de movilidad de una persona no vidente.

1.1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Investigar y seleccionar las características necesarias de los implementos para la elaboración del dispositivo.

- Analizar las características y limitantes del prototipo
- Diseñar el prototipo del dispositivo a utilizarse
- Realizar las simulaciones y correcciones necesarias con la finalidad de verificar que cumpla con las expectativas deseadas

- Implementar el diseño óptimo del dispositivo
- Realizar las respectivas pruebas de funcionamiento.

1.1.4 ALCANCE

La implementación de un cinturón y manillas vibradores ultrasónicos para no videntes tendrá como alcance en su aplicación la detección de personas, objetos y obstáculos a altura media en las tres direcciones: al frente por medio del cinturón, a la izquierda y derecha con la ayuda de la manillas independientes en la muñeca de cada brazo cuyo alcance máximo de detección por los sensores será de un metro de distancia; la vibración generada por el motor al detectar las personas u objetos por los sensores será variable según la distancia a la que se encuentre la persona u objeto detectado (a menor distancia, mayor vibración). Cada elemento del sistema tendrá su propia fuente de alimentación, así como un botón de encendido y apagado.

1.1.5 JUSTIFICACIÓN

La importancia de la independencia en la movilidad de una persona no vidente, evidencia la necesidad de utilizar implementos que le ayuden a orientarse y disminuir la dependencia en su movilidad diaria con ayuda de una persona guía, perros lazarillos o bastón regular para evitar accidentes, golpes o desorientaciones en su entorno, situaciones que han sido motivo de su baja autoestima, desconfianza y poco desarrollo personal en lo social y laboral.

Como persona con discapacidad visual he experimentado esta necesidad en mi movilidad, por lo que presento este proyecto con el cual intento solucionar en parte este gran problema de la movilidad en personas no videntes mediante la implementación de un cinturón y manillas vibradores ultrasónicos que serán un complemento al uso del bastón regular, con el cual se podrá resolver dos de los tres limitantes existentes en la movilidad (altura baja y media). Según datos estadísticos del Consejo Nacional de Discapacidades (CONADIS) del Ecuador, el número de personas no videntes a nivel nacional es de 48.695; de los cuales 4148 corresponden a la Región 1 del país, siendo: 1174 en Imbabura, 609 en Carchi, 673 en Sucumbíos y 1692 en Esmeraldas.

Esta estadística ha permitido conocer el número posible de beneficiados con este proyecto en el ámbito social y económico, ya que en la actualidad existen otros dispositivos que no están al alcance económico de la mayoría.

1.2 MARCO CONCEPTUAL

1.2.1 DEFINICIÓN DE DISCAPACIDAD VISUAL

Para la OMS, discapacidad es “Cualquier restricción o carencia (resultado de una deficiencia) de la capacidad de realizar una actividad en la misma forma o grado que se considera normal para un ser humano. Se refiere a actividades complejas e integradas que se esperan de las personas o del cuerpo en conjunto, como pueden ser las representadas por tareas, aptitudes y conductas.” (Balbinder, s.f.)

Desde un aspecto descriptivo se puede precisar que la discapacidad visual es la carencia, disminución o defectos de la visión. Para la mayoría de la gente, el significado de la palabra ciego, corresponde a una persona que no ve, con ausencia total de visión, sin embargo dentro de la discapacidad visual se pueden establecer categorías: Ceguera Total o amaurosis, es decir ausencia de respuesta visual. Ceguera Legal, 1/10 de agudeza visual en el ojo de mayor visión, con correctivos y/o 20 grados de campo visual.

Disminución o limitación visual (visión parcial), 3/10 de agudeza visual en el ojo de más visión, con corrección y/o 20 grados de campo visual total. La baja visión, visión parcial o visión subnormal puede definirse como agudeza central reducida o la pérdida del campo visual, que, incluso con la mejor corrección óptica proporcionada por lentes convencionales, se traduce en una deficiencia visual desde el punto de vista de las capacidades visuales; supuesta en esta definición una pérdida bilateral de la visión, con algún resto visual. (Balbinder, s.f.)

1.2.2. DEFINICIÓN DE ORIENTACIÓN Y MOVILIDAD

Se ha definido la orientación como el proceso mediante el cual la persona emplea los sentidos para establecer su posición y relación con los demás objetos significativos del medio (Hill y Ponder, 1976); por movilidad ha de entenderse la capacidad, disposición y facilidad para desplazarse en el entorno (Hill, 1986).

Algunos autores (Huertas, Ochaíta y Espinosa, 1993) se refieren a la movilidad como la «conducta espacial real que un individuo desarrolla en un espacio concreto, integrada por elementos complejos en los que se incluyen procesos perceptivos, motores y representacionales». Tomaremos aquí el término «conducta espacial» como integrador de los procesos de orientación y movilidad en el contexto de la enseñanza de los procedimientos formales de desplazamiento.

Las habilidades de orientación y movilidad son interdependientes, para que un individuo pueda caminar con eficiencia, debe dominar ambas áreas. El objetivo último de la instrucción en orientación y movilidad es permitir al no vidente moverse de modo propositivo en cualquier ambiente, sea familiar o no, desenvolviéndose en él de modo seguro, eficiente, airoso e independiente (Hill y Ponder, 1976). Rieser, Guth y Hill (1982) han identificado tres componentes en la orientación: conocimiento de la disposición espacial, actualización espacial y conocimiento de los conceptos y sistemas espaciales. Hill y Ponder (1976) presentaron dichos componentes en formato de pregunta: ¿dónde estoy? (actualización); ¿dónde está mi objetivo? (disposición espacial); ¿cómo puedo llegar hasta allí? (conceptos y sistemas espaciales).

Para poder orientarse el no vidente ha de partir del establecimiento de su propia posición y relacionarla con las localizaciones relativas de los distintos elementos relevantes del medio. A medida que uno camina, dicha posición debe ser actualizada, pues la relación entre el yo y los objetos va modificándose en un proceso dinámico en el que se conjugan factores de tipo perceptivo y cognitivo (Hill y Ponder, 1976).

El conocimiento de principios, reglas y sistemas de conceptos espaciales, ayuda al mantenimiento de la orientación durante el transcurso de la locomoción, estos conceptos proporcionan orden y estructura a los recuerdos que el no vidente tiene de un ambiente concreto.

La capacidad para desarrollar la conciencia del entorno por una persona ciega es consecuencia de la concentración y de la práctica después de un periodo de aprendizaje. (ulpgc)

1.2.3 TÉCNICAS DE ORIENTACIÓN Y MOVILIDAD EN PERSONAS NO VIDENTES

1.2.3.1 UTILIZACIÓN DE PUNTOS DE REFERENCIA Y PUNTOS DE INFORMACIÓN

Son los pilares básicos en los que se apoya la capacidad de orientación de la persona. Un punto de referencia se define como cualquier objeto, sonido, olor o indicador táctil que sea único en la zona en que el no vidente se ha de desplazar, permanente en el tiempo y en el espacio y de tener una localización fácilmente accesible para la persona.

Un punto de información es cualquier estímulo auditivo, táctil, cenestésico, visual u olfativo que pueda dar a la persona no vidente información útil para orientarse, pero que no cumpla alguna de las tres características descritas en punto de referencia.

Es suficiente encontrar un punto de referencia para que sepamos exactamente donde estamos mientras que hacen falta varios puntos de información para lograr lo mismo.

1.2.3.2 TÉCNICAS DE PROTECCIÓN

Permiten al no vidente desplazarse de forma eficaz, independiente y segura, sobre todo en interiores, proporcionando el máximo de protección posible sin necesidad de utilizar ayudas para la movilidad.

Son técnicas que deben utilizarse de forma muy selectiva y no para largos desplazamientos.

Hay dos tipos de técnicas:

Las técnicas de protección alta para obstáculos situados por encima de la cintura y las técnicas de protección baja para las que están por debajo de la cintura, por ejemplo para caminar por interiores totalmente desconocidos en los cuales se deberán dominar ambas técnicas. (Orientación y Movilidad (OYM), 2006)

1.2.3.3 TÉCNICA DE SEGUIMIENTO AL TACTO

Es una técnica que permite al no vidente caminar paralelo a una pared o cualquier otra superficie guía evitando golpearse con objetos bajos situados pegados a la pared, sillas por ejemplo, a la vez que facilita la localización de puntos de referencia o información. (Orientación y Movilidad (OYM), 2006)

1.2.3.4 TÉCNICA DE GUÍA VIDENTE

El no vidente puede desplazarse con seguridad y eficacia acompañado de un guía vidente ubicándose siempre un poco por detrás del guía y cogerá a este por encima del codo (siempre que la altura del uno y el otro lo permita) con los dedos en forma de pinza.

Guía y no vidente deben estar en contacto en todo momento ya que mediante gestos y movimientos corporales, el guía informará a su compañero sobre la presencia de determinados elementos del medio que pueden afectar al desplazamiento y de ciertas características de los mismos; por ejemplo; si el guía cruza su brazo hacia atrás y hacia el centro de su cuerpo, el deficiente visual lo interpretará como que hay un obstáculo que impide el paso simultáneo de ambos cuerpos, y se situará totalmente detrás del guía. (Orientación y Movilidad (OYM), 2006)

1.2.3.5 PLANOS DE MOVILIDAD

Son un complemento muy eficaz para facilitar el desplazamiento de personas deficientes visuales graves. La mayor parte de ellos están elaborados en relieve, utilizando múltiples materiales que puedan ser percibidos por el tacto como diferentes entre sí.

Ayudan al deficiente visual a realizar un determinado recorrido o hacerse una imagen mental de un área más amplia. Existen otras modalidades como los planos verbales o los escritos en Braille. (Orientación y Movilidad (OYM), 2006)

1.2.3.6 TÉCNICAS DE MOVILIDAD CON BASTÓN LARGO

Es el auxiliar de movilidad más conocido por ser el más utilizado por la población invidente cuando se desplaza de forma autónoma. Existen varios tipos de bastones, cada uno de los cuales cumple unas funciones diferentes y cubren unas necesidades también diferentes.

El más conocido es el bastón largo, el cual tiene una serie de funciones de las cuales destacan tres. Debe proteger a la persona de golpes y accidentes, informarle sobre ciertas características del entorno por el que se desplaza y le sirve como distintivo de persona ciega o deficiente visual grave.

En el caso de niños pequeños se utiliza el denominado auxiliar pre bastón que se adaptan a las necesidades del niño según las características que esté presente y presentan algunas de las características antes descritas. Pueden utilizarse en entornos simples que, por otro lado, son en los que normalmente se desenvuelven los niños muy pequeños. El pre bastón se irá adaptando a medida que el niño vaya creciendo.

La utilización de un bastón de movilidad requiere de un aprendizaje más o menos largo, en el que se incluye una serie de técnicas que el no vidente debe conocer y utilizar en el momento adecuado, destacando la técnica diagonal, base y de deslizamiento; aunque hay otras que se utilizan en menor medida. (Orientación y Movilidad (OYM), 2006)

1.2.3.7 PERROS GUÍA

Es un auxiliar de movilidad poco utilizado, debido a que la persona no vidente necesita de un periodo de entrenamiento para su uso, durante el cual perro – guía y usuario se adaptan mutuamente.

El perro aporta una serie de ventajas, pero también supone unos inconvenientes, por ejemplo, que el perro – guía produce una gran tranquilidad en los desplazamientos en exteriores ya que, de alguna forma, confirma las percepciones del usuario; permite esquivar obstáculos sin entrar en contacto directo con ellos, el inconveniente más destacable es que precisa unos cuidados

muy estrictos; además requiere constantemente mantener y ampliar su adiestramiento para que no pierda su función de perro guía, lo que podría ser incluso peligroso para el usuario. Por último en algunos casos puede producirse dependencia del ciego respecto al perro guía, lo que, suele limitar la autonomía del primero. (Orientación y Movilidad (OYM), 2006)

1.2.3.8 AUXILIARES ELECTRÓNICOS

Dispositivos electrónicos que sirvan como auxiliares de movilidad. Son básicamente, mecanismos que emiten algún tipo de señal al entorno, y que recogen el eco de esta señal devuelto por los objetos con los que choca, traduciéndolo en una información que pueda ser percibida por el usuario, ya sea mediante impulsos táctiles o auditivos. La señal suele ser de dos tipos: ultrasonidos o radiación infrarroja. (Orientación y Movilidad (OYM), 2006)

1.3 ESTADO DEL ARTE

1.3.1 DISPOSITIVOS DE AYUDA PARA NO VIDENTES DESARROLLADOS INTERNACIONALMENTE

1.3.1.1 DISPOSITIVO DE DETECCIÓN DE OBSTÁCULOS PARA INVIDENTES

Prototipo tipo gafas para personas con discapacidad visual, este contiene sensores de distancia ultrasónicos. El diseño consiste en un sensor que emite ondas imperceptibles al oído humano que al chocar con algún objeto rebotan lo cual permite detectar el eco reflejado y así saber su proximidad, una vez conociendo la distancia entre el objeto y la persona, un microprocesador se encargara de evaluar si es necesario emitir una alarma para prevenir al usuario sobre la proximidad de algún obstáculo. (Dainiznorai & Rosemberg, 2013)

- **Ventajas**

- El dispositivo permite detectar objetos a una distancia segura
- El dispositivo es portátil y fácil de utilizar
- El circuito del dispositivo es de bajo consumo energético

- **Desventajas**

- El prototipo no estará diseñado para funcionar bajo lluvia, o en condiciones climáticas muy adversas
- El prototipo estará enfocado a detectar únicamente obstáculos en la parte frontal del sujeto
- Enfocado principalmente a obstáculos grandes, teniendo grandes limitantes en objetos pequeños
- El prototipo no proporciona información sobre objetos bajos y escalones

- **Apreciación**

Este prototipo de gafas presenta características similares al proyecto a desarrollarse con la diferencia de que su aplicación solo abarca la zona alta del cuerpo y la detección de objetos en una sola dirección, además de que la vibración del motor no es variable.

Estas diferencias son importantes para tomar en cuenta en el diseño del proyecto ya que la aplicación será en la zona media del cuerpo, detección en tres direcciones, vibración de motores variable y una mejora en su estética.

1.3.1.2 ROBOT GUÍA PARA INVIDENTE

Es un robot que guía a personas invidentes a través de sensores ultrasónicos y cámaras de alta definición, mediante inteligencia artificial en dos vertientes: la lógica difusa y el reconocimiento de patrones.

El robot tiene la funcionalidad de evadir obstáculos y avisarle al invidente las características de su entorno por medio del reconocimiento de símbolos. Además, puede guiar a la persona en ambientes desconocidos, esta innovación podría sustituir a los perros guía, que son de difícil asignación y elevado costo.



FIGURA 1: Robot Guía. Vista superior y lateral

Fuente: (Agencia Informativa Conacyt, 2015)

“AMEPI está conformado por tres sensores ultrasónicos, dos cámaras de alta definición, una tracción de oruga diferencial, la cual funciona con seis baterías; también cuenta con una tarjeta arduino que regula la velocidad y giro de los motores. Además, tiene una diadema inalámbrica con la que el usuario tiene una interacción más intuitiva con el robot.

El invidente puede darle comandos de voz al robot, así como también puede escuchar las recomendaciones de él. “La idea es que AMEPI reciba órdenes para cada uno de los movimientos que haga; sin embargo, el robot también puede auto explorar en un ambiente desconocido, reconociendo los obstáculos del camino. (Agencia Informativa Conacyt, 2015)

- **Ventajas**

- El sensor presenta varios sensores ultrasónicos y cámaras de alta definición que permiten detectar obstáculos y peligros al usuario
- Al utilizar una programación de lógica difusa el robot puede tomar decisiones independientemente
- El uso de la diadema inalámbrica facilita al usuario dar órdenes al robot por medio de la voz

- **Desventajas**

- La calibración de las cámaras y sensores son complicadas
- El diseño del Hardware es compleja

- **Apreciación**

Este prototipo de robot para no videntes presenta varias ventajas de ayuda al usuario debido al número de sensores ultrasónicos y cámara de autodefinition colocadas, además su programación lógica difusa le permite una mejor interacción con la persona no vidente; sin embargo este prototipo de robot requiere un previo curso de manejo para su uso por la complejidad el sistema así como un permanente mantenimiento y calibración de los sensores y cámara.

Esto presenta varios problemas al no vidente debido a que en muchos casos no pueden solventar sus gastos de mantenimiento e incluso el costo de adquisición del robot.

1.3.2 DISPOSITIVOS DE AYUDA PARA NO VIDENTES DESARROLLADOS EN EL ECUADOR

1.3.2.1 RUNATECH: TRAJE TECNOLÓGICO PARA NO VIDENTES



FIGURA 2: Traje para no videntes (Runatech)

Fuente: (Pilco, 2014)

El traje especial para personas no videntes requiere basar su funcionamiento central en un sensor de proximidad de ultrasonido, dispositivo capaz de detectar obstáculos cercanos que está unido a un sistema de alerta por vibración que usa motores eléctricos simples de cinco voltios. Los sensores de ultrasonido están posicionados en partes estratégicas de la anatomía humana para percibir obstáculos por debajo y encima de la cintura, en las extremidades superiores y en la cabeza, esto sirve para cubrir un rango más amplio de obstáculos mientras una persona ciega camina. Cuando el usuario camina con el traje puesto los sensores enviarán un alerta de activación en el sistema de vibración para que la persona no vidente pueda saber de la existencia del obstáculo y evadirlo. (Pilco, 2014)

- **Ventajas**

- El traje permite detectar objetos en alturas alta, media y baja
- Los sensores ultrasónicos están ubicados en puntos específicos de la fisiología del cuerpo
- El sistema de vibración por motores DC permite al no vidente detectar de forma inmediata el obstáculo.
- Las baterías de lipo tienen una duración de cuatro horas

- **Desventajas**

- El traje no está diseñado para realizar esfuerzos grandes o actividades físicas fuertes
- El traje y sus componentes no son a prueba de agua o humedad
- Los sensores ultrasónicos tienen un punto ciego de tres centímetros.
- La vibración de los motores DC es constante y no definen la distancia aproximada al objeto.

- **Apreciación**

El estudio de este dispositivo ha permitido tomar ciertas apreciaciones útiles en el proyecto así como el dar mayor comodidad al usuario en sus actividades diarias mejorando el diseño del prototipo, define la distancia segura de detección de obstáculos y la vibración de los motores DC deben ser variables para que el usuario determine la distancia a la que se encuentre el objeto detectado.

1.3.2.2 BASTÓN ELECTRÓNICO GUIADO PARA PERSONAS NO VIDENTES



FIGURA 3: Bastón electrónico

Fuente: (Romero, 2013)

Este dispositivo consta de un sensor ultrasónico, una tarjeta RFID y un módulo de audio, donde el sensor ultrasónico está continuamente censando la distancia a los obstáculos existentes, Si la distancia es menor a 1,5 metros se activa una señal de advertencia de obstáculos, se enciende un pitido y una vibración en el bastón. La tarjeta RFID cada cierto tiempo envía una señal de Radio Frecuencia buscando etiquetas RFID.

Cuando encuentra una etiqueta, lee su código y realiza una comparación interna para identificar el camino ligado al código, una vez identificado el camino activa la etapa de audio que reproduce el audio respectivo al camino. (Romero, 2013)

- **Ventajas**

- El dispositivo es ligero para comodidad del usuario
- La distancia de detección de los sensores le permite al usuario detectar obstáculos de maneja segura
- El uso de las tarjetas RFID le permite al no vidente tener mayor conocimiento de su ubicación en el área que se encuentra

- **Desventajas**

- El dispositivo requiere un tiempo de establecimiento al momento del encendido para su funcionamiento normal
- La lectura de la tarjeta RFID no es muy eficiente debido a la distancia y número de veces que hay que pasar por el módulo para que detecte

- **Apreciación**

El dispositivo solo permite detectar objetos a una distancia baja y no a otras alturas en las cuales puede existir obstáculos que ocasionen daños al usuario además el uso de los módulos y tarjetas RFID ocasionan ligeras molestias al usuario debido a su deficiencia y dificultad de lectura de las mismas, así como se requiere el uso de varias tarjetas y colocación previa de las mismas por los sitios de movilización.

1.3.2.3 GAFAS BLUETOOTH PARA NO VIDENTES

Este dispositivo permite a las personas no videntes detectar obstáculos gracias a los sensores ultrasónicos ubicados al frente y a los lados de las gafas, las cuales tienen incorporado un circuito esclavo el cual permite enviar la señal por Bluetooth a un celular el mismo que tiene instalado una aplicación con la que detecta la señal y notifica al no vidente el obstáculo.

El sistema también consta con un dispositivo maestro de tres botones con el cual permite elegir el tipo de funcionamiento de los sensores de las gafas, con el primer botón se enciende el sensor que detecta obstáculos al frente, con el segundo botón se enciende los sensores ubicados a los lados de las gafas y con el tercer botón permite enviar un mensaje de auxilio desde el celular a un familiar previamente seleccionado.

- **Ventajas**

- El dispositivo permite la detección de objetos en tres direcciones diferentes
- El usuario puede activar los sensores de acuerdo a la dirección que desee detectar al objeto
- La aplicación en el celular brinda mayor seguridad al no vidente en caso de emergencia

- **Desventajas**

- El dispositivo solo detecta objetos en la zona alta del cuerpo

- **Apreciación**

Al analizar las ventajas y desventajas del dispositivo se determina que la detección de objetos se debe realizar en la zona media del cuerpo debido a que en esta área es donde se encuentran la mayor parte de obstáculos además el uso de los módulos Xbee permite una comunicación inalámbrica más eficiente y con ahorro de energía, los botones de selección para activar los sensores son muy prácticos ya que permite al usuario activar o desactivar las áreas de detección según su necesidad y lugar que se encuentre.

1.3.3 DISPOSITIVOS DE AYUDA PARA NO VIDENTES DESARROLLADOS EN LA PROVINCIA DE IMBABURA

1.3.3.1 CHALECO CON SENSORES PARA PERSONAS NO VIDENTES



FIGURA 4: Chaleco para no videntes

Fuente: (Cristian Vásquez, 2015)

Este chaleco consta de cinco sensores ultrasónicos, los cuales detectan la proximidad de objeto o personas que se encuentren a un metro de distancia. “El ángulo de porción es de 20 grados, además es fácil de utilizar y de llevar. La persona no vidente lo puede utilizar, sea el chaleco solo o con el bastón que utilizan”

Cada sensor contiene un vibrador: “si la persona no vidente, por ejemplo, está cerca de un objeto a su derecha el sensor de la parte derecha le va a enviar una señal y le va a vibrar, este tiene un micro controlador el cual activa al vibrador. De esa manera le permite a la persona no vidente, alertarse o prevenir un obstáculo”.El chaleco tiene un botón de encendido/apagado, las baterías tienen seis horas de duración y son recargables. (Cristian Vásquez, 2015)

• **Ventajas**

- El dispositivo permite detectar objetos en cinco direcciones
- Las baterías larga duración de seis horas
- El dispositivo puede usarse como complemento del bastón

- **Apreciación**

El dispositivo utiliza como controlador un arduino con tamaño y peso acordes al diseño del chaleco y como complemento del bastón resulta incómodo para el usuario al realizar sus actividades diarias debido a su tamaño y estética.

1.4 MARCO TEÓRICO

1.4.1 SENSORES ULTRASÓNICOS

Se denomina ultrasonidos a las vibraciones de frecuencia superior a las audibles por el ser humano (>20 KHz) que se producen en un medio elástico. (Puentes, 2014)

1.4.1.1 EL PRINCIPIO ULTRASÓNICO

El sensor ultrasónico emite cíclicamente un impulso acústico de alta frecuencia y corta duración. Este impulso se propaga a la velocidad del sonido por el aire. Al encontrar un objeto, es reflejado y vuelve como eco al sensor ultrasónico. Este último calcula internamente la distancia hacia el objeto, basado en el tiempo transcurrido entre la emisión de la señal acústica y la recepción de la señal de eco. Como la distancia hacia el objeto es medida por medio del tiempo de recorrido del sonido, y no por una medición de la intensidad, los sensores ultrasónicos son insensibles hacia el ruido de fondo.

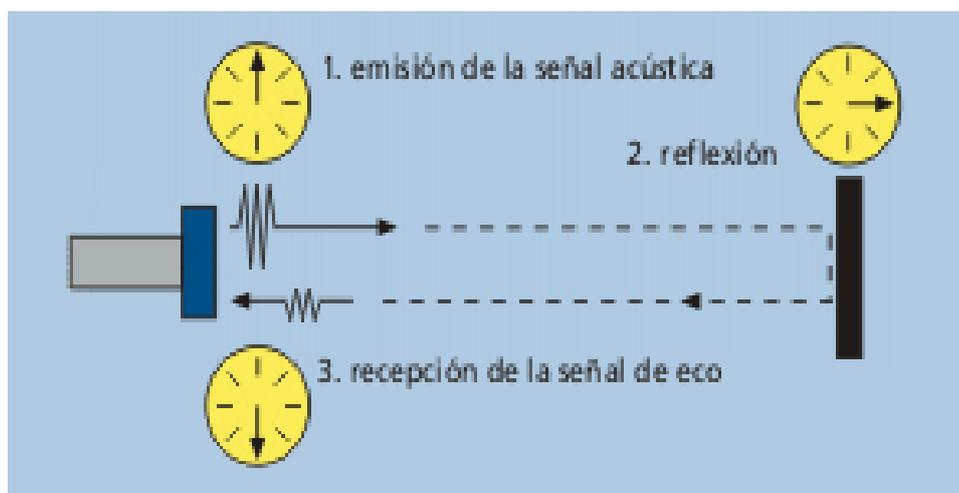


FIGURA 5: El principio ultrasónico

Fuente: (microsonic sensores ultrasónicos, s.f.)

Prácticamente todos los materiales que reflejan el sonido son detectados, independientemente de su color. Aún materiales transparentes o láminas delgadas no presentan problemas para los sensores ultrasónicos. (microsonic sensores ultrasónicos, s.f.)

1.4.2 ACTUADORES

Los actuadores son dispositivos que brindan la posibilidad de transformar diferentes tipos de energía para generar algún funcionamiento dentro de un sistema automatizado determinado. Usualmente, los actuadores generan una fuerza mecánica a partir de distintos tipos de energía, como puede ser eléctrica, neumática, o hidráulica.



FIGURA 6: Actuador

Fuente: (Díaz, 2013)

Los actuadores electrónicos son accionados por medio de corrientes eléctricas. Existen actuadores electrónicos que consumen una considerable cantidad de energía, para este tipo de casos se utilizan controladores. Los actuadores eléctricos son utilizados en diferentes aparatos mecatrónicos, como robots. Algunos tipos de actuadores electrónicos son:

- Motores de corriente directa
- Motores de pulsos (paso a paso)
- Electro válvulas
- Aleaciones con memoria de forma (como el Nitinol)
- Relevadores (Díaz, 2013)

1.4.3 SISTEMAS EMBEBIDOS

Un Sistema Embebido es un sistema electrónico diseñado para realizar pocas funciones en tiempo real, según sea el caso. Al contrario de lo que ocurre con las computadoras, las cuales tienen un propósito general, ya que están diseñadas para cubrir un amplio rango de necesidades y los sistemas embebidos se diseñan para cubrir necesidades específicas.

En un sistema embebido la mayoría de los componentes se encuentran incluidos en la placa base (la tarjeta de video, audio, módem) y muchas veces los dispositivos resultantes no tienen el aspecto de lo que se suele asociar a una computadora. Algunos ejemplos de sistemas embebidos podrían ser dispositivos como un taxímetro, un sistema de control de acceso, la electrónica que controla una máquina expendedora o el sistema de control de una fotocopiadora entre otras múltiples aplicaciones.

Los sistemas embebidos suelen tener en una de sus partes una computadora con características especiales conocida como micro controlador que viene a ser el cerebro del sistema. Este no es más que un microprocesador que incluye interfaces de entrada/salida en el mismo chip. Normalmente estos sistemas poseen una interfaz externa para efectuar un monitoreo del estado y hacer un diagnóstico del sistema.



FIGURA 7: Sistema Embebido

Fuente: (SemanticWebBuilder, s.f.)

Por lo general, los sistemas embebidos se pueden programar directamente en el lenguaje ensamblador del micro controlador o microprocesador incorporado sobre el mismo, o también, utilizando los compiladores específicos que utilizan lenguajes como C o C++ y en algunos casos, cuando el tiempo de respuesta de la aplicación no es un factor crítico, también pueden usarse lenguajes interpretados como Java. (SemanticWebBuilder, s.f.)

1.4.3.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS EMBEBIDOS

Las principales características de un sistema embebido son el bajo costo y consumo de potencia. Dado que muchos sistemas embebidos son concebidos para ser producidos en miles o millones de unidades, el costo por unidad es un aspecto importante a tener en cuenta en la etapa de diseño.

Un sistema embebido está conformado por un microprocesador y un software que se ejecuta sobre él mismo. Sin embargo este software necesita un lugar donde pueda guardarse para luego ser ejecutado por el procesador. Esto podría tomar la forma de memoria RAM o ROM, donde cierta cantidad la utiliza el sistema embebido. (SemanticWebBuilder, s.f.)

1.4.4 SISTEMAS OPERATIVOS DE TIEMPO REAL

Sistema operativo que ha sido desarrollado para aplicaciones de tiempo real con el fin de garantizar el cumplimiento de forma adecuada de las tareas teniendo en cuenta las restricciones de tiempo lo que hace necesario que el sistema sea determinista.

Es los SOTR no importa el usuario sino los procesos, generalmente se subutilizan los recurso con el fin de estar disponibles y atentos a los procesos en el momento que este los requiera, es utilizado en entornos donde se procesan gran cantidad de eventos. Son empleados para aplicaciones muy específicas como pueden ser:

- Control del tráfico aéreo
- Bolsas de valores
- Control de refinerías

- Control de trenes
- Telecomunicaciones
- Sistemas de fabricación integrada (soperativos, s.f.)

1.4.4.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS DE TIEMPO REAL

- Objetivo es proporcionar rápidos tiempos de respuesta y cambios de contexto
- Minimizar el tiempo en el que esta deshabilitadas las interrupciones
- Procesa ráfagas de miles de interrupciones por segundo sin perder un solo suceso.
- Proceso de mayor prioridad expropia recursos
- Generalmente se utiliza planificación expropiativa basada en prioridades
- Gestión de memoria menos exigente que tiempo compartido, usualmente procesos son residentes permanentes en memoria
- Poco movimiento de programas entre almacenamiento secundario y memoria
- La gestión de archivos se orienta más a velocidad de acceso que a utilización eficiente del recurso
- Debe ser multihebrado y apropiativo
- Poseer un tamaño pequeño
- Debe existir mecanismos de sincronización predecibles y de herencia de prioridad
- Gestión de memoria que no afecte a la Predicibilidad

Muchas aplicaciones de tiempo real son embebidas, pero no todas las aplicaciones embebidas se desempeñan en tiempo real. Mientras que aplicaciones en tiempo real siempre se adhieren a características estrictas en el tiempo, los sistemas embebidos no son tan simples de categorizar. (soperativos, s.f.)

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA

2.1 JUSTIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SELECCIONADA

El método de investigación para el desarrollo del cinturón y manillas ultrasónicos para no videntes fue dado por datos de la experiencia personal que tengo como no vidente, al conocer y experimentar las necesidades que conllevan en las actividades diarias que realizo, determinando las fortalezas, debilidades y características necesarias antes de elaborar el prototipo

2.2 HERRAMIENTAS DE INVESTIGACIÓN UTILIZADA

Como se mencionó anteriormente, la investigación se llevó a cabo por experiencias personales para definir las características del dispositivo, el cual para su desarrollo fue necesario realizar la investigación teórico - científico de los materiales y componentes necesarios que cumplan con las características definidas del prototipo, basándose en información de artículos científicos, libros para los conceptos básicos de los sensores, controladores y actuadores a utilizarse e investigación en páginas web y fabricantes para la selección de los componentes y materiales disponibles en el mercado.

2.3 IMPLEMENTACIÓN DEL DISPOSITIVO

Para la implementación del dispositivo se utilizará la tarjeta myRIO como controlador central, mismo que fue proporcionado por los laboratorios de la Universidad Técnica del Norte. Los demás componentes como sensores ultrasónicos, motores de vibración, micro - controladores, módulos Xbee, baterías, bocinas de sonido (chicharra) y elementos electrónicos fueron adquiridos en el mercado local.

El proceso de elaboración del dispositivo se inicia realizando la respectiva programación, pruebas de simulación y conexiones de las manillas 1 y 2 en el

protoboard, para luego continuar con el mismo proceso en el circuito del cinturón; una vez realizadas las pruebas se procede a la elaboración de las respectivas placas siendo las bases para el 3D de las carcasas y su fabricación fue en una impresora 3D con material PLA seleccionado previamente, seguidamente se procedió al ensamblaje del dispositivo y las pruebas de funcionamiento.

2.4 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

En el proceso de elaboración del dispositivo se utilizará los métodos de prueba y error para la fabricación y comunicación de las manillas con el cinturón así como la calibración de los sensores y motores de vibración de acuerdo a las características definidas en el proceso.

Las primeras pruebas fueron aplicadas en la etapa inicial de la programación, simulación y conexiones de las manillas 1 y 2 verificando la señal emitida por los sensores y la comunicación de las manillas con el cinturón mediante el uso de los módulos Xbee.

Armado el dispositivo se realiza las pruebas de funcionamiento de campo en distintos lugares del domicilio, calles del barrio y ciudad, parte interna de la universidad y centros comerciales verificando su funcionamiento y determinando sus correcciones necesarias.

2.5 SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

2.5.1 BOSQUEJO DE PROTOTIPO

En el proceso de selección del prototipo ideal para el proyecto se ha tomado varias opciones para su desarrollo, principalmente en el elemento de medida de distancia, desplazamiento o posición que emplea el aire como medio de transporte, infrarrojos, capacitivos, inductivos y ultrasónicos, elementos principales en este campo.

A continuación podemos ver una breve descripción de los diferentes modelos existentes:

2.5.1.1 CINTURÓN Y MANILLAS VIBRADORES INFRARROJOS.

El funcionamiento de este dispositivo se basa en la emisión de una luz infrarroja enviada por el sensor, la cual al hacer contacto con un objeto la luz revota de regreso al receptor del sensor variando su intensidad según la distancia del objeto, el sensor envía la señal del dato al procesador de la manilla o cinturón el cual se encarga de transformar el dato en el valor real de la distancia para luego con ese dato activar la vibración de los motores.

El alcance del sensor varía según el modelo y detecta objetos que puedan reflejar la luz emitida por el sensor y se encuentren en línea recta.

2.5.1.2 CINTURÓN Y MANILLAS VIBRADORES CAPACITIVOS.

El funcionamiento de este dispositivo consiste en que el sensor capacitivo detecta la variación de la capacitancia de un objeto (metálico y no metálico), y envía una señal del dato de la variación al controlador (manilla o cinturón), el cual se encarga de transformar el dato al valor de la distancia real del objeto para posteriormente activar la vibración de los motores.

El alcance del sensor tiene que ser modificado manualmente mediante un tornillo ubicado en la carcasa lo cual no es muy conveniente en el momento de su calibración.

2.5.1.3 CINTURÓN Y MANILLAS VIBRADORES INDUCTIVO.

El funcionamiento de este dispositivo consiste en que el sensor inductivo crea un campo electromagnético en el entorno cercano de la superficie de detección, mismo que al detectar un objeto metálico envía una señal del dato de la variación al controlador (manilla o cinturón), el cual se encarga de transformar el dato al valor de la distancia real del objeto para posteriormente activar la vibración de los motores.

El alcance de este sensor depende del campo electromagnético que genere detectando objetos en cualquier dirección siempre y cuando sean metálicos.

2.5.1.4 CINTURÓN Y MANILLAS VIBRADORES ULTRASÓNICOS.

El funcionamiento del dispositivo consiste en que el sensor ultrasónico genera una señal de sonido con una frecuencia no detectable por el oído humano, la cual rebota al hacer contacto con un objeto hacia el receptor del sensor. El sensor realiza un conteo de tiempo desde el momento que envía el ultrasonido hasta cuando este regrese al receptor del sensor, con este dato de tiempo el sensor envía una señal analógica o digital de la distancia a un contralor el cual se encarga de transformar el dato al valor de la distancia real del objeto para posteriormente activar la vibración de los motores. El alcance del sensor ultrasónico varía según el modelo adquirido y su rango de detección siempre tiene un valor de 15 a 60 grados de amplitud según el modelo, mientras más cerca esté el objeto al sensor el tiempo de envío y recepción será menor y puede detectar todo tipo de objetos.

2.5.1.5 TABLA DE SELECCIÓN DEL DISPOSITIVO.

En la tabla se presenta la comparación del desempeño de los dispositivos según su alcance, rango y tipo de material que pueden detectar.

La valoración de desempeño de cada dispositivo será en un rango de 0 a 10 puntos

TABLA 1: Selección del Dispositivo

Tipo de Sensor Características	Infrarrojo	Capacitivo	Inductivo	Ultrasónico
Alcance	7	6	5	9
Rango	3	8	10	7
Metales	9	8	10	10
No metales	5	8	0	10
Otros	3	7	0	10
Total	27	37	25	46

De acuerdo a esta valoración se ha determinado que el cinturón y manillas vibradores ultrasónicos es el dispositivo ideal para el desarrollo del proyecto.

2.6 CONTROLADOR

2.6.1 FLUJOGRAMA DE LOS ELEMENTOS QUE USAN PROCESADOR EN LA MANILLA

2.6.1.1 FUNCIONAMIENTO DE LAS MANILLAS

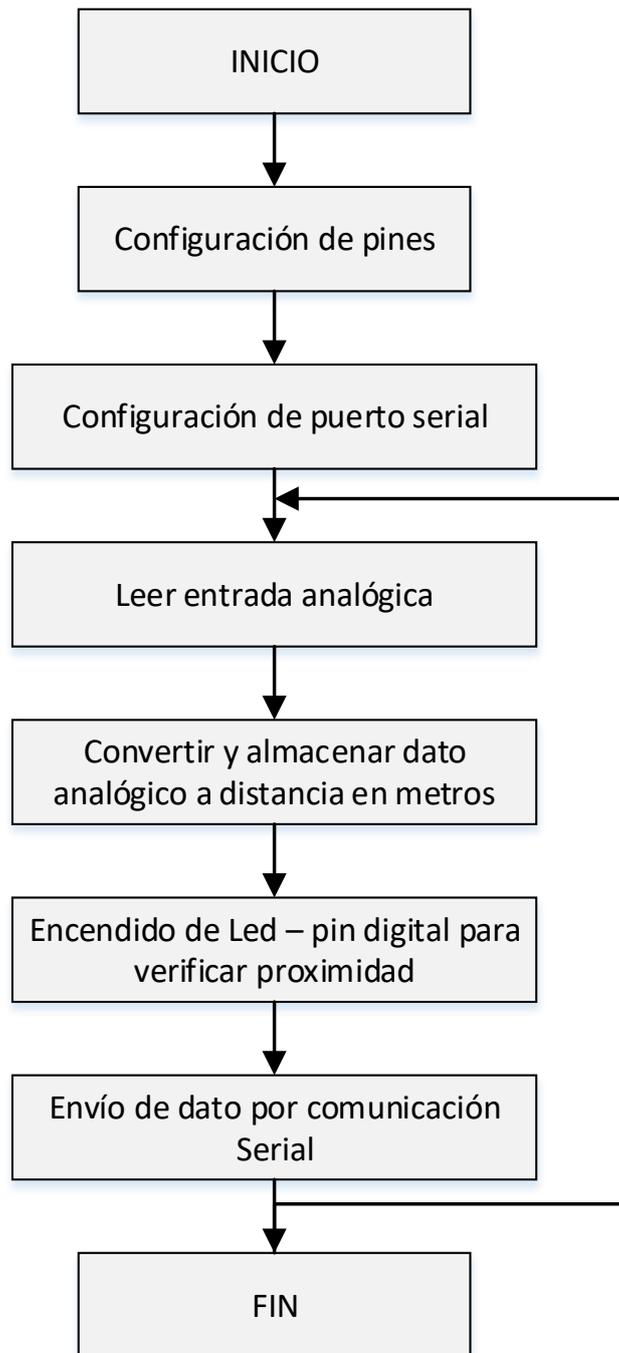


FIGURA 8: Flujograma de funcionamiento de la manilla

- **Configuración de pines**

Al iniciar la ejecución del programa se configura los pines de acuerdo a lo que se necesita utilizar como:

- Pin A0 entrada analógica

- Pin digital como salida

Esta configuración solo se ejecuta una vez al iniciar el programa ya que no es necesario modificarlas ya en funcionamiento.

- **Configuración de puerto serial**

La configuración del puerto serial se realiza con el comando **Serial.begin()** al iniciar el programa con una velocidad de 9600 val para que esté sincronizado con la velocidad del módulo de comunicación inalámbrica.

- **Leer entrada analógica**

La lectura del canal analógico se inicia luego de la configuración inicial de pines y puerto serial. El canal analógico A0 recibe el dato enviado por el sensor ultrasónico y lo transforma a un valor analógico de 10 Bits (1023 Bites) que es la resolución a la que trabaja el canal analógico, posteriormente se toma el valor analógico y se lo almacena en una variable para luego poder ser manipulada.

- **Convertir y almacenar dato analógico a distancia en metros**

Una vez almacenado el dato analógico en una variable se procede a realizar una operación matemática para sacar la distancia proporcional al valor analógico enviado por el sensor ultrasónico.

- **Encendido de Led (Pin digital) para verificar proximidad**

En el pin digital del arduino se coloca un Led para verificar la proximidad de un objeto al sensor ultrasónico, esta verificación se comprueba mediante el parpadeo constante del Led mientras no se detecte algún objeto y un encendido constante mientras se detecte un objeto. Con esto se verifica si el sensor ultrasónico funciona normalmente.

- **Envío de dato por comunicación serial**

Por último se procede a realizar el envío del valor de la distancia en metros por el puerto serial.

- Manilla izquierda: (M1:"DISTANCIA EN METROS")

- Manilla derecha: (M2:"DISTANCIA EN METROS")

Este envío de datos es de manera constante y con una variación del dato según la distancia registrada. (Código de programación de arduino pro micro en anexo 7)

2.6.1.2 ENVÍO INALÁMBRICO DE DATOS

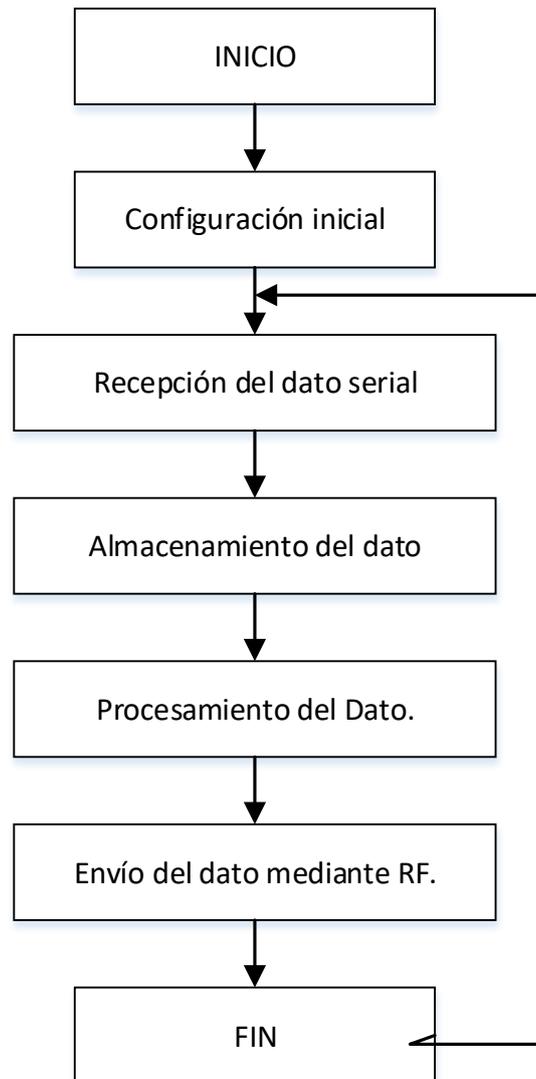


FIGURA 9: Flujograma de envío inalámbrico de datos

- **Configuración inicial del dispositivo**

Se configura el dispositivo como emisor inalámbrico del dato recibido por la comunicación serial.

- **Recepción del dato serial y almacenamiento del dato**

Al ingresar un dato tipo Serial por el pin DIN del Xbee, llega el dato al buffer DI de 202 bytes, referente al dato de ingreso, que posteriormente será procesado.

- **Procesamiento del dato**

El procesamiento sirve para enlazar de manera lógica y compatible entre los buffers de DI con RF TX y DO con RF RX, y así permitir el flujo de dato entre los mencionados buffers.

- **Envío del dato mediante RF**

El dato ingresado en el buffer RF TX se pasa al transmisor RF y seguidamente a la antena que permitirá llegar al Xbee receptor.

2.6.1.3 SISTEMA PARA LA CARGA DE BATERÍAS

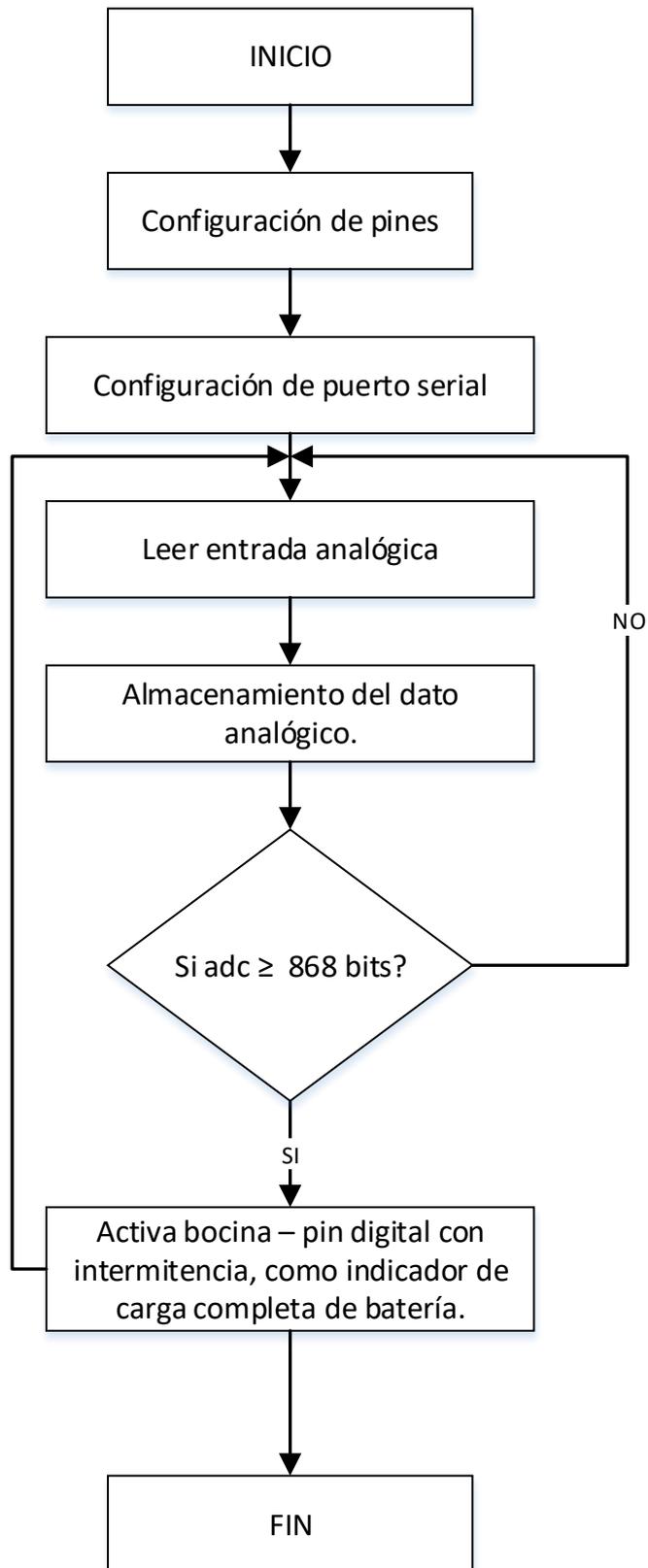


FIGURA 10: Flujograma para el sistema de carga de baterías de manillas y cinturón

- **Configuración de pines**

La configuración de los pines se realiza de la siguiente manera:

- Pin canal A0 como entrada analógica
- Pin digital como salida

Esta configuración se realiza al iniciar el programa y solo una vez, ya que no es necesario modificarlos ya en funcionamiento.

- **Leer entrada analógica**

Iniciado el programa el canal analógico A0 recibe el valor analógico de la batería y lo transforma en un valor con una resolución de 10 Bits (1023 Bites).

- **Almacenamiento del dato analógico**

Recibido el dato analógico se procede a almacenarlo en una variable para luego poder ser manipulada y hacer las comparaciones pertinentes.

- **Si $ADC \geq 868$ bits**

En esta comparación se verifica si el valor ADC es mayor a 868, quiere decir que la batería tiene un voltaje mínimo de 4.2 V lo que significa que se encuentra cargada completamente. En ese momento se activa la salida digital para el encendido de la bocina (chicharra) para notificar al usuario la carga completa de la batería.

En el caso de que el valor ADC sea menor a 868 quiere decir que la batería no se encuentra cargada completamente y no se realiza la activación de la salida digital. Estas dos comparaciones se realizan constantemente durante el proceso de carga de la batería. (Código de programación del PIC 18F2550 SMB y PIC 16F-88 en anexos 8 y 9)

2.6.2 FLUJOGRAMA DE LOS ELEMENTOS QUE USAN PROCESADOR EN EL CINTURÓN

2.6.2.1 RECEPCIÓN INALÁMBRICA DE DATOS

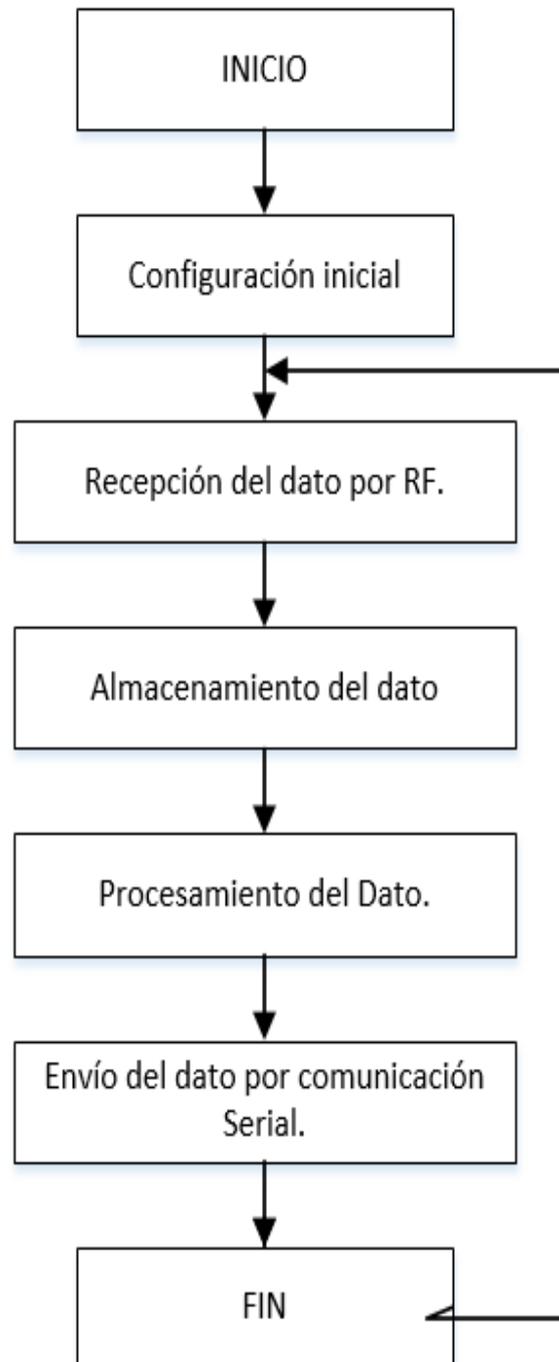


FIGURA 11: Flujograma de recepción inalámbrica de datos

- **Configuración inicial del dispositivo**

Se configura el dispositivo como receptor inalámbrico del dato de la manilla y se envía el dato por medio de la comunicación serial

- **Recepción del dato por RF y Almacenamiento del dato**

El dato recibido por la antena pasa al receptor y posteriormente pasa al buffer RF RX para almacenarse

- **Procesamiento del dato**

El procesamiento sirve para enlazar de manera lógica y compatible entre los buffers de DI con RF TX y DO con RF RX, y así permitir el flujo de dato entre los mencionados buffers

- **Envío del dato por comunicación serial**

El dato ingresado en el buffer RF RX se almacena temporalmente para ser transmitido por el puerto serial a un microprocesador

2.6.2.2 DIAGRAMAS DE FLUJO DEL SISTEMA EMBEBIDO DEL DISPOSITIVO

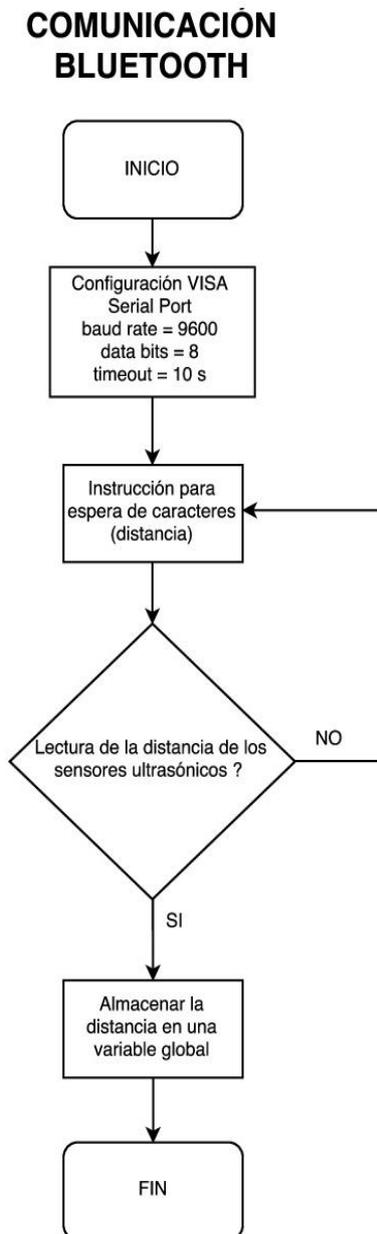


FIGURA 12: a) Flujograma de recepción inalámbrica de datos

- **Configuración puerto serial**

Se configura los valores para la velocidad y compatibilidad para la recepción de los datos emitidos por los emisores inalámbricos de las manillas al receptor conectado al sistema embebido

- **Instrucción espera de caracteres**

Se configura el tiempo de recepción de tiempo de cada dato y la cantidad de caracteres que se va a recibir

- **Lectura del dato recibido**

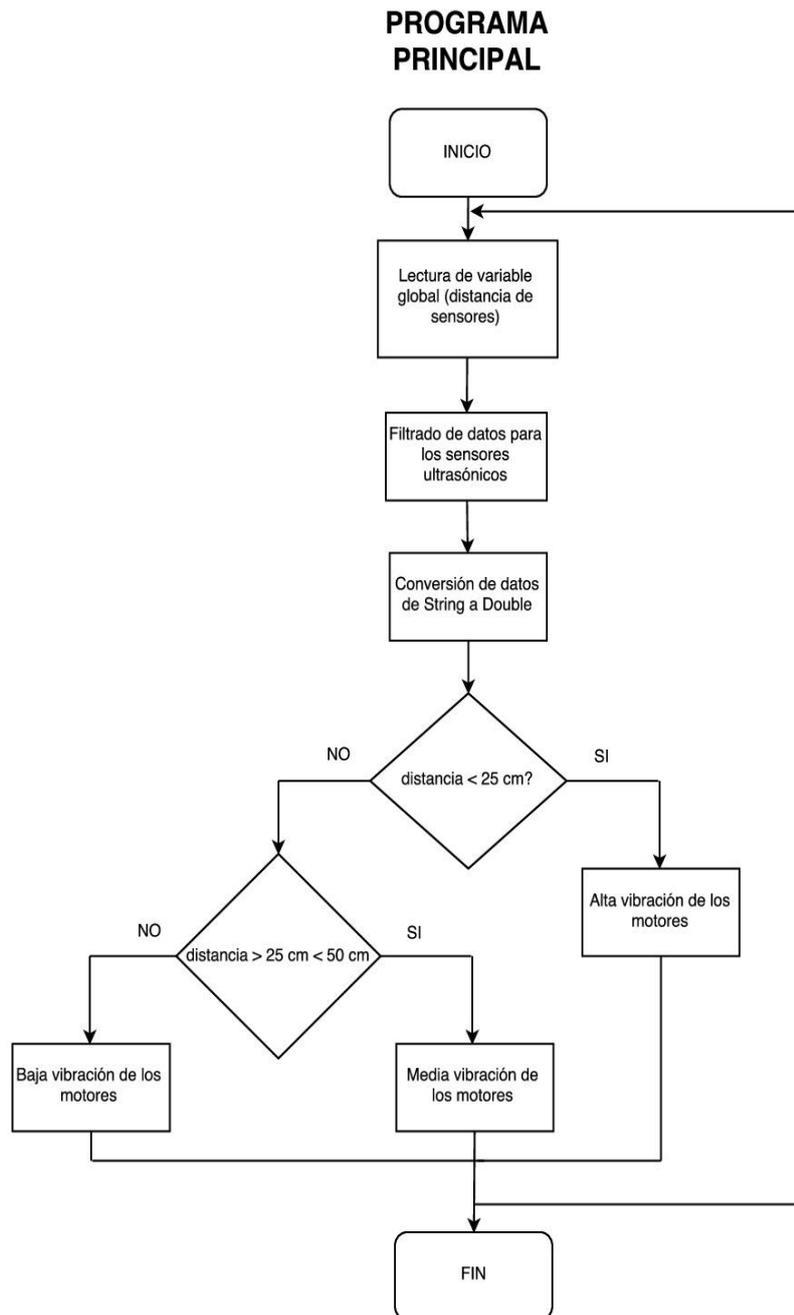


FIGURA 13: b) Flujograma del programa principal de funcionamiento

En esta etapa se lee el dato recibido inalámbricamente. Si es un dato válido se procede a guardar en una variable global o por lo contrario si el dato es inválido o no existe se reinicia el ciclo de lectura. Este proceso de lectura se encuentra dentro de un bucle.

- **Lectura de la variable global**

En esta subtarea se inicia tomando el dato de la variable global programa de comunicación inalámbrica.

- **Filtración de datos**

Para la filtración de datos se debe clasificar el dato según de donde proceda, para lo cual se diferencia con M1: dato de la manilla 1 y M2: dato de la manilla 2. Separados los datos se guarda el valor de cada distancia en una variable para luego ser transformada a una variable numérica. Con esta filtración de datos se pueda dar inicio con la calibración de los motores vibradores.

- **Calibración de los motores vibradores**

Con los datos obtenidos de las distancias filtradas se realiza la siguiente comparación:

- Si el dato es menor a 25 cm se produce una vibración fuerte en los motores
- Si el dato se encuentra entre 25 cm y 50 cm se produce una vibración intermedia
- Si la distancia es mayor a 50 cm se produce una baja vibración

Esta calibración se realiza en cada motor de vibración del cinturón.

(Diagramas de bloques de programación de la tarjeta myRIO en anexo 10)

2.7 SELECCIÓN DE ELEMENTOS

2.7.1 SELECCIÓN DE ELEMENTOS INTEGRADOS EN LAS MANILLAS

2.7.1.1 SELECCIÓN DEL SENSOR ULTRASÓNICO

Para la selección del sensor ultrasónico más adecuado a la aplicación requerida se ha tomado en cuenta tres diferentes sensores ultrasónicos disponibles en el mercado detallando cada una de sus ventajas, desventajas y características de funcionamiento para posteriormente realizar una comparación y seleccionar el más adecuado.

2.7.1.1.1 SENSOR MAX SONAR-EZ4



FIGURA 14: Sensor Max sonar EZ4

Fuente: (LA RED electrónica, s.f.)

El LV-Maxbotics Max Sonar-EZ ofrece medidas de detención de corto y largo alcance de objetos con un consumo energético bajo. El LV-Max Sonar-EZ detecta objetos de 0 a 6,45 metros y proporciona información más allá del rango de 15 cm (6 ") con una resolución de la resolución de 2,5 cm (1 pulgada). El sensor ofrece tres interfaces de salida, las cuales están activas al mismo tiempo tales como lo son salida digital con ancho de pulso, tensión de salida analógica y digital asíncrona. Se utiliza para aplicaciones de haces estrechos donde se requieren la menor cantidad de objetos pequeños detectados. Este es también el mejor sensor cuando se desea detectar sólo objetos de gran tamaño y evitar errores en la medición (objeto pequeño dentro del patrón de detección). No se recomienda para uso industrial. (LA RED electrónica, s.f.)

- **Características del Sensor Max sonar EZ4**

TABLA 2: Características del Sensor Max Sonar EZ4

Dimensiones:	2.2-2-1.6cm
Resolución:	2,5 cm
Alcance máximo:	6,45 m
Distancia mínima:	0 m
Frecuencia de muestreo:	20 Hz.
Baud:	9600
Tensión mínima de trabajo:	2,5 V
Tensión máxima de funcionamiento:	5,5 V
Corriente de alimentación:	2 mA

Fuente: (LA RED electrónica, s.f.)

Datasheet disponible en anexo 1

- **Ventajas**

- Las dimensiones del sensor Max Sonar EZ4 son adecuadas para ser implementado en el diseño de las manillas por su tamaño pequeño y fácil manipulación
- Al no tener una distancia mínima de detección nos permite localizar objetos u obstáculos en la superficie del sensor, evitando tener zonas sin detectar
- Los tres tipos de señales que envía de respuesta enviadas por el sensor permiten elegir el tipo de proceso a realizar para la programación de la manilla
- Presenta un bajo consumo de corriente en comparación con otros sensores ultrasónicos
- La resolución a la que trabaja el sensor facilita la interpretación de la distancia del objeto detectado y no es necesario linealizar la señal
- La tensión mínima de trabajo del sensor permite incorporarlo en aplicaciones más portátiles y con un bajo consumo de energía

2.7.1.1.2 HC-SR04 SENSOR DE DISTANCIA ULTRASÓNICO



FIGURA 15: Sensor ultrasónico HC-SR04

Fuente: (eekfactory, s.f.)

El sensor HC-SR04 es una excelente opción como sensor de distancia ultrasónico. Su relación de costo/beneficio lo hace óptimo para un gran abanico de aplicaciones. El uso de este módulo es bastante sencillo debido a que toda la electrónica de control, transmisión y recepción se encuentra contenida en PCB. El usuario solamente debe enviar un pulso de disparo y medir en tiempo alto del pulso de respuesta. Solamente se requieren 4 hilos para completar la interfaz con el módulo de sensor HC-SR04. (eekfactory, s.f.)

- **Características del sensor de distancia ultrasónico HC-SR04**

TABLA 3: Características del sensor ultrasónico HC-SR04

Dimensiones	45x20x15 mm
Resolución:	0,3 cm
Alcance máximo:	4 m
Distancia mínima:	2 cm
Frecuencia de muestreo:	40 khz.
Baud:	Ninguno
Tensión mínima de trabajo:	5 V
Tensión máxima de funcionamiento:	5 V
Corriente de alimentación:	15 mA

Fuente: (eekfactory, s.f.)

- **Ventajas**

- Su alcance máximo es el adecuado para la aplicación que se desea implementar
- Posee una resolución muy alta permitiendo obtener datos más precisos de la distancia del objeto

- **Desventajas**

- Las dimensiones del sensor no son adecuadas para el diseño óptimo de las manillas por su gran tamaño
- Presenta un punto ciego de detección de objetos que se encuentran a una mínima distancia del sensor
- El sensor emite un solo tipo de señal de respuesta limitando el proceso que se desea realizar para la obtención de señal
- Su tensión mínima y máxima de trabajo son las misma limitando su aplicación en equipos que funciones a un voltaje menor a 5 V

2.7.1.1.3 SENSOR DISTANCIAS ULTRASONIDOS RF10



FIGURA 16: Sensor ultrasonidos RF10

Fuente: (Facil, s.f.)

SRF10 es el medidor ultrasónico de distancias miniatura para robots que representa la última generación en sistemas de medidas de distancias por sonar, consiguiendo niveles de precisión y alcance únicos e impensables hasta ahora con esta tecnología. El sensor es capaz de detectar objetos a una distancia de 6 m con facilidad además de conectarse al controlador mediante un bus I2C, por lo que se pueden conectar cuantos sensores sean necesarios en el mismo bus. Con una alimentación única de 5V, solo requiere 15 mA, para funcionar y 3mA mientras esta en reposo, lo que representa una gran ventaja para robots alimentados por pilas. (Facil, s.f.)

- **Características del sensor distancia ultrasonido RF10**

TABLA 4: Características del sensor ultrasónico RF10

Dimensiones	32 x 15 x 10 mm
Resolución:	1cm
Alcance máximo:	6 m
Distancia mínima:	4 cm
Frecuencia de muestreo:	40 khz.
Baud:	Ninguno
Tensión mínima de trabajo:	5 V
Tensión máxima de funcionamiento:	5 V
Corriente de alimentación:	15 mA

Fuente: (Facil, s.f.)

- **Ventajas**

- Su alcance máximo es el adecuado para la aplicación que se desea complementar
- Posee una resolución muy alta permitiendo obtener datos más precisos de la distancia del objeto
- Su tipo de comunicación I2C permite realizar la conexión de varios sensores a un mismo punto del controlador para otros tipos de aplicaciones
- Su baja corriente en estado inactivo permite un gran ahorro de energía

- **Desventajas**

- Las dimensiones del sensor no son adecuadas para el diseño óptimo de las manillas por su gran tamaño
- Presenta un punto ciego de detección de objetos que se encuentran a una mínima distancia del sensor
- Su tensión mínima y máxima de trabajo son las misma limitando su aplicación en equipos que funciones a un voltaje menor a 5 V

2.7.1.1.4 TABLA DE SELECCIÓN DEL SENSOR ULTRASÓNICO PARA LAS MANILLAS

La revisión de las ventajas, desventajas y características de los sensores señalados, permiten realizar comparación y selección del sensor ultrasónico más adecuado al diseño de las manillas. La valoración de las características de cada sensor en la tabla 5 será de 1 a 10 puntos

TABLA 5: Selección del sensor ultrasónico

Sensor	Max sonar EZ4	HC-SR04	RF10
Características			
Dimensiones	10	5	7
Resolución:	8	10	10
Alcance máximo:	10	10	10
Distancia mínima:	10	8	7
Tipo de señal	10	7	7
Tensión de trabajo:	10	7	7
Corriente de alimentación:	10	8	8
TOTAL	68	55	56

Analizados los datos de la tabla 5 de selección se procede a la determinar el sensor ultrasónico más adecuado tomando en cuenta principalmente sus dimensiones, tipo de señal, corriente de alimentación y tensión de trabajo, por lo tanto, el sensor ultrasónico que cumple con las características deseadas es el sensor ultrasónico Max Sonar EZ4.

2.7.1.2 SELECCIÓN DEL CONTROLADOR ARDUINO

Para la selección del controlador arduino más adecuado a las necesidades del proyecto se toma en cuenta tres arduinos diferentes disponibles en el mercado, cuyas características permiten determinar sus ventajas y desventajas.

2.7.1.2.1 ARDUINO PRO MICRO



FIGURA 17: Arduino Pro Micro

Fuente: (Patagoniatec, s.f.)

El Pro Micro es similar al arduino Mini Pro excepto con un ATMEGA32U4 a bordo. Este chip hace la gran diferencia ya que además puede ser utilizado como dispositivo de interfaz humana. El transceptor USB dentro del 32U4 nos permite añadir conectividad USB a bordo y acabar con voluminosos interfaz USB externo. Esta pequeña tarjeta hace todas las funciones arduino con las que se está familiarizado con: 4 canales de 10-bit ADC, 5 pines PWM, 12 DIO, así como hardware conexiones serie Rx y Tx. Funcionando a 16 MHz , 5 V y a 8 MHz, 3,3 V. Este pequeño micro controlador puede ir en cualquier lugar. Hay un regulador de tensión a bordo para que pueda aceptar una tensión de hasta 12V.

- 12 Pines digitales I/O (5 PWM)
- Pines de entrada analógicos (10 bit c/u)
- Tensión de entrada 5-12V (Posee regulador interno)
- Tensión de salida: 5v
- Corriente máxima de salida total 150mA
- ATmega 32U4 funcionando a 5V/16MHz
- Apoyado bajo arduino IDE v1.0.1
- Conector micro-USB para la programación
- pines x ADC de 10 bits
- Rx y Tx Hardware Conexiones en serie (Patagoniatec, s.f.)

- **Características del arduino pro micro**

TABLA 6: Características del arduino pro micro

Dimensiones	3.31cm X 1.78 cm
Pines	Total 24
Pines digitales I/O	12
Pines PWM	5
Pines de entrada ADC	4
Resolución ADC	10 bits
Tensión de entrada	3,3 – 12V
Puerto de grabación	USB integrado
Puerto Serial	integrado

Fuente: (Patagoniatec, s.f.)

Datasheet disponible en anexo 2

- **Ventajas**

- Las dimensiones del micro controlador arduino son adecuadas para el diseño de las manillas
- El número de entradas analógicas y su resolución satisfacen a las necesidades del prototipo
- Al funcionar con un voltaje de 3.3 V es apto para incorporarse a dispositivos pequeños o portátiles como las manillas
- Su hardware serial incorporado es apto para la aplicación del proyecto
- Su puerto USB integrado facilita el proceso de grabación del programa en el arduino permitiendo realizar prueba de funcionamiento con mayor rapidez

2.7.1.2.2 MÓDULO ARDUINO PRO MINI 328



FIGURA 18: Arduino pro mini 328

Fuente: (electrónica embajadores, s.f.)

El arduino Pro Mini 328 es una placa con un pequeño micro controlador, basado originalmente en el ATmega168, pero ahora se suministra con el 328, destinado a montarse en placas base y cuando el espacio es primordial. Cuenta con 14 entradas / salidas digitales pines (de los cuales 6 pueden ser utilizados como salidas PWM), 8 entradas analógicas, y una de 16 MHz del oscilador de cristal. Se puede utilizar con USB / Serial converter para la programación y para agregar al puerto USB. (electrónica embajadores, s.f.)

- **Características del módulo arduino pro mini 328**

TABLA 7: Características arduino pro mini 328

Dimensiones	18x33mm
Pines	Total 30
Pines digitales I/O	14
Pines PWM	6
Pines de entrada ADC	6
Resolución ADC	10 bits
Tensión de entrada	3,3 – 12V
Puerto de grabación	USB no integrado
Puerto Serial	integrado

Fuente: (electrónica embajadores, s.f.)

- **Ventajas**

- Las dimensiones del micro controlador Arduino son adecuadas para el diseño de las manillas
- El número de entradas analógicas y su resolución satisfacen a las necesidades del prototipo
- Al funcionar con un voltaje de 3.3 V es apto para incorporarse a dispositivos pequeños o portátiles como las manillas
- Su hardware serial incorporado es apto para la aplicación del proyecto

- **Desventajas**

- Al no poseer un USB integrado dificulta la grabación del programa en el arduino, lo cual retrasa la etapa de pruebas

2.7.1.2.3 ARDUINO NANO 328

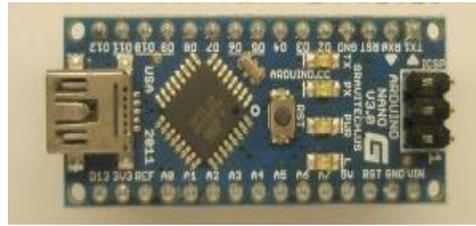


FIGURA 19: Arduino Nano 328

Fuente: (ArduTienda, s.f.)

Con un tamaño de tan solo 18mm x 43mm y pines ya soldados para colocarlo directamente sobre una placa de prototipado o sobre un PCB.

La arduino mini incorpora un ATmega328 en versión SMD. Tiene 14 Entradas/Salidas digitales (6 de las cuales pueden utilizarse como salidas PWM), 8 entradas analógicas (la versión SMD del ATmega328 tiene dos entradas analógicas más que la versión DIP). Funciona a 16MHz con un cristal externo al micro controlador montado en el PCB. Contiene todo lo necesario para el funcionamiento del micro controlador, solo hay que conectarla al ordenador con un cable USB o a una batería para que funcione. (ArduTienda, s.f.)

- **Características del Arduino Nano 328**

TABLA 8: Características del Arduino Nano 328

Dimensiones	18x43mm
Pines	Total 30
Pines digitales I/O	14
Pines PWM	6
Pines de entrada ADC	8
Resolución ADC	10 bits
Tensión de entrada	3,3 –9V
Puerto de grabación	USB integrado
Puerto Serial	integrado

Fuente: (ArduTienda, s.f.)

- **Ventajas**

- El número de entradas analógicas y su resolución satisfacen a las necesidades del prototipo
- Al funcionar con un voltaje de 3.3 V es apto para incorporarse a dispositivos pequeños o portátiles como las manillas
- Su hardware serial incorporado es apto para la aplicación del proyecto
- Su puerto USB integrado facilita el proceso de grabación del programa en el arduino permitiendo realizar prueba de funcionamiento con mayor rapidez

- **Desventajas**

- Las dimensiones del arduino Nano 328 no son las adecuadas según las necesidades del diseño de las manillas

2.7.1.2.4 TABLA DE SELECCIÓN DEL MICRO CONTROLADOR PARA LAS MANILLAS

La revisión de las ventajas, desventajas y características de los arduinos señalados, permiten realizar la comparación y selección del micro controlador arduino más adecuado al diseño de las manillas. La valoración de las características de cada arduino en la tabla 9 será de 1 a 10 puntos

TABLA 9: Selección del micro controlador

Arduino Características	Pro Micro	Pro mini 328	Nano 328
Dimensiones	10	9	6
Pines digitales I/O	10	10	10
Pines de entrada ADC	10	10	10
Resolución ADC	10	10	10
Voltaje de funcionamiento	10	10	10
Grabación del programa	10	5	10
Comunicación serial	10	10	10
TOTAL	70	64	66

Analizados los datos de la tabla 9 de selección se procede a determinar el micro controlador arduino más adecuado tomando en cuenta principalmente sus dimensiones, número de pines ADC, resolución ADC y grabación del programa, por lo tanto, el micro controlador arduino Pro micro cumple con las características deseadas siendo el seleccionado.

2.7.1.3 SELECCIÓN DEL DISPOSITIVO DE COMUNICACIÓN MANILLA – CINTURÓN

2.7.1.3.1 MÓDULOS XBEE



FIGURA 20: Módulos Xbee

Fuente: (xbee.cl, s.f.)

Los módulos Xbee son soluciones integradas que brindan un medio inalámbrico para la interconexión y comunicación entre dispositivos. Estos módulos utilizan el protocolo de red llamado IEEE 802.15.4 para crear redes FAST POINT-TO-MULTIPOINT (punto a multipunto); o para redes PEER-TO-PEER (punto a punto). Fueron diseñados para aplicaciones que requieren de un alto tráfico de datos, baja latencia y una sincronización de comunicación predecible. Por lo que básicamente XBEE es propiedad de Digi basado en el protocolo Zigbee. En términos simples, los XBEE son módulos inalámbricos fáciles de usar. (xbee.cl, s.f.)

- **Características del módulo Xbee**

TABLA 10: Características del módulo Xbee

Alimentación	3,3 V
Velocidad de transferencia	250Kbps Máx.
Consumo en transmisión	30mA
Consumo en reposo	3uA
Alcance	90 m o 1500m
Comunicación	Serial

Fuente: (xbee.cl, s.f.)

Datasheet disponible en anexo 3

- **Ventajas**

- Bajo consumo de corriente
- La distancia de transmisión es apta para la aplicación
- Se puede realizar comunicación punto a multipunto
- Tamaño pequeño apto para el proyecto

2.7.1.3.2 MÓDULO BLUETOOTH



FIGURA 21: Módulo Bluetooth

Fuente: (Tu Discovery Dominicano, 2010)

Bluetooth es una tecnología de alta velocidad vínculo inalámbrico que utiliza las ondas de radio. Está diseñado para conectar los teléfonos móviles, ordenadores portátiles, dispositivos de mano y equipos portátiles con muy poca actividad de los usuarios finales. A diferencia de infrarrojo bluetooth no requiere línea de vista entre las unidades de conexión. La tecnología bluetooth es una forma modificada de la tecnología LAN inalámbrica actual y más aceptable para su tamaño relativamente pequeño y de bajo costo. (Tu Discovery Dominicano, 2010)

- **Características del Módulo Bluetooth**

TABLA 11: Características del Módulo Bluetooth

Alimentación	3,3 a 5 V
Velocidad de transferencia	1Mbps
Consumo en transmisión	40mA
Consumo en reposo	0,2mA
Alcance	10m
Comunicación	Serial

Fuente: (Tu Discovery Dominicano, 2010)

- **Ventajas**

- Tamaño pequeño
- Velocidad de transferencia alta
- Buena distancia de transmisión

- **Desventajas**

- Alto consumo de corriente
- Funciona con comunicación punto a punto

2.7.1.3.3 TABLA DE SELECCIÓN DEL DISPOSITIVO DE COMUNICACIÓN MANILLA - CINTURÓN

En la tabla 12 consta la comparación de características entre el módulo Xbee y el módulo Bluetooth acordes a las necesidades del proyecto. La valoración es de 10 puntos cada característica.

Tabla 12 Selección del dispositivo de comunicación inalámbrica

Módulo	Xbee	Bluetooth
Características		
Tamaño	10	10
Ahorro de energía	10	7
Cantidad de datos de envíos	8	10
Distancia	10	8
Total	38	35

Al revisar las características, ventajas y desventajas de los módulos Xbee y Bluetooth, se procede a seleccionar de la tabla 12 el más adecuado, misma que estará enfocada principalmente en el tamaño, cantidad de datos de envío y el consumo de energía, cumpliendo con estas características el módulo Xbee

2.7.1.4 SELECCIÓN DEL PIC PARA SISTEMA DE CARGA DE BATERÍA

2.7.1.4.1 PIC 18F2550 SMD



FIGURA 22: PIC 18f2550 SMD

Fuente: (ABC Proyectos electrónicos, s.f.)

- **Características del PIC 18F2550 SMD**

TABLA 13: Características del PIC 18F2550 SMD

Dimensiones	18 mm X 10 mm
Pines	Total 28
Pines digitales I/O	24 disponibles
Pines PWM	2
Pines de entrada ADC	10
Resolución ADC	10 bits
Tensión de entrada	3,3 – 5V
Puerto de grabación	Pickit 2
Puerto Serial	integrado

Fuente: (ABC Proyectos electrónicos, s.f.)

Datasheet disponible en anexo 4

2.7.1.4.2 PIC 18F4550 SMD



FIGURA 23: PIC 18F4550 SMD

Fuente: (ABC Proyectos electrónicos, s.f.)

- **Características del PIC 18F4550 SMD**

TABLA 14: Características del PIC 18F4550 SMD

Dimensiones	12,25 mm X 12,25 mm
Pines	Total 44
Pines digitales I/O	35 disponibles
Pines PWM	1
Pines de entrada ADC	13
Resolución ADC	10 bits
Tensión de entrada	3,3 – 5V
Puerto de grabación	Pickit 2
Puerto Serial	integrado

Fuente: (ABC Proyectos electrónicos, s.f.)

2.7.1.4.3 TABLA DE SELECCIÓN DEL PIC PARA SISTEMA DE CARGA DE BATERÍA

En la tabla 15 consta la comparación de características entre el PIC 18F2550 SMD y el PIC 18F4550 acordes a las necesidades del proyecto. La valoración es de 10 puntos cada característica

TABLA 15: Selección del PIC

PIC Características	18f2550 SMD	18f4550
Dimensiones	10	10
Resolución ADC	10	10
Tensión de entrada	10	10
Comunicación serial	10	10
Precio	10	8
Total	50	48

Al revisar las características, ventajas y desventajas de los PIC 18F2550 SMD y PIC 18F4550 se procede a seleccionar el más adecuado, mismo que estará enfocado principalmente en sus dimensiones, resolución ADC y precio, cumpliendo con estas características el PIC 18F2550 SMD.

2.7.1.5 SELECCIÓN DEL DISPOSITIVO SONORO PARA AVISO DE CARGA COMPLETA

2.7.1.5.1 BOCINA (CHICHARRA)



FIGURA 24: Bocina de sonido

Fuente: (ABC Proyectos electrónicos, s.f.)

- **Características del dispositivo sonoro**

TABLA 16: Características de la bocina de sonido

Diámetro	12mm
Alto	9.5 mm
Rango de Voltaje	4-7 VCD
Corriente	<=32mA
Salida de Sonido	>= 85db
Frecuencia de Resonancia	2300Hz +-300
Rango de temperatura	-20°C a 45°

Fuente: (ABC Proyectos electrónicos, s.f.)

Se ha seleccionado este dispositivo debido a que cumple con las características necesarias en el proyecto y no se realiza una comparación con otros dispositivos ante la falta de otros dispositivos similares en el mercado.

2.7 .1.6 SELECCIÓN DE BATERÍA PARA MANILLAS



FIGURA 25: Batería 3.7 V

Fuente: (gear best, s.f.)

- **Características de la batería**

TABLA 17: Características de la batería 3.7 V

Dimensiones	4,8x2x0,4 cm
Peso	0,015 Kg
Voltaje	3,7 V
Corriente	500mA
Material	Aluminum Alloy + Copper + Li-on

Fuente: (gear best, s.f.)

Se ha seleccionado este dispositivo debido a que cumple con las características necesarias en el proyecto y no se realiza una comparación con otros dispositivos ante la falta de otros dispositivos similares en el mercado.

2.7.2 SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES INTEGRADOS EN EL CINTURÓN

2.7.2.1 SELECCIÓN DEL SENSOR ULTRASÓNICO

Para la selección del sensor ultrasónico en el cinturón se utilizará el mismo tipo sensor previamente seleccionado para las manillas ya que sus características son aptas para el cinturón.

2.7.2.1.1 SENSOR MAX SONAR EZ4



FIGURA 26: Sensor Max Sonar EZ4

Fuente: (LA RED electrónica, s.f.)

- **Características a del Sensor Max Sonar EZ4**

TABLA 18: Características del Sensor Max Sonar EZ4

Dimensiones:	2.2-2-1.6cm
Resolución:	2,5 cm
Alcance máximo:	6,45 m
Distancia mínima:	0 m
Frecuencia de muestreo:	20 Hz.
Baud:	9600
Tensión mínima de trabajo:	2,5 V
Tensión máxima de funcionamiento:	5,5 V
Corriente de alimentación:	2 mA

Fuente: (LA RED electrónica, s.f.)

Datasheet disponible en anexo 1

2.7.2.2 SELECCIÓN DEL DISPOSITIVO DE COMUNICACIÓN MANILLA-CINTURÓN

Para la selección del dispositivo de comunicación Manilla-Cinturón, en el cinturón se utilizará el mismo dispositivo previamente seleccionado para poder realizar una comunicación inalámbrica compatible

2.7.2.2.1 Módulos Xbee



FIGURA 27: Módulos Xbee

Fuente: (xbee.cl, s.f.)

- **Características del Módulo Xbee**

TABLA 19: Características del Módulo Xbee

Alimentación	3,3 V
Velocidad de transferencia	250Kbps Máx.
Consumo en transmisión	30mA
Consumo en reposo	3uA
Alcance	90 m o 1500m
Comunicación	Serial

Fuente: (xbee.cl, s.f.)

Datasheet disponible en anexo 3

2.7.2.3 SELECCIÓN DE MOTORES DE VIBRACIÓN

2.7.2.3.1 MOTOR DE VIBRACIÓN 3.3 V



FIGURA 28: Motor de vibración 3.3 V

Fuente: (mercado libre, s.f.)

- **Características del motor de vibración**

TABLA 20: Características del motor de vibración 3.3V

Dimensiones	10x3mm
Voltaje	3 V
Corriente	70mA
Velocidad	De 9000 a 2000 RPM

Fuente: (mercado libre, s.f.)

Ha sido seleccionado este motor de vibración por las características acordes a la necesidad del proyecto; no se realiza una comparación con otros motores de vibración por la falta de similares en el mercado.

2.7.2.4 SELECCIÓN DE BATERÍA PARA EL CINTURÓN

2.7.2.4.1 BATERÍA 2000MA 7,4 V



FIGURA 29: Batería 2000ma 7,4v

Fuente: (mercado libre, s.f.)

- **Características de la batería**

TABLA 21: Características de la batería 2000ma 7,4 V

Dimensiones	8x3x1,8 cm
Voltaje	7,4 V
Corriente	2000mAh
Material	Litio

Fuente: (mercado libre, s.f.)

2.7.2.4.2 CARGADOR DE BATERÍA EXTERNA PORTÁTIL 2600MAH



Figura 30 Cargador de Batería 2600mAh

Fuente: (mercado libre, s.f.)

- **Características del cargador**

TABLA 22: Características del cargador Batería Externa Portátil 2600mAh

Dimensiones	95x23x22mm
Voltaje	5 V
Corriente	2600mAh
Peso	66g

Fuente: (mercado libre, s.f.)

2.7.2.4.3 TABLA DE SELECCIÓN DE LA BATERÍA DEL CINTURÓN

En la tabla 23 consta la comparación de características entre las dos baterías mencionadas y acordes a las necesidades del proyecto. La valoración es de 10 puntos cada característica

TABLA 23: Selección de la batería del cinturón

Batería	7.4 V-2mah	5V-2600 mah
Características		
Dimensiones	9	7
Voltajes	10	7
Amperaje (mah)	9	9
Precio	7	9
Total	35	32

Al revisar las características de las baterías se procede a seleccionar la más adecuada, misma que estará enfocado a su dimensión, voltaje y amperaje; cumpliendo con estas características la batería de 7/4 V-2000mah

2.7.2.5 SELECCIÓN DEL CONTROLADOR PARA EL SISTEMA DE CARGA DE BATERÍA DEL CINTURÓN

2.7.2.5.1 PIC 16F88

- * Compatible con 16F84, 16F628
- * 4K Flash, 368 RAM, 256 EEPROM
- * Capacidad de autoprogramación a través de firmware bootloader.

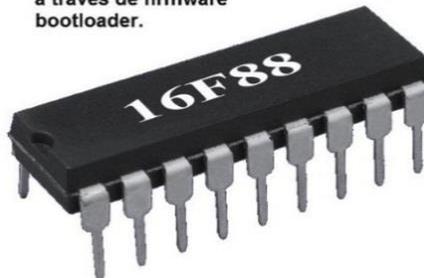


FIGURA 31: PIC 16F-88

Fuente: (punto flotante s.a.)

TABLA 24: Características del PIC 16F-88

Número de pines	18
Pines I/O digitales	13
Pines ADC	7
Pines PWM	1
Alimentación	5 Voltios
Comunicación	USART, SPI, I2C

Fuente: (punto flotante s.a.)

Datasheet disponible en anexo 5

2.7.2.5.2 PIC 16F628A

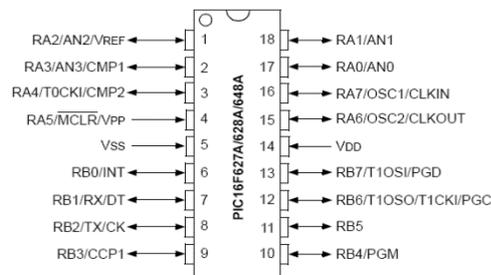


FIGURA 32: Pic 16F-628A

(proyectospic2010, 2010)

TABLA 25: Características del PIC 16F-628A

Número de pines	18
Pines I/O digitales	16
Pines ADC	0
Pines PWM	1
Alimentación	5 Voltios
Comunicación	USART

Fuente: (proyectospic2010, 2010)

2.7.2.5.3 TABLA DE SELECCIÓN DEL CONTROLADOR PARA EL SISTEMA DE CARGA DE BATERÍA DEL CINTURÓN

En base a las características de los controladores determinadas, se procede a realizar la tabla 26 de comparación para seleccionar el controlador que cumpla con las necesidades del proyecto. La valoración es de 10 puntos cada característica.

TABLA 26: Selección del micro controlador

Controlador	PIC 16F-88	PIC 16F-628A
Características		
Pines IO digitales	10	10
Canales ADC	10	0
Tamaño	10	10
Total	30	20

En base a los resultados obtenidos se determina que el micro controlador PIC 16F88 es el más adecuado para el dispositivo debido a su tamaño y ya que posee canales ADC para la lectura analógica de la batería.

2.7.2.6 SELECCIÓN DEL SISTEMA EMBEBIDO PARA EL DISPOSITIVO

Para la selección del sistema embebido del dispositivo se realiza una comparación los dispositivos de National Instruments que se encuentran disponibles en el laboratorio de la carrera. Para la comparación de las características de cada dispositivo nos basamos en tablas de comparación realizadas por los mismos fabricantes, siendo las siguientes:

TABLA 27: Hardware/Software

Características	NI myDAQ	NI myRIO (tarjeta únicamente)	NI myRIO	NI Compact RIO NI Single-Board RIO
Procesador Interno	-	X	X	X
Linux OS	-	X	X	X
FPGA	-	X	X	X
Programable en C/C++ con Eclipse IDE	-	X	X	X
Conectividad con WiFi	-	-	X	-
Comunicación USB	X	X	X	-
Diseñado para Estudiantes	X	X	X	-
Diseñado y Probado para Uso Industrial	-	-	-	X
Número de E/S	+	++	+++	++++
Dispositivos Internos (acelerómetro, LEDs, botón)	-	X	X	-
Instrumentos Internos (DMM)	X	-	-	-
Compatible con NI miniSystems	X	-	X	-

Fuente: (National Instruments)

TABLA 28: Áreas de Aplicación de la tarjeta myRIO

Aplicación	NI myDAQ	NI myRIO (tarjeta únicamente)	NI myRIO	NI CompactRIO NI Single-Board RIO
Medidas	X	-	-	-
Circuitos	X	-	-	-
Control	-	X	X	X
Robótica	-	X	X	X
Embebido	-	X	X	X

Fuente: (National Instruments)
Especificaciones técnicas en anexo 6

Al analizar las tablas de comparación de la National Instruments de los dispositivos disponibles se ha decidido seleccionar como sistema embebido para el proyecto la tarjeta NI myRIO por las siguientes ventajas:

- Número de entrada y salidas digitales
- Número de entradas analógicas (ADC)
- Dos puertos seriales disponibles
- Ocho pines PWM disponibles
- Fuente de alimentación para los dispositivos periféricos de 3.3 – 5 V
- Capacidad de procesamiento
- Disponibilidad en los laboratorios de la Universidad Técnica del Norte

2.8 DISEÑO DE CARCASAS

2.8.1 CARACTERÍSTICAS A TOMAR EN CUENTA PARA EL DISEÑO DE LAS CARCASAS DE LAS MANILLAS

Para el diseño de las carcasas de las manillas se toma en cuenta las dimensiones de las placas y los componentes electrónicos de las mismas, ya obtenidas las medidas de las placas y componentes se diseña las carcasas de las manillas con los siguientes requerimientos:

2.8.1.1 CARCASA INFERIOR

- **Dimensiones requeridas**

- Largo 70,90 mm
- Ancho 35,50 mm
- Alto 16,48 mm

Estas dimensiones corresponden al interior de la carcasa sin tomar en cuenta el grosor del material.

- **Dimensión de los orificios**

- Orificio para el swich de encendido y apagado 5 mm x 2 mm
- Orificio de conexión USB para la carga de batería 13 mm x 8 mm
- Pasador de la correa 37mm x 35mm x 4 mm

2.8.1.2 CARCASA SUPERIOR

- **Dimensiones requeridas**

- Largo 70,90 mm
- Ancho 35,50 mm
- Alto 8,00 mm

Estas dimensiones corresponden al interior de la carcasa sin tomar en cuenta el grosor del material.

- **Dimensión de los orificios**

- Diámetro de orificio para el sensor ultrasónico 17 mm
- Espacio para la batería 16,50 mm x 3,80 mm x 40 mm

2.8.1.3 DISEÑO TRIDIMENSIONAL DE LAS CARCASAS DE LAS MANILLAS

En base las dimensiones determinadas se realizan el diseño en 3D para las carcasas de las manillas.



FIGURA 31: Vista frontal carcasa inferior manillas

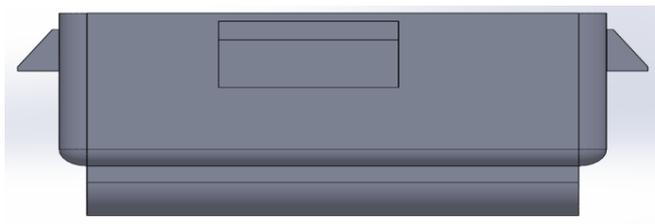


FIGURA 32: Vista lateral carcasa inferior manillas

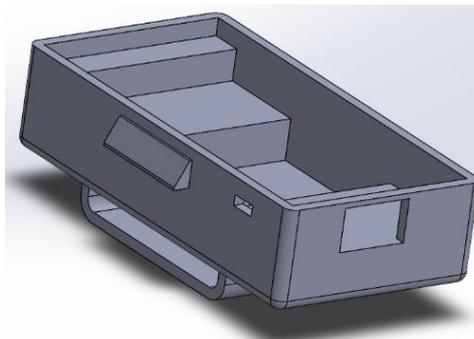


FIGURA 33: Carcasa inferior vista isométrica manillas

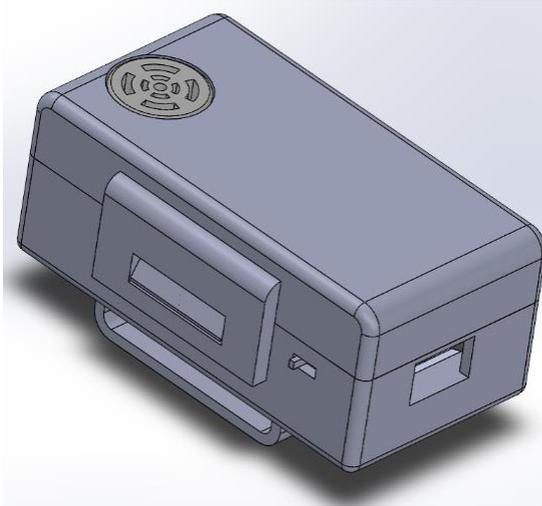


FIGURA 34: Carcasa isometrica manillas

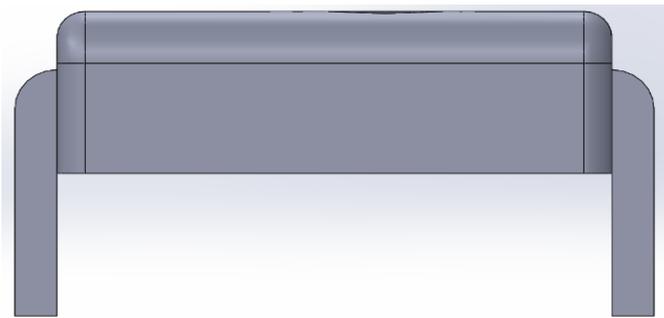
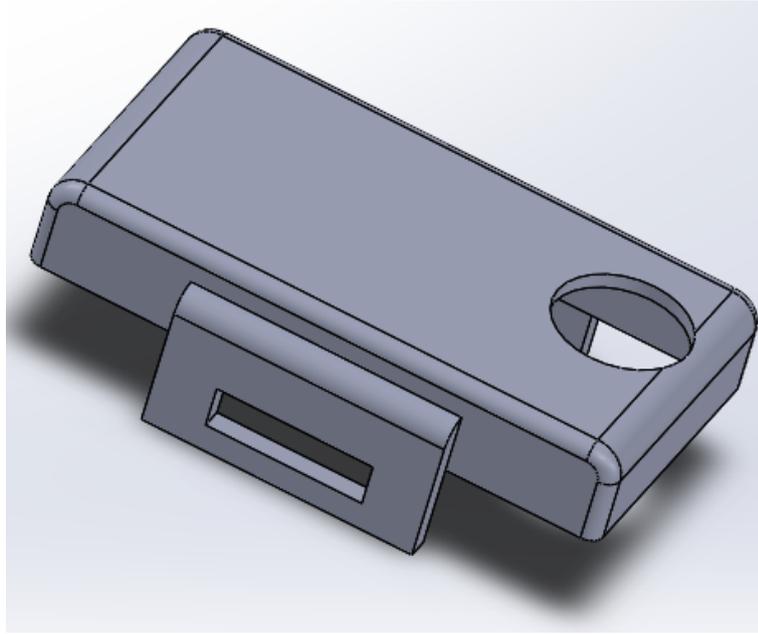


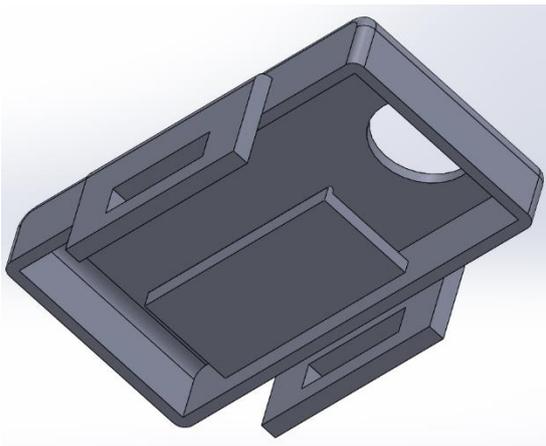
FIGURA 35: Vista lateral carcasa superior manillas



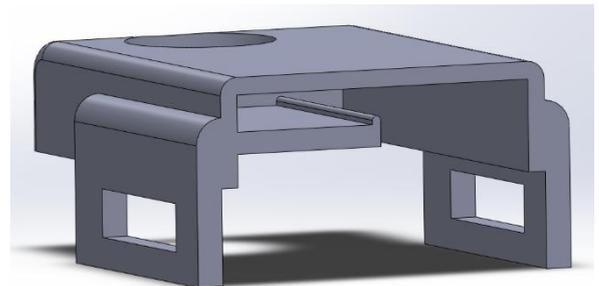
FIGURA 36: Vista frontal carcasa superior manillas



a)



b)



c)

FIGURA 37: Carcasa superior vista isométrica manillas
Planos anexo 11

2.8.2 CARACTERÍSTICAS A TOMAR EN CUENTA PARA EL DISEÑO DE LAS CARCASAS DEL CINTURÓN

Para el diseño de las carcasas del cinturón se toma como base las dimensiones de la tarjeta myRIO, como elemento principal de la carcasa superior.

2.8.2.1 CARCASA SUPERIOR

- **Dimensiones internas**

- Dimensiones del área para la tarjeta myRIO: 142 mm x 90 mm x 24 mm
- Dimensiones del área para el alimentador de energía de la myRIO: 17,5 mm x 72 mm x 24 mm
- Dimensiones del área para conexión de cables a la placa: 124 mm x 17,5 mm x 24 mm

- **Dimensiones externas**

- Ancho: 168 mm
- Alto: 112 mm
- Fondo: 26 mm

2.8.2.2 CARCASA INFERIOR

- **Dimensiones internas**

- Dimensiones del área para la placa: 142 mm x 90 mm x 3 mm
- Dimensiones para el área de la batería: 79 mm x 36 mm x 21 mm

- **Dimensiones externas**

- Ancho: 168 mm
- Alto: 112 mm
- Fondo: 30 mm

- **Dimensión de orificios**

- Dimensiones para la conexión del motor lado derecho del cinturón : 7mm x 8 mm
- Dimensiones para la conexión de los motores lado izquierdo del cinturón: 16 x 10 mm
- Dimensiones para el swich de encendido y apagado: 7,5 mm x 4,5 mm
- Dimensiones para la conexión USB (carga de batería): 15 mm x 8 mm

- Dimensiones de los pasadores del cinturón: 50 mm x 40 mm x 4 mm

2.8.2.3 DISEÑO TRIDIMENSIONAL DE LAS CARCASAS DEL CINTURÓN

En base las dimensiones determinadas se realizan el diseño en 3D para las carcasas del cinturón

- **Carcasa superior**

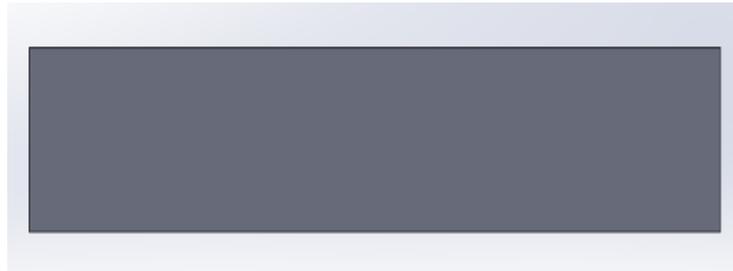


FIGURA 38: Vista frontal carcasa superior cinturón

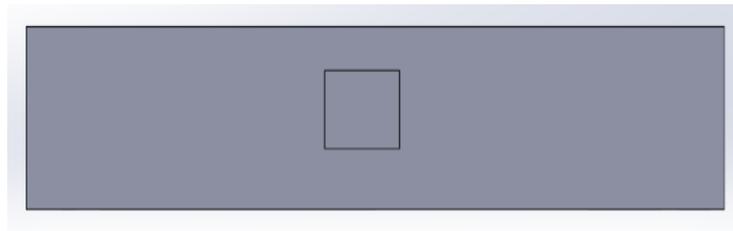


FIGURA 39: Vista lateral carcasa superior cinturón

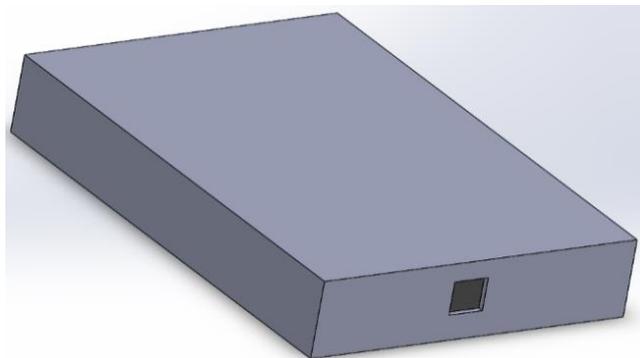


FIGURA 40: Vista isométrica carcasa superior cinturón

- **Carcasa Inferior**

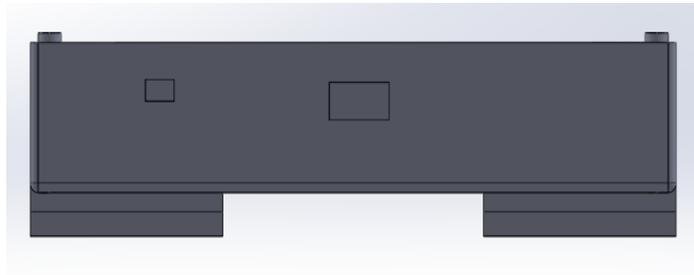


FIGURA 41: Vista frontal carcasa inferior cinturón

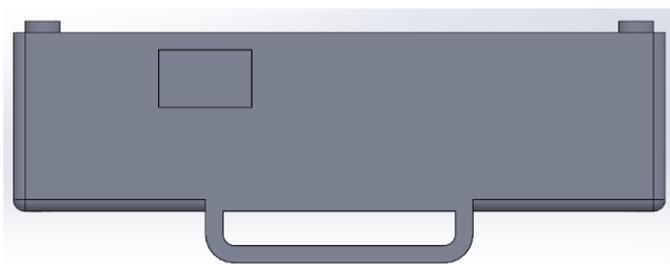


FIGURA 42: Vista lateral carcasa inferior cinturón

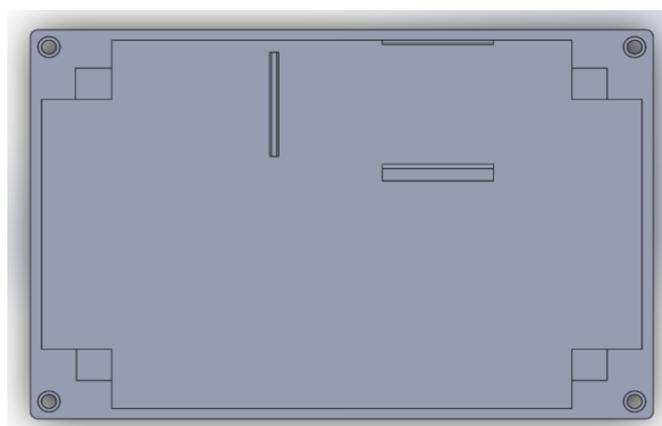


FIGURA 43: Vista superior carcasa inferior cinturón

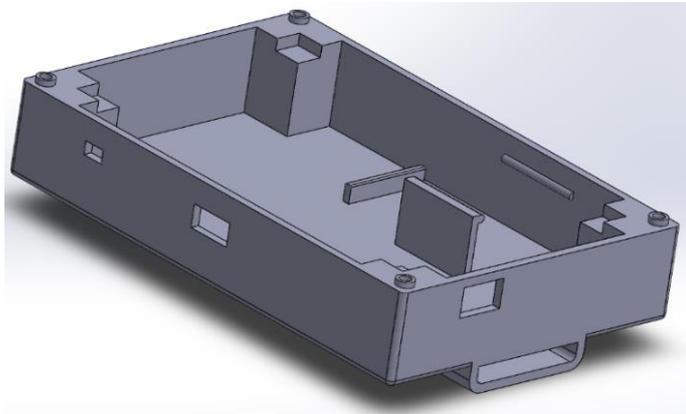


FIGURA 44: Vista isométrica carcasa inferior cinturón

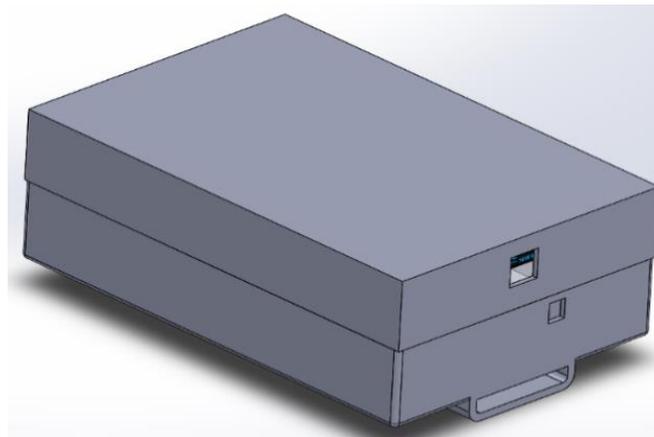


FIGURA 45: Vista isométrica carcasa completa cinturón

Planos anexo 11

2.8.3 DISEÑO DE LA CARCASA DEL SENSOR ULTRASÓNICO DELANTERO

Para el diseño de la carcasa del sensor ultrasónico ubicado en la parte frontal del cinturón se debe considerar las siguientes dimensiones:

- **Dimensiones del sensor ultrasónico**

- Base: 20 mm
- Ancho: 22 mm

- Altura: 16 mm
- **Dimensiones de orificios de la carcasa**
 - Orificio para sensor ultrasónico: diámetro 16 mm
 - Orificio para conexión de cables: 8 mm x 6 mm
 - Pasador para correa: 40 mm x 38 mm x 6 mm

En base a estas dimensiones se procede a realizar el diseño en 3D de las carcasas del sensor.

2.8.3.1 CARCASA SUPERIOR

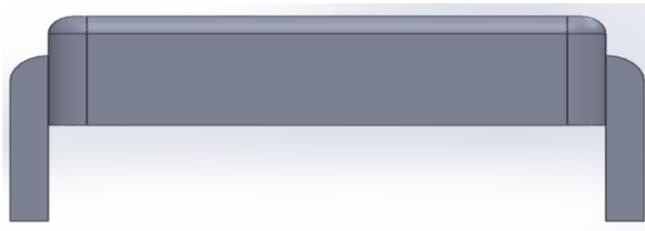


FIGURA 46: Carcasa Superior sensor vista lateral



FIGURA 47: Carcasa Superior sensor vista frontal

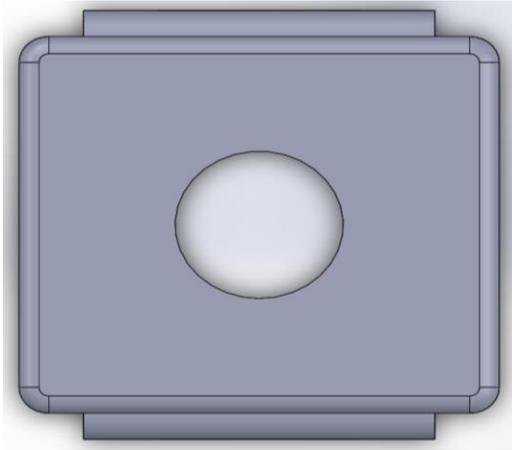


FIGURA 48: Carcasa Superior sensor vista superior

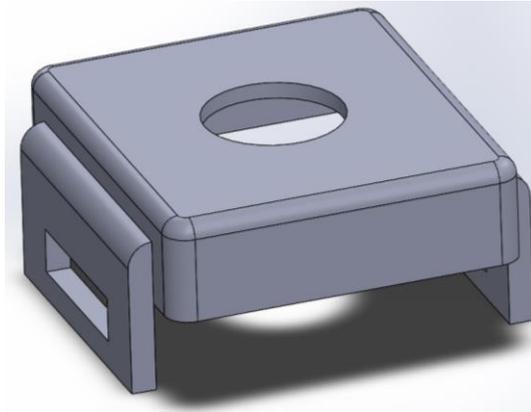


FIGURA 49: Carcasa Superior sensor vista isometrica

2.8.3.2 CARCASA INFERIOR

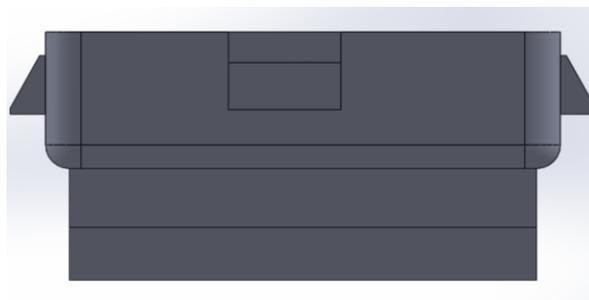


FIGURA 50: Carcasa inferior sensor vista lateral



FIGURA 51: Carcasa inferior sensor vista frontal

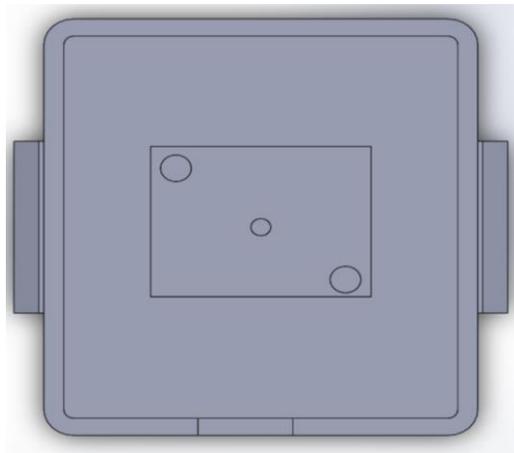


FIGURA 52: Carcasa inferior sensor vista superior

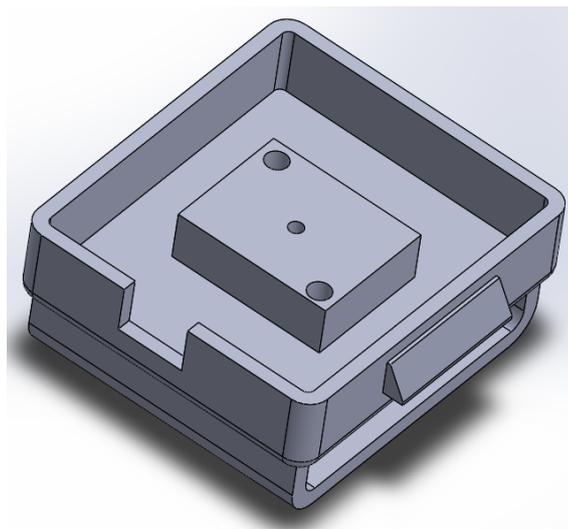


FIGURA 53: Carcasa inferior sensor vista isometrica

2.8.3.3 CARCASA SENSOR ULTRASÓNICO COMPLETA

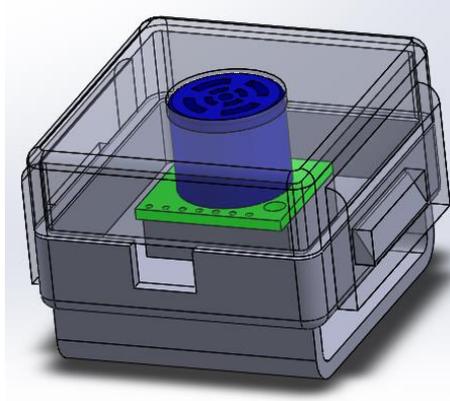


FIGURA 54: Vista lateral carcasa sensor completa

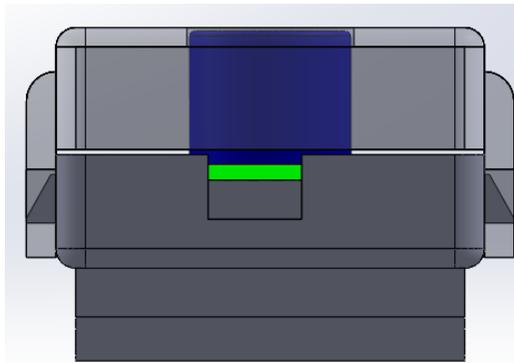


FIGURA 55: Vistas frontal carcasa sensor completa



FIGURA 56: Vista isometrica ensamble carcasa sensor

Planos anexo 11

2.8.4 SELECCIÓN DEL MATERIAL PARA LA ELABORACIÓN DE CARCASAS DE MANILLAS Y CINTURÓN

En la selección del material más adecuado para la elaboración de las carcasas de las manillas y cinturón se toma en cuenta materiales disponibles en el mercado local en impresiones 3D, encontrando a disposición el PLA y el ABS.

2.8.4.1 MATERIAL PLA

En cuanto a aspectos físicos, químicos y mecánicos, la resistencia a la tracción y el módulo de elasticidad del PLA es también comparable al del polietileno. Sin embargo, es más hidrofílico que el polietileno, ya que tiene una densidad más baja. Es además estable a la luz U.V. siendo más difícil su decoloración. En cuanto a su inflamabilidad, es demasiado baja.

El PLA se puede formular para ser rígido o flexible y puede ser copolimerizado con otros materiales. El PLA se puede hacer con diversas características mecánicas dependiendo del proceso de fabricación seguido. (HEXXON-ingeniería de prototipos e impresión 3D, 2015)

- **Características del material PLA**

TABLA 29: Características del material PLA

– Densidad	1,4 g/cm ³
– Módulo de elasticidad (Young)	3.5 GPa
– Elongación a la rotura	6%
– Módulo de flexión	4 GPa
– Resistencia a la flexión	80 MPa
– Módulo de corte	2,4 GPa
– Relación fuerza-peso	40 kN-m/kg
– Resistencia a la tracción (UTS)	50 MPa
– Conductividad térmica	0,13 W/m-K

Fuente: (HEXXON-ingeniería de prototipos e impresión 3D, 2015)

2.8.4.2 MATERIAL ABS

Los materiales de ABS tienen importantes propiedades en ingeniería, como buena resistencia mecánica y al impacto combinado con facilidad para el procesado.

La resistencia al impacto de los plásticos ABS se ve incrementada al aumentar el porcentaje de contenido en butadieno pero disminuyen entonces las propiedades de resistencia a la tensión y disminuye la temperatura de deformación por calor.

El amplio rango de propiedades que exhibe el ABS es debido a las propiedades que presentan cada uno de sus componentes.

El acrilonitrilo proporciona:

- Resistencia térmica
- Resistencia química
- Resistencia a la fatiga
- Dureza y rigidez

El butadieno proporciona:

- Ductilidad a baja temperatura
- Resistencia al impacto
- Resistencia a la fusión

El estireno proporciona:

- Facilidad de procesado (fluidez)
- Brillo
- Dureza y rigidez

El ABS se destaca por combinar dos propiedades muy importantes como ser la resistencia a la tensión y la resistencia al impacto en un mismo material, además de ser un material liviano. (Tecnología de los plásticos, 2011)

- **Características del material ABS**

TABLA 30: Características del material ABS

– Densidad	1,25 g/cm ³
– Módulo de elasticidad (Young)	3.3 GPa
– Elongación a la rotura	15%
– Relación fuerza-peso	30 kN-m/kg
– Resistencia a la tracción (UTS)	40 MPa
– Conductividad térmica	0,11 W/m-K

Fuente: (Tecnología de los plásticos, 2011)

2.8.4.3 TABLA DE SELECCIÓN DEL MATERIAL A UTILIZARSE EN EL PROYECTO

En la tabla 31 se presenta la comparación de las características físicas de los materiales ABS y PLA misma que permite la selección del material más adecuado a utilizarse. La valoración de las características está en un rango del 1 al 10.

TABLA 31: Selección del material de las carcasas

Material	PLA	ABS
Características		
Peso	10	10
Dureza	10	8
Elasticidad	8	10
Conductividad térmica	8	8
Módulo de Ruptura	10	9
Total	46	45

Para el análisis de las características individuales de cada material se ha considerado como factores principales el peso, dureza, y módulo de ruptura, mismos que determinan que el material más adecuado para la elaboración del proyecto es el PLA.

2.9 IMPLEMENTACIÓN ELECTRÓNICA

2.9.1 DISEÑO ELECTRÓNICO DE LAS MANILLAS

Para el diseño electrónico de las manillas se utiliza los componentes previamente seleccionados cuyos diagramas de circuitos se presentan a continuación:

2.9.1.1 DIAGRAMA DEL CIRCUITO DEL FUNCIONAMIENTO PRINCIPAL DE LA MANILLA

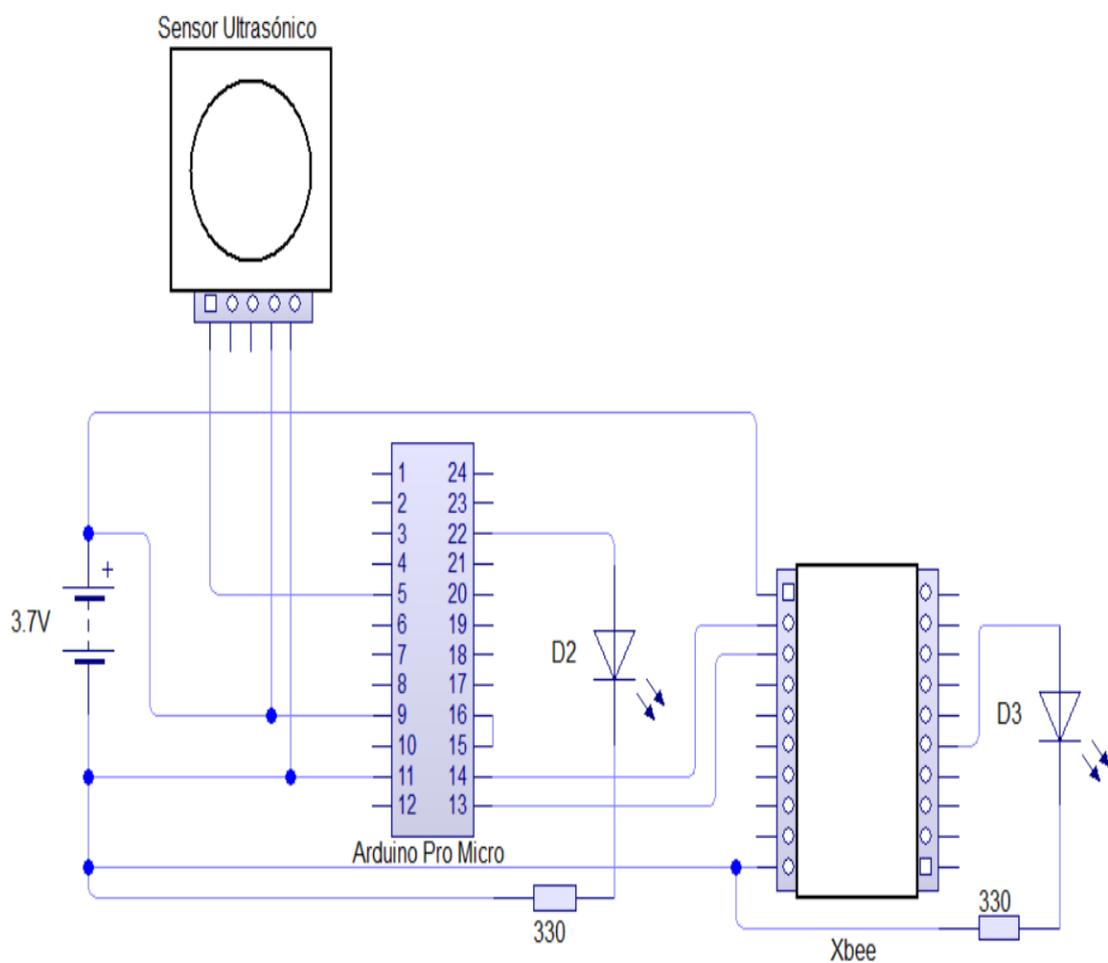


FIGURA 57: Diagrama circuito principal manilla

En el diagrama se visualiza los componentes necesarios para la detección de objetos, procesamiento de señal y envío del dato al cinturón, estos componentes son: sensor ultrasónico Maxonar EZ4, arduino Pro micro y el módulo Xbee.

2.9.1.2 DIAGRAMA DEL SISTEMA DE CARGA DE BATERÍA

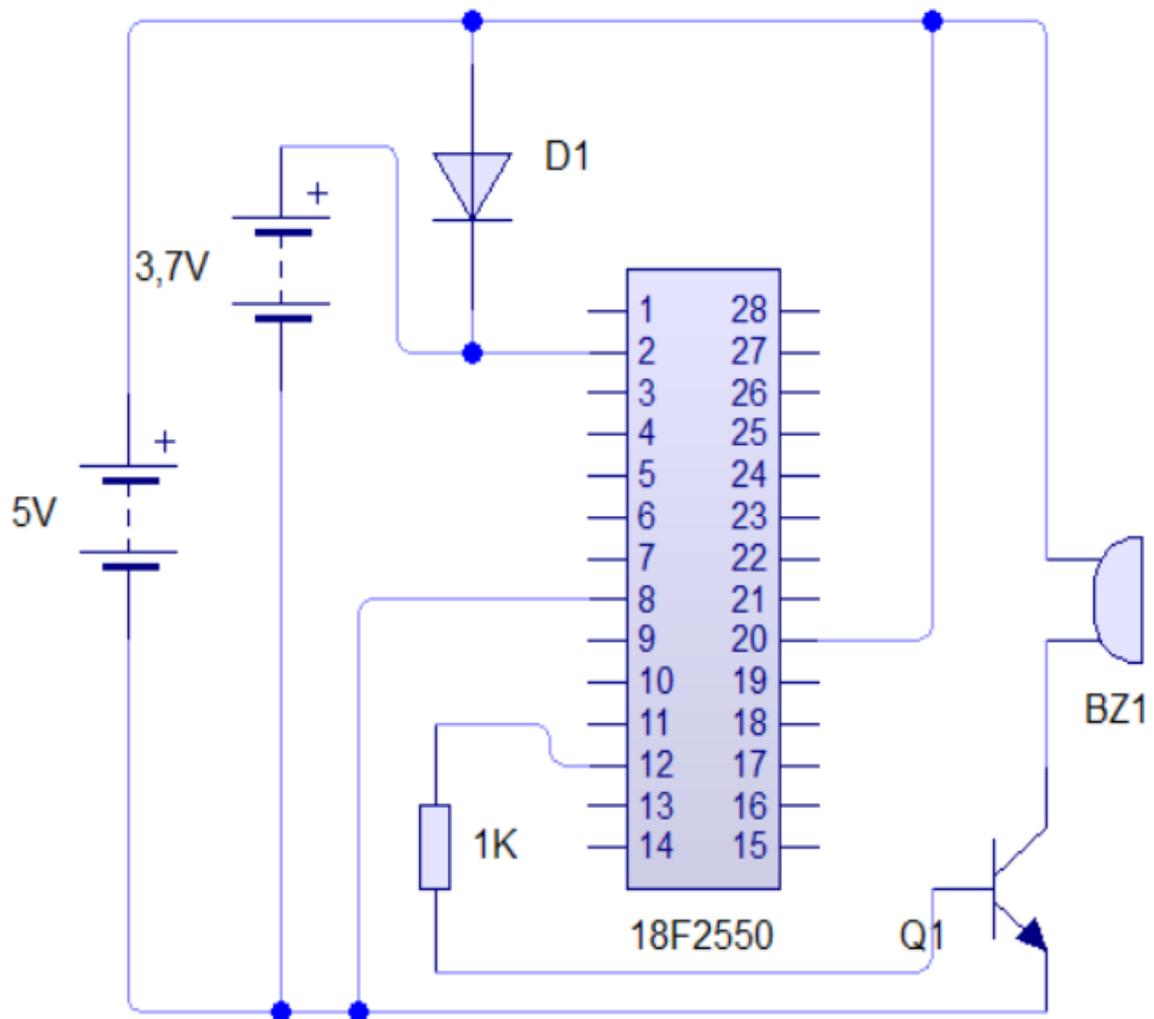


FIGURA 58: Diagrama del sistema de carga de la batería

En el diagrama se observa los componentes necesarios para el sistema de carga de la batería de 3.7 V de las manillas, como elemento principal el PIC 18F-2550 que se encarga de la comprobación del nivel de voltaje de la batería y una bocina de sonido (chicharra) para notificar al usuario la carga total de la batería.

2.9.1.3 DIAGRAMA ELECTRÓNICO COMPLETO

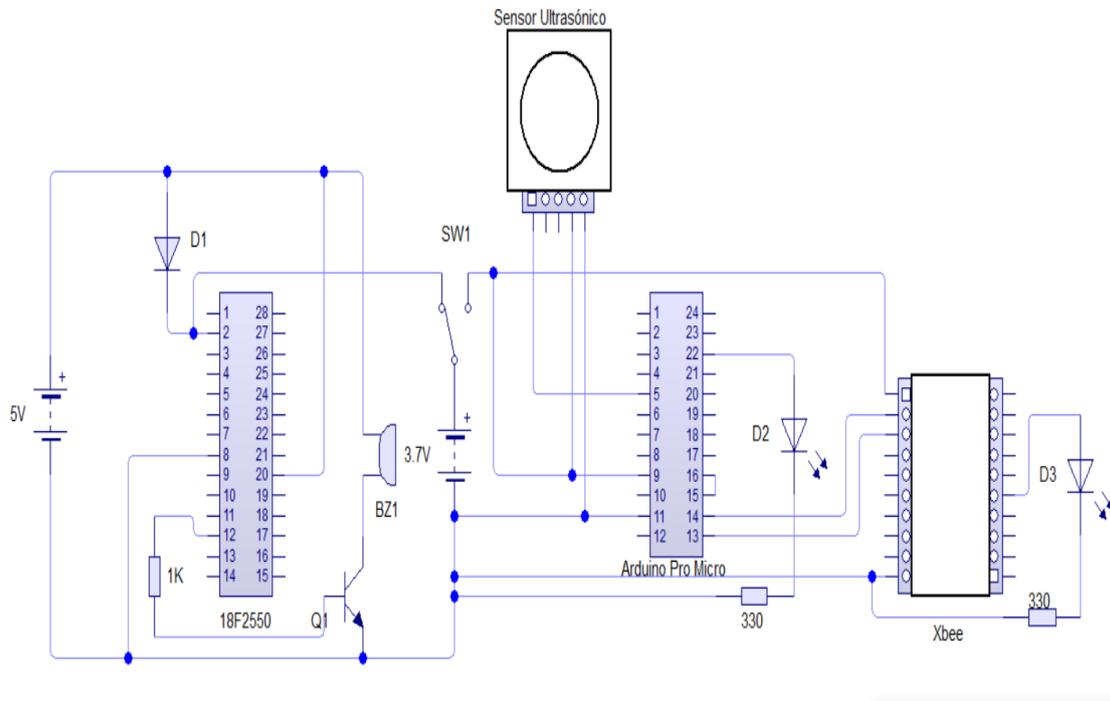


FIGURA 59: Diagrama completo manillas

En el diagrama se visualiza el circuito electrónico completo de las manillas entrelazados por un switch de 3 posiciones que permitirá al usuario seleccionar el tipo funcionamiento de la manilla: encendido, carga de batería y apagado.

TABLA 32: Simbología de elementos electrónicos manillas

MATERIAL ELECTRÓNICO	SIMBOLOGÍA
Resistencia	
Diodo común	
Diodo Led	
Fuente de alimentación / batería	
Chicharra electrónica	
Switch de 3 posiciones	

2.9.1.4 DISEÑO DE LAS PLACAS DE LAS MANILLAS

Realizado el diagrama eléctrico completo se procede a diseñar las placas o baquelitas con todos los elementos electrónicos de las manillas. El diseño se ha realizado con la ayuda del programa PCB WIZARD

2.9.1.4.1 IMPLEMENTACIÓN DE LAS PLACAS DE LAS MANILLAS

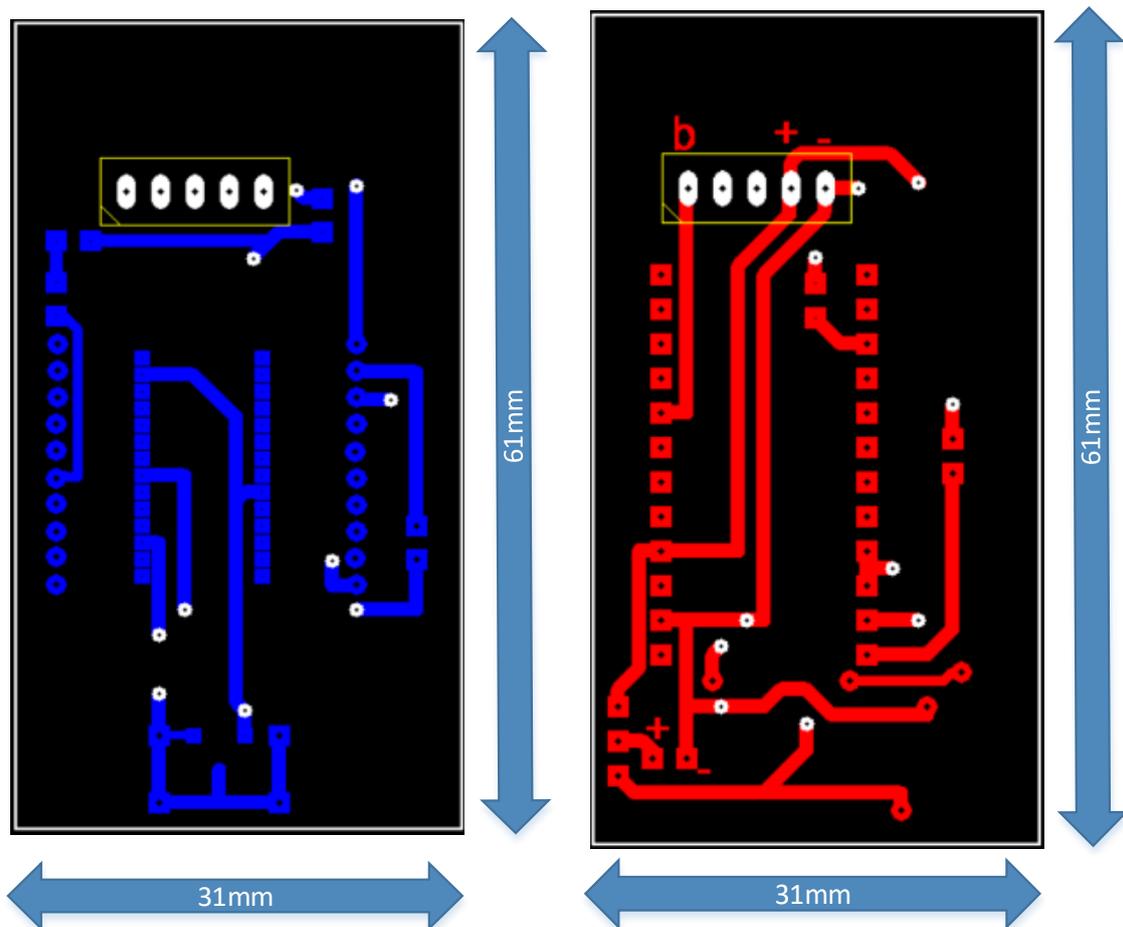


FIGURA 60: Vista Superior y posterior placas manillas

En las imágenes se observa el diseño de las placas con las dimensiones que tendrán las baquelitas una vez terminadas, la baquelita es doble cara: en la superior se colocará el sensor ultrasónico, el arduino pro micro, el PIC 18F-2550 y la bocina o chicharra; en la cara inferior se encuentra el módulo Xbee.

2.9.1.4.2 UBICACIÓN Y SUELDA DE LOS COMPONENTES

Para realizar la implementación de las placas de las manillas se inicia soldando los elementos electrónicos:

- **Sensor Ultrasónico Max Sonar EZ4**

Este sensor ultrasónico se suelda en la parte superior izquierda de la placa, se necesita soldar tres de los siete pines que posee:

- PIN VCC (pin de alimentación positivo)
- PIN GND (pin de alimentación negativa)
- PIN ABC (pin de señal analógica emitida por el sensor).

- **Arduino Pro Micro**

El arduino pro micro está ubicado al lado izquierdo de la placa por debajo del sensor ultrasónico, este arduino es el encargado de recibir la señal analógica del sensor ultrasónico, almacenarla y procesarla y convertirla en un valor de distancias en metros, para luego enviar el dato al módulo XBEE por comunicación serial. El código de programación del arduino está en anexos.

- **PIC 18F-2550 SMB**

Este PIC 18F – 2550 se encuentra soldado por debajo del arduino pro micro debido a sus pequeñas dimensiones para ahorrar espacio en la placa.

Este PIC se encarga de verificar la carga de energía de la batería de las manillas notificando al usuario por medio del sonido parpadeante de la bocina. El código de programación del PIC 18f – 2550 se encuentra en anexos.

- **Bocina de sonido (chicharra)**

Esta bocina se encuentra soldada en la parte inferior derecha de la placa cuya función es notificar al usuario de la carga de la batería.

- **Módulo Xbee**

Para la implementación del módulo Xbee se realiza primero una configuración al módulo para determinar si es un módulo maestro o esclavo. Esta configuración se realiza de la siguiente manera:

Para iniciar la configuración se debe determinar el tipo de dispositivo que será el módulo Xbee, en este caso para la comunicación inalámbrica de las manillas con el cinturón, cada módulo Xbee de las manillas será considerado como un dispositivo esclavo y el módulo Xbee del cinturón como dispositivo maestro.

- **Configuración del módulo Xbee como dispositivo esclavo**

Para la configuración del módulo Xbee se utiliza un software propio de la marca Xbee llamado XCTU que puede ser descargado de su página oficial. Se procede a abrir el programa y mediante comandos AT configuramos de la siguiente manera:

- Ingresamos en el hiperterminal “+++”, el XBEE devolverá “OK”, y tenemos 3 segundos para ingresar los comandos AT.
- Para seleccionar el canal ingresamos “ATCHC”, se devuelve “OK”,
- Para seleccionar el DL, ingresamos “ATDL0”, devuelve “OK”.
- Para seleccionar el HL, ingresamos “ATHL0”, devuelve “OK”.
- Para el PAN ID, ingresamos “ATID9032”, devuelve “OK”.
- Para seleccionar el My, ingresamos “ATMY1”, devuelve “OK”.

Además se debe configurar la velocidad de transmisión de los datos para que sea compatible con la velocidad de los datos enviados por el arduino pro micro.

Una vez configurado el módulo Xbee se procede a colocarlo en la baquelita de las manillas en parte posterior central de las mismas.

2.9.1.4.3 PLACA DE LA MANILLAS TERMINADAS

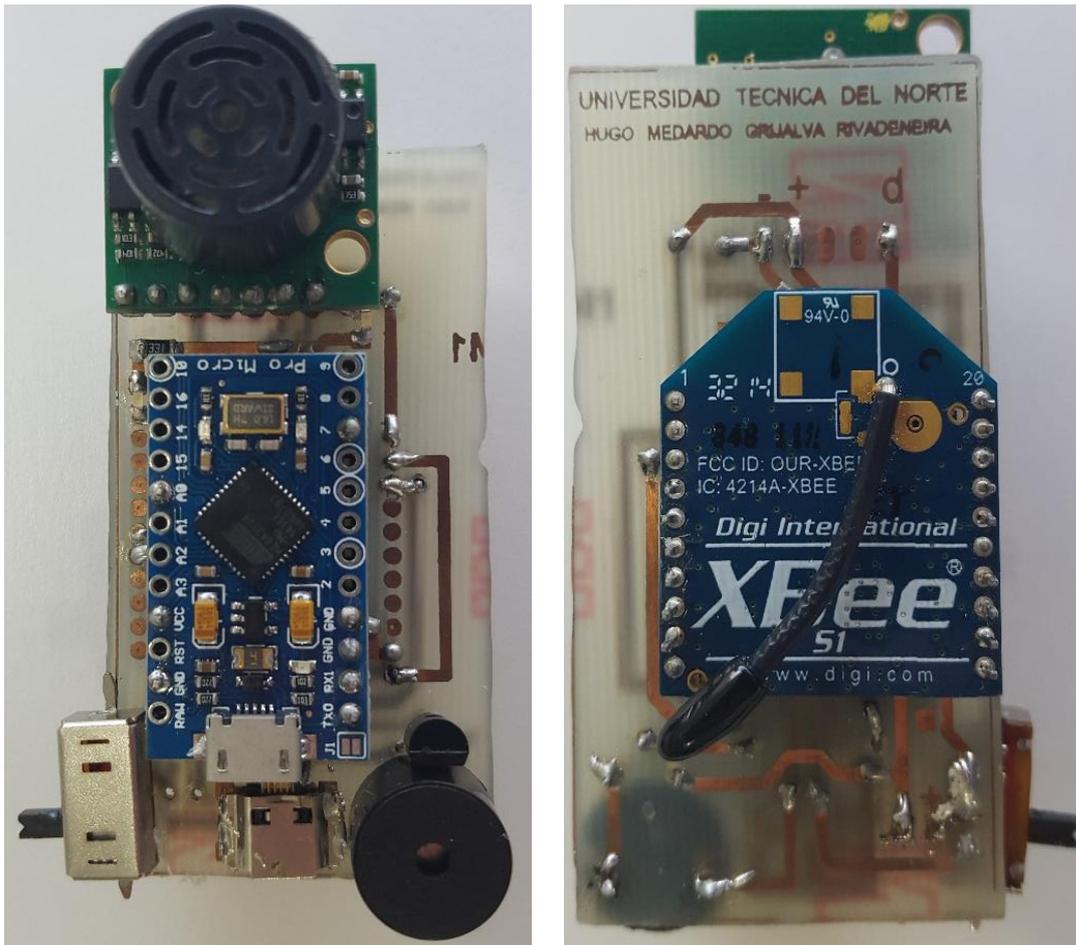


FIGURA 61: Vista superior y posterior placas terminadas

2.9.2 DISEÑO ELECTRÓNICO DEL CINTURÓN

Para el diseño electrónico del cinturón se utiliza los componentes previamente seleccionados cuyos diagramas de circuitos se presentan a continuación:

2.9.2.1 DIAGRAMA DEL CIRCUITO DEL FUNCIONAMIENTO PRINCIPAL DEL CINTURÓN

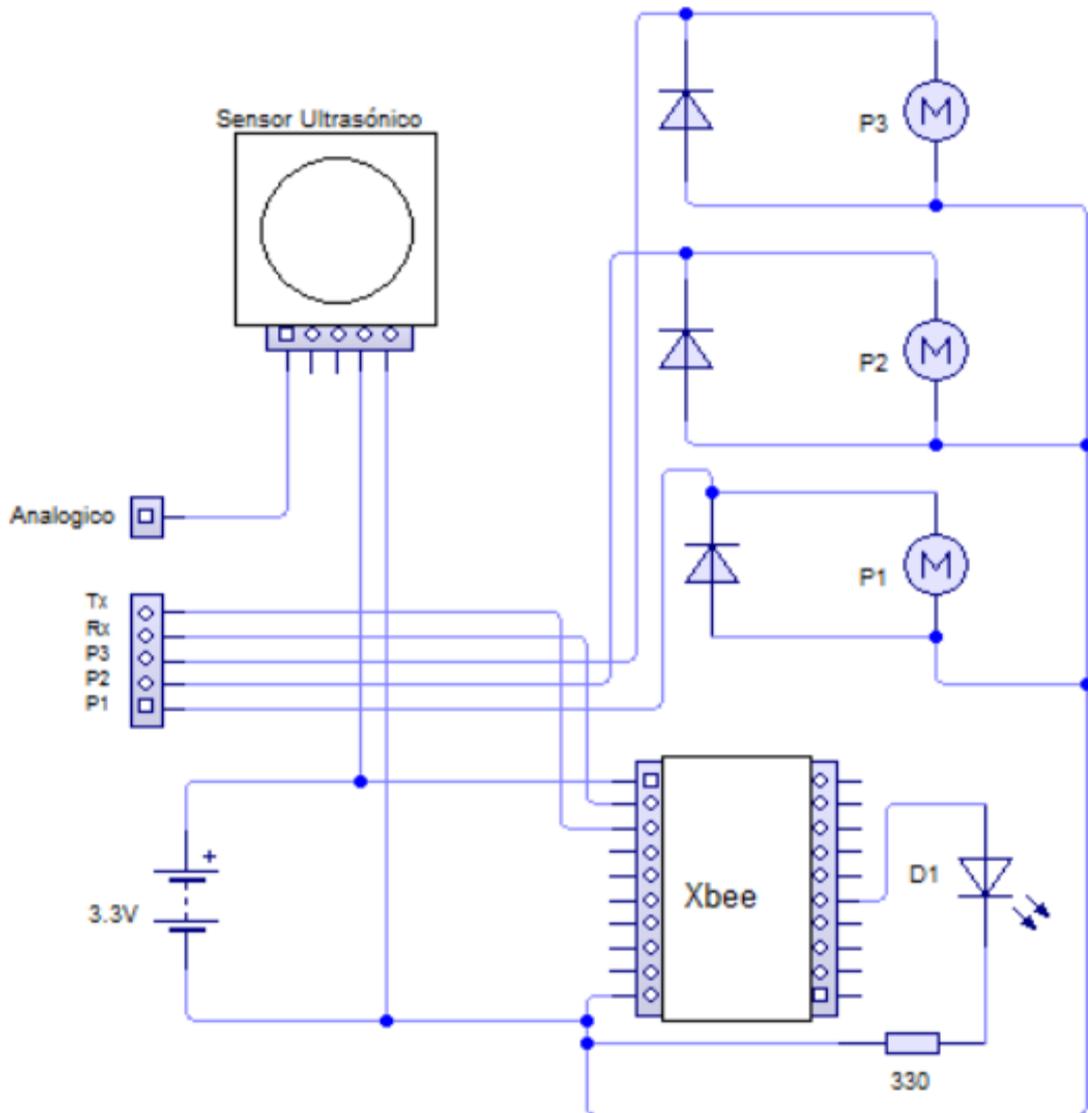


FIGURA 62: Circuito principal del cinturón

En este diagrama eléctrico se presenta las conexiones del módulo Xbee receptor como alimentación, conexiones de salida a la tarjeta myRIO, conexiones de los motores P1, P2 y P3 a la tarjeta myRIO y las conexiones de los mismos a la salida del circuito; además, la conexión de la salida de alimentación y salida analógica del sensor ultrasónico a la tarjeta myRIO.

2.9.2.2 DIAGRAMA ELÉCTRICO DEL CIRCUITO DE CARGA DE LA BATERÍA DEL CINTURÓN

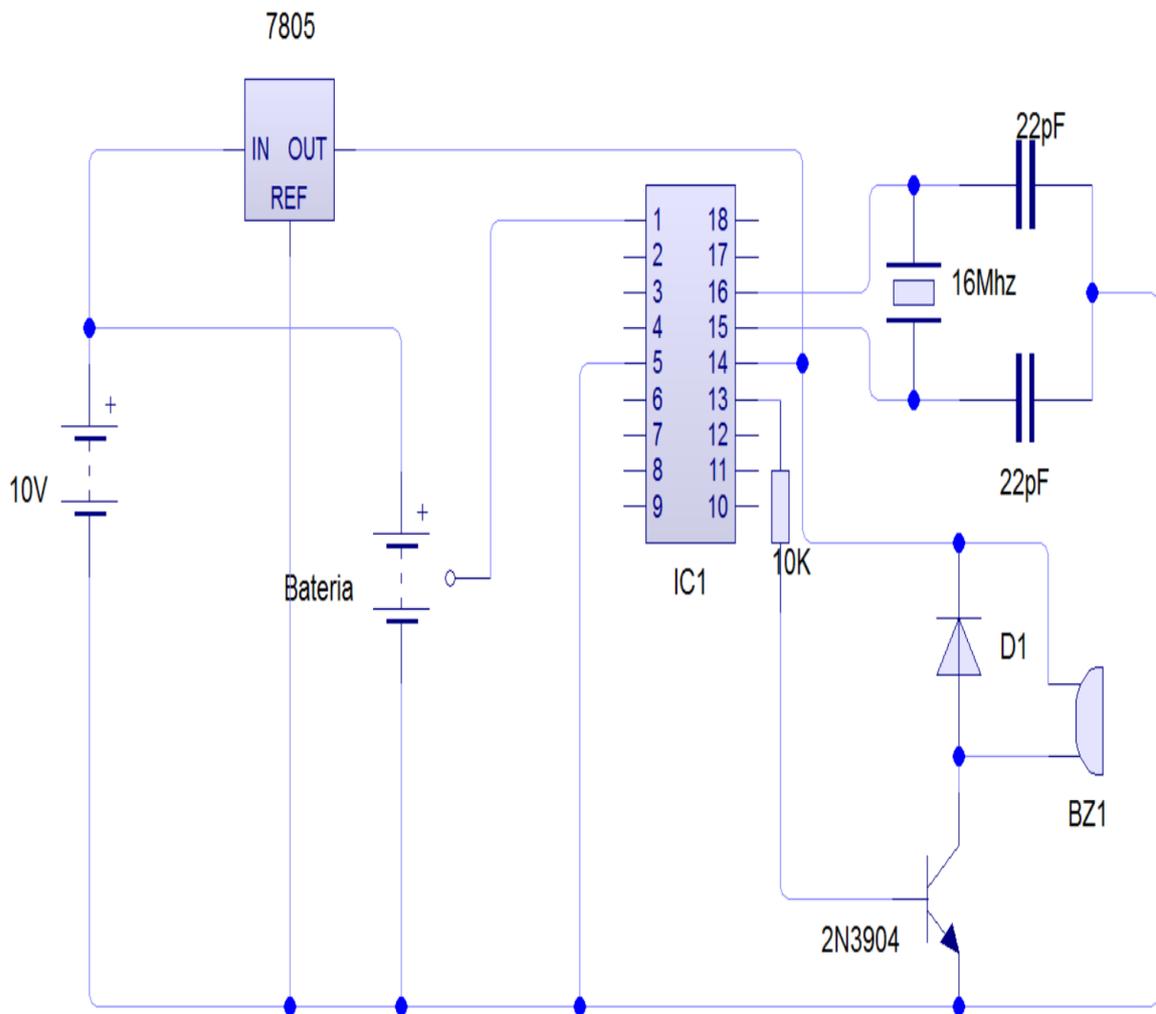


FIGURA 63: Circuito de carga de batería de cinturón

El diagrama eléctrico presenta las conexiones del sistema de carga de la batería del cinturón que cuenta con un micro procesador PIC16F-88^a encargado de la verificación de la carga de la batería, una bocina de sonido encargada de notificar al usuario la carga completa de la batería y las conexiones para la alimentación de la fuente de carga de la batería.

2.9.2.3 DIAGRAMA ELECTRÓNICO COMPLETO

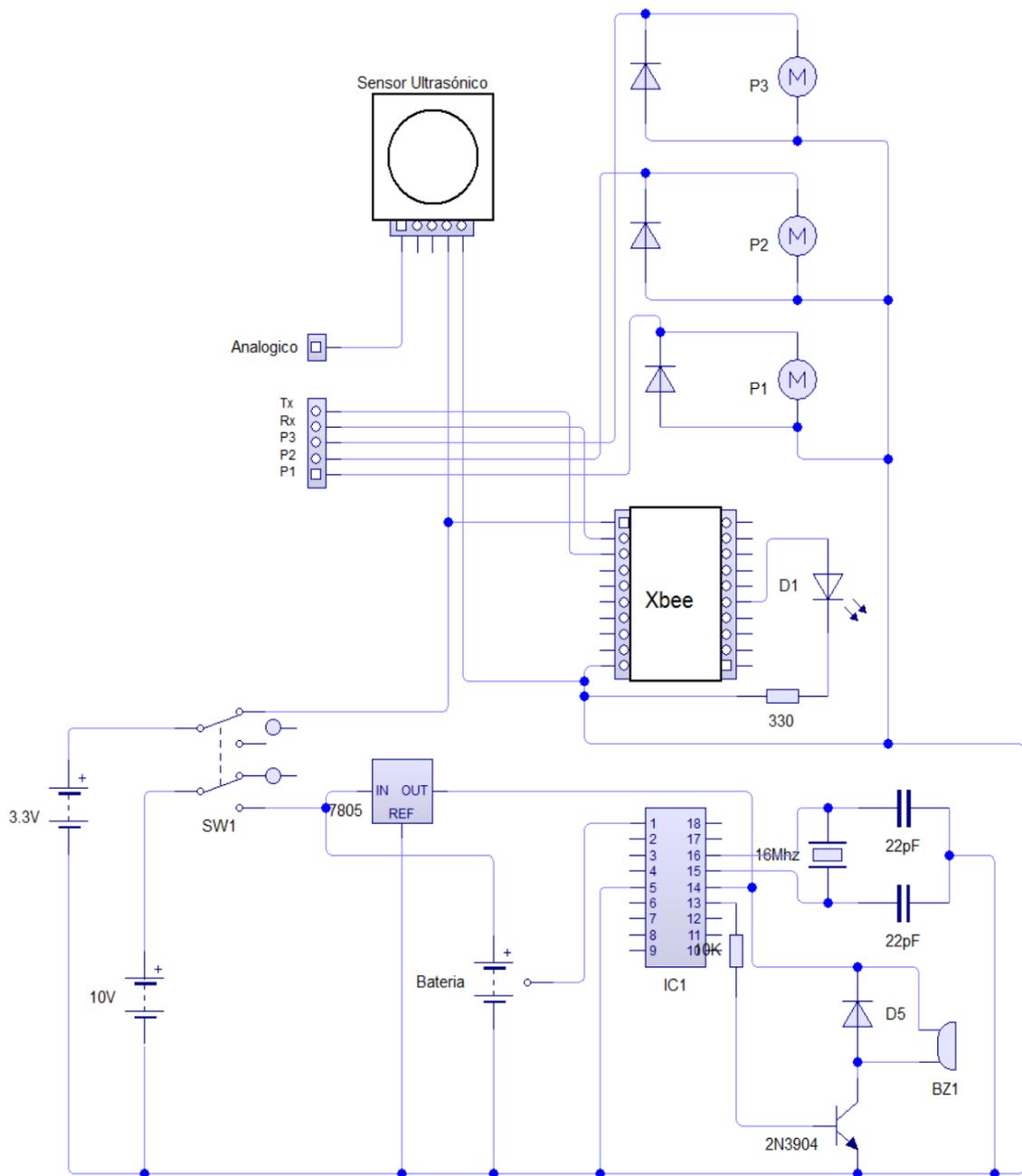


FIGURA 64: Diagrama circuito electrónico completo del cinturón

En el diagrama se visualiza el circuito electrónico completo del cinturón entrelazado por un switch de 3 posiciones que permitirá al usuario seleccionar el tipo funcionamiento del cinturón encendido, carga de batería y apagado.

2.9.2.4 IMPLEMENTACIÓN DE LA PLACA DEL CINTURÓN

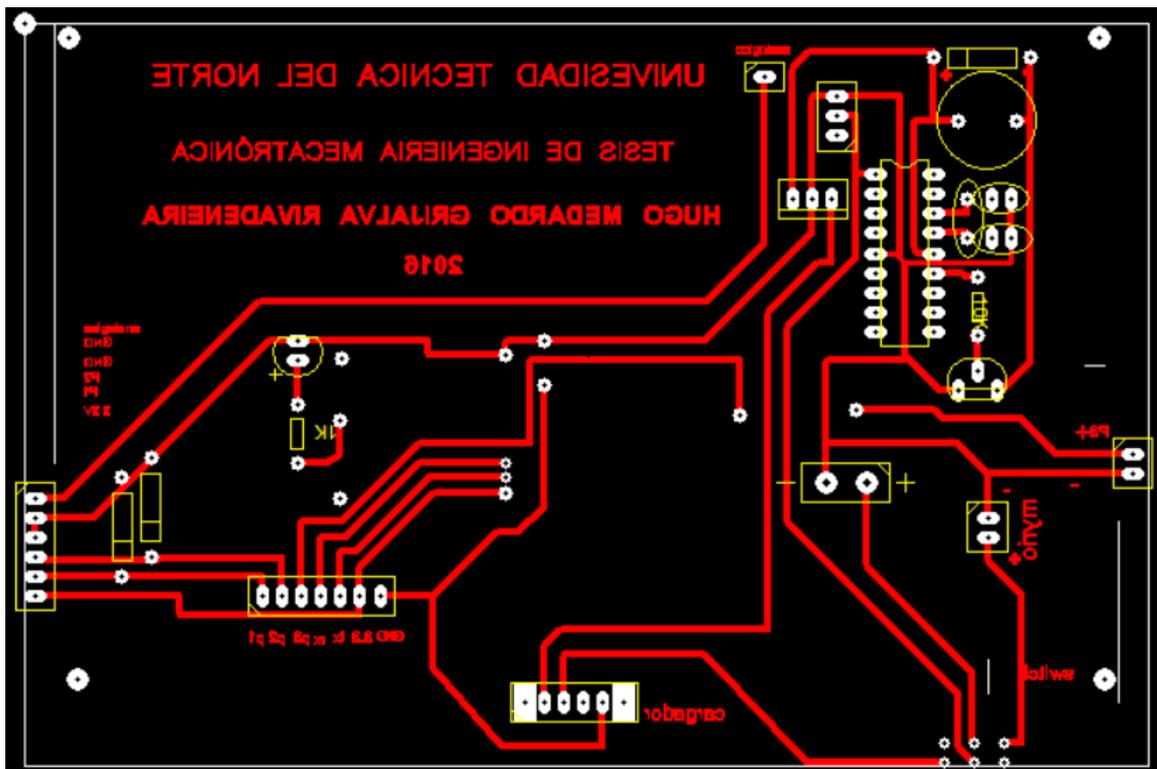


FIGURA 65: Vista pistas placa cinturón

En el gráfico se observa el diseño de las pistas de la baquelita del cinturón, es de una sola cara donde constan los elementos del mismo. El diseño y dimensiones están realizados acorde a las dimensiones de la tarjeta myRIO, batería de alimentación y diseño de carcasas.

2.9.2.4.1 UBICACIÓN Y SUELDA DE LOS ELEMENTOS DE LA PLACA DEL CINTURÓN

- **Módulo Xbee receptor**

El módulo Xbee receptor se encuentra ubicado en el centro de la placa, es el encargado de recibir los datos inalámbricos de las manillas y transmitirlos a la tarjeta myRIO.

Para realizar la recepción de datos el módulo Xbee se encuentra configurado de la siguiente manera:

- **Configuración del módulo Xbee como dispositivo maestro**

Para la configuración del módulo Xbee se utiliza un software propio de la marca Xbee llamado XCTU que puede ser descargado de su página oficial. Se procede a abrir el programa y mediante comandos AT configuramos de la siguiente manera:

- Ingresamos en el hiperterminal “+++”, el XBEE devolverá “OK”, y tenemos 3 segundos para ingresar los comandos AT.
- Para seleccionar el canal ingresamos “ATCHC”, se devuelve “OK”,
- Para seleccionar el DL, ingresamos “ATDL0”, devuelve “OK”.
- Para seleccionar el HL, ingresamos “ATHLFFF”, devuelve “OK”.
- Para el PAN ID, ingresamos “ATID9032”, devuelve “OK”.
- Para seleccionar el My, ingresamos “ATMY0”, devuelve “OK”.

Además se debe configurar la velocidad de transmisión de los datos para que sea compatible con la velocidad de recepción de datos de la tarjeta myRIO.

- **Pic 16F-88**

Este pic 16F-88 se encuentra ubicado en la parte inferior izquierda de la placa del cinturón y es el encargado de realizar la comparación del nivel de carga de la batería del cinturón.

- **Bocina de sonido (chicharra)**

Este elemento se encuentra ubicado a lado derecho del pic 16F-88 y es el encargado de notificar al usuario cuando la batería del cinturón se encuentra completamente cargado.

- **Transistor Lm 78-05**

Este transistor se ubica sobre la bocina de sonido y es el encargado de regular el voltaje de alimentación para el sistema de carga de la batería del cinturón.

- **Swich de tres estados**

Se ubica al lado superior izquierdo de la placa y su función es selccionar el tipo de funcionamiento del cinturón, como:

- Posición 1 encendido del cinturón
- Posición 2 apagado del sistema
- Posición 3 modo de carga de la batería del cinturón

- **Conector USB hembra**

Se encuentra en la parte superior central de la placa y es donde se conecta la energía para realizar la carga de la batería y alimentar el transistor Lm 78-05 para alimentar el sistema de verificación de la carga de la batería.

2.9.2.4.2. PLACA DEL CINTURÓN TERMINADA

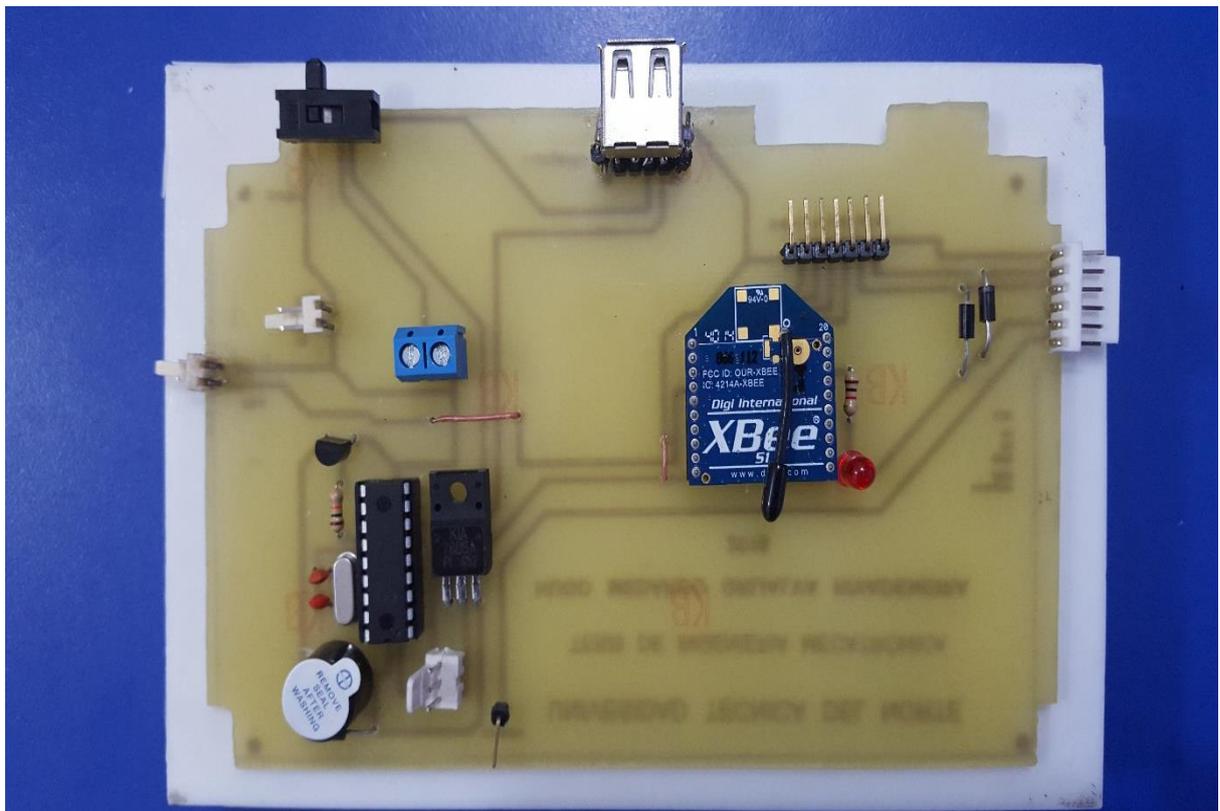


FIGURA 66: Placa del cinturón terminada

2.9.3 DIAGRAMA DE CONEXIONES DE LA TARJETA MYRÍO CON LA PLACA DEL CINTURÓN

Terminada la implementación del cinturón se procede a realizar las conexiones con la tarjeta myRIO de la siguiente manera:

2.9.3.1 CONEXIONES PUERTO B MYRIO

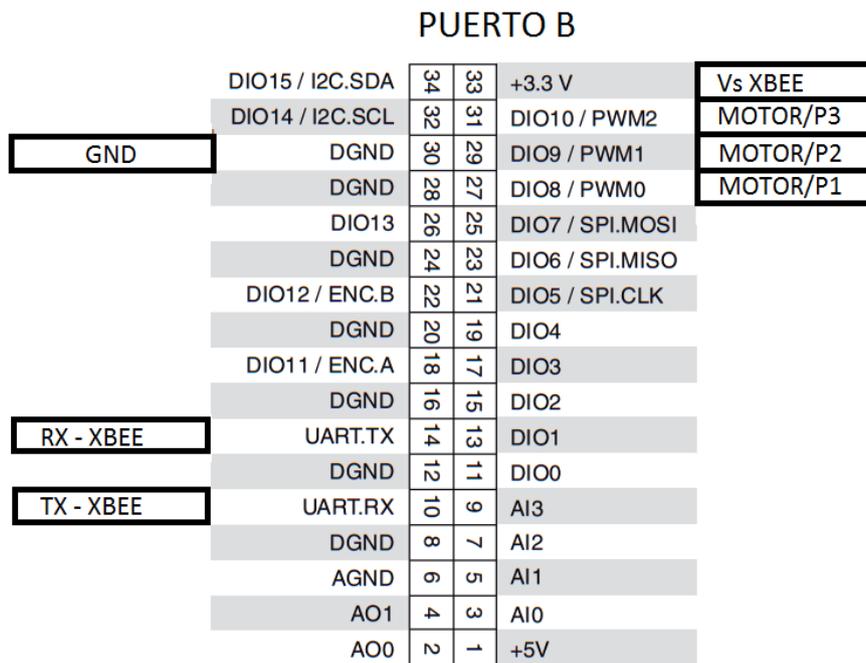


FIGURA 67: Diagrama de conexiones puerto B myRIO

En el diagrama se muestra como realizar las conexiones de la placa a los pines del Puerto B a la tarjeta myRIO para la conexión de los siguientes pines:

- Pin 33 Vs Xbee 3,3 V
- Pin 30 GND
- Pin 10 Tx – Xbee
- Pin Rx - Xbee
- Pin 27 motor P1
- Pin 29 motor P2
- Pin 31 motor P3

2.9.3.2 CONEXIONES PUERTO C MYRIO

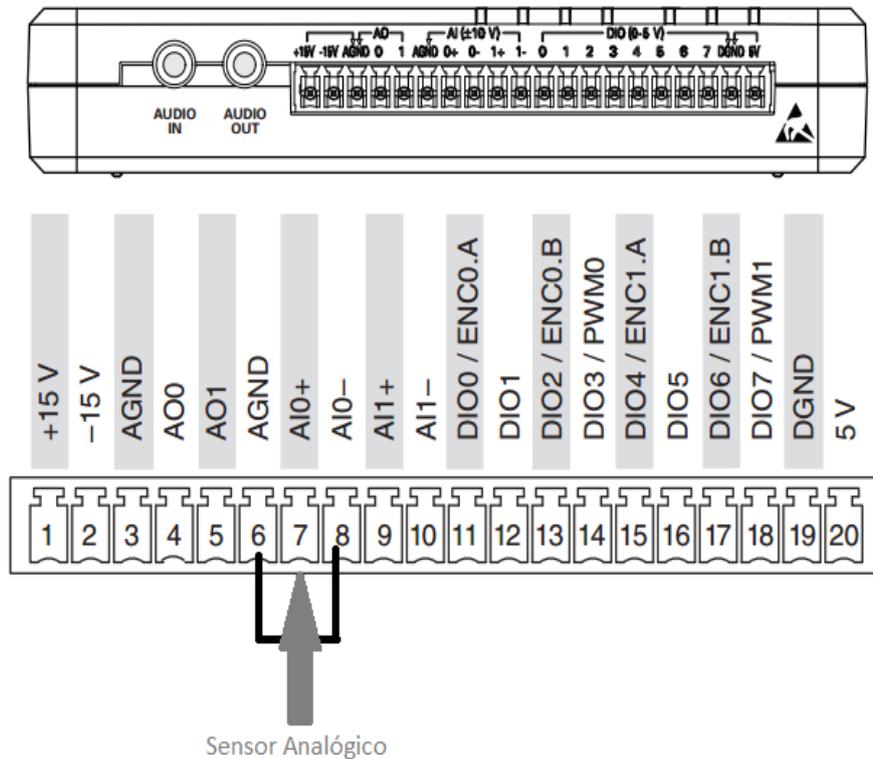


FIGURA 68: Diagrama de conexiones puerto C myRIO

En el diagrama de conexiones se muestra como se realiza la conexión de la señal analógica del sensor ultrasónico frontal a la tarjeta myRIO.

2.10 IMPLEMENTACIÓN DE CARCASAS

2.10.1 IMPLEMENTACIÓN DE LAS CARCASAS DE LAS MANILLAS

Realizada la impresión 3D de las carcasas se procede a implementar las placas de las manillas con sus baterías de la siguiente manera:

Cada carcasa inferior es sujeta por su respectiva correa que tiene filamentos de velcro para facilitar su fijación y su retiro de la muñeca de las manos brindando mayor comodidad al usuario

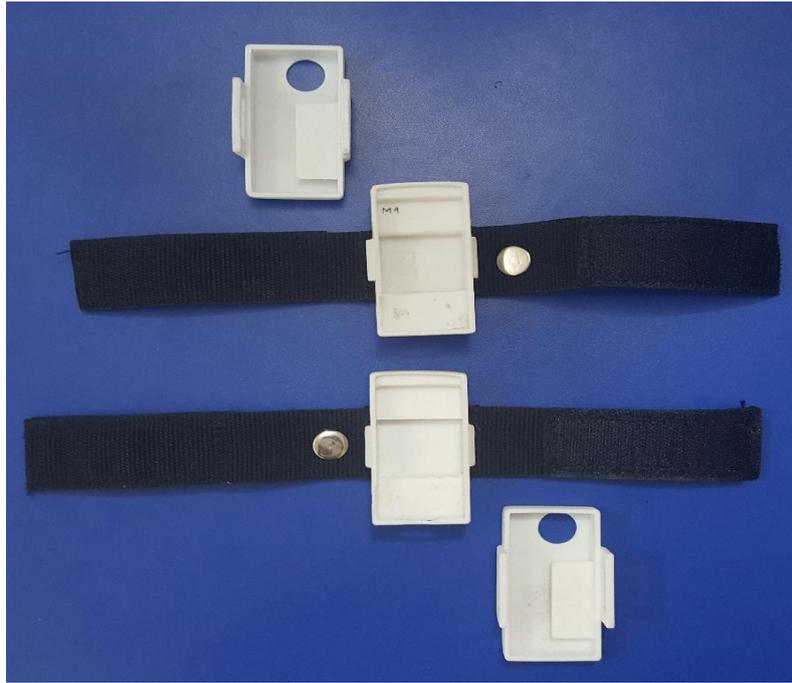


FIGURA 69: Foto carcasas manillas con correa

Se coloca las placas de las manillas en las carcasas inferiores, introduciendo primeramente el selector del switch en su respectivo orificio facilitando así la sujeción de las placas en las carcasas, posteriormente se coloca las baterías en el espacio designado en las carcasas superiores tomando en cuenta que los cables salgan por la abertura de la parte inferior del sujetador de la batería.

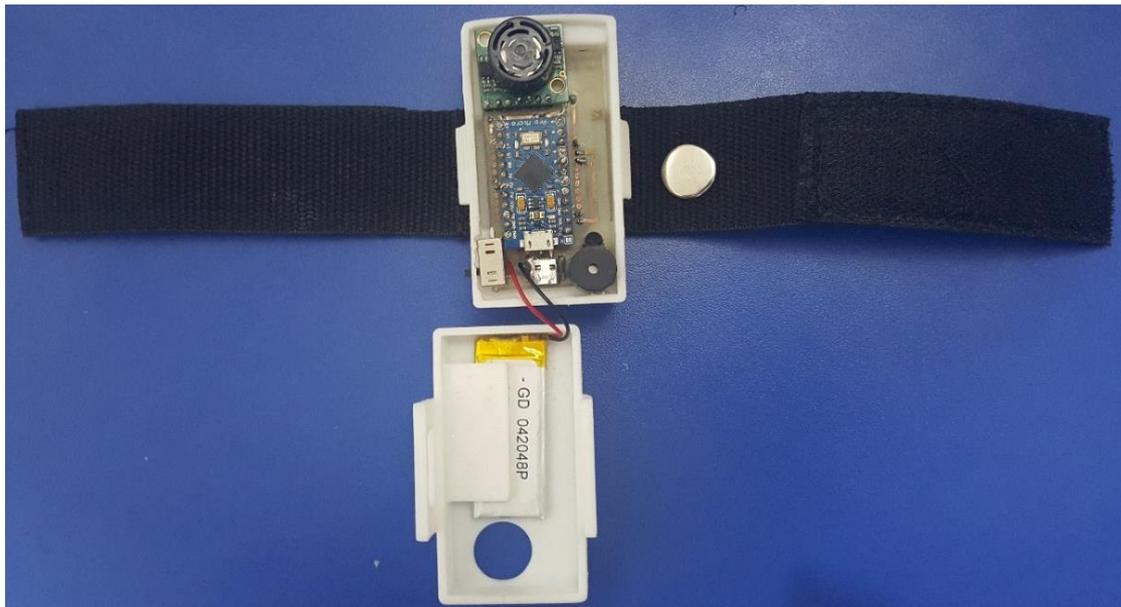


FIGURA 70: Foto carcasas manillas con placa y batería

Finalmente se acopla la carcasa superior e inferior fijando con la ayuda de los sujetadores laterales.



FIGURA 71: Foto manillas terminadas

Cada carcasa tiene un broche con relieve en la correa que ayuda al usuario a identificar las manillas izquierda y derecha. Los planos con las dimensiones reales de las carcasas están en los anexos.

2.10.2 IMPLEMENTACIÓN DE LAS CARCASAS DEL CINTURÓN

Para la implementación de las carcasas del cinturón se realiza el siguiente proceso:

Primero se pasa la correa por las agarraderas de la carcasa inferior fijándola para que no se mueva, luego se coloca los cables de los motores de vibración y el sensor ultrasónico del cinturón en la parte interna de la correa.

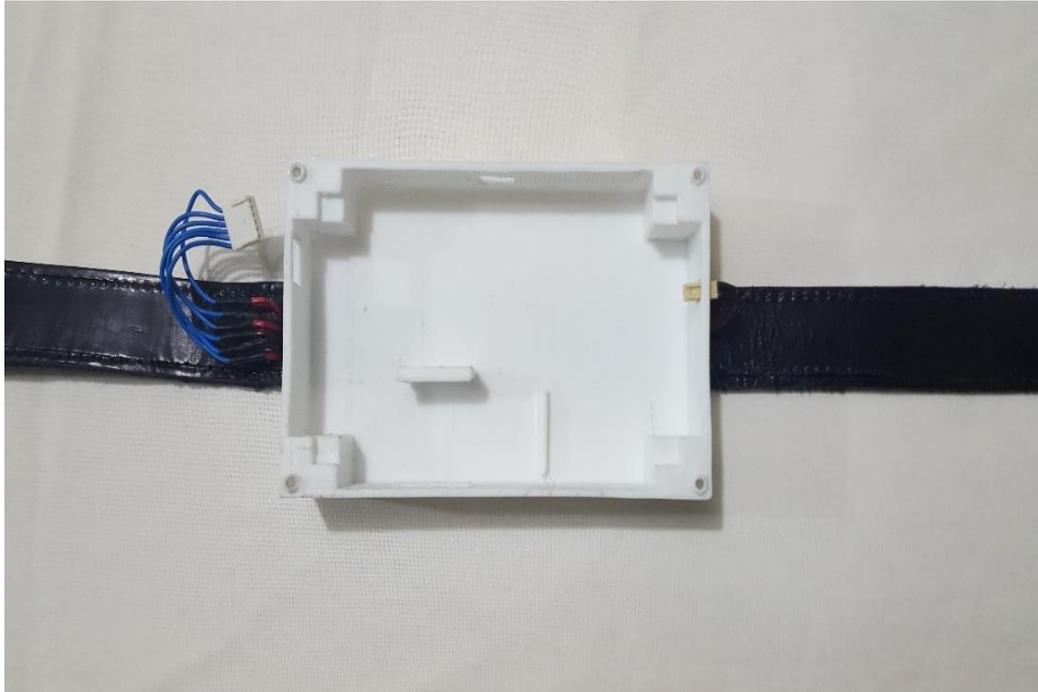


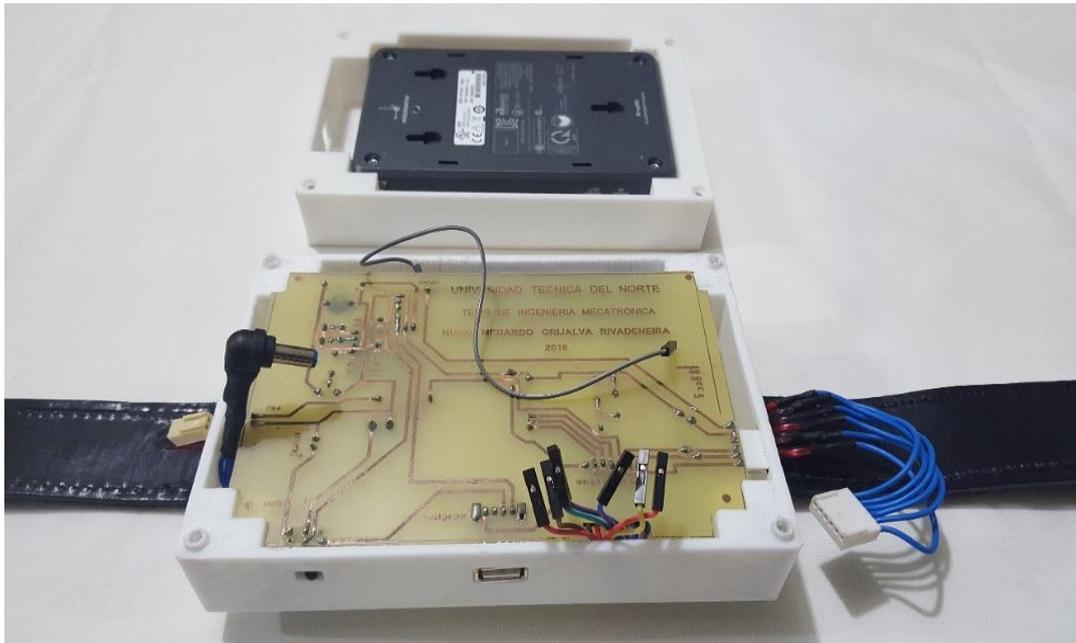
FIGURA 72: Carcasa inferior y cinturón

Luego se coloca la tarjeta myRIO en la carcasa superior



FIGURA 73: Carcasa superior cinturón y tarjeta myRIO

En la carcasa inferior se coloca la batería con la placa atornillada a la carcasa



Una vez colocada la placa se procede a cerrar las carcasas fijándolas con tornillos



Figura 75 Armado de las carcasas del cinturón

Armadas y aseguradas las carcasas del cinturón se procede a armar y colocar la carcasa del sensor ultrasónico delantero del cinturón, misma que se puede colocar o quitar del cinturón para mayor comodidad del usuario.



FIGURA 76: Carcasa cinturón y sensor

De esta manera se obtiene ya implementado todo el dispositivo, cinturón y manillas



FIGURA 77: Prototipo completo

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS

3.1 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

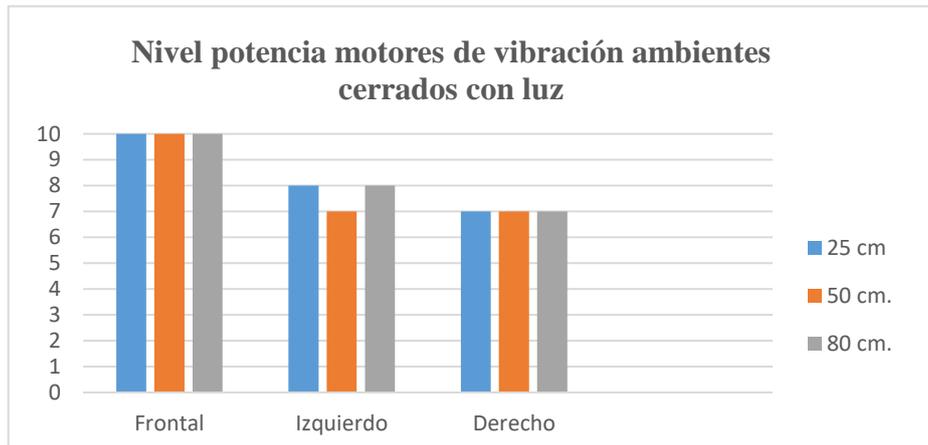
Terminado el prototipo del dispositivo se procede a realizar las pruebas de funcionamiento para verificar su alcance, limitaciones y errores de funcionamiento. Estas pruebas de funcionamiento se realizan en dos etapas clasificadas de la siguiente manera:

3.1.1 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO INTERNAS

En esta etapa de pruebas se verifica el funcionamiento de las manillas y el cinturón al detectar objetos o personas en lugares con ambientes cerrados y exteriores, con luz y oscuridad y a tres distancias diferentes. Para estas pruebas se realizan diez ensayos de los tres sensores ultrasónicos verificando que los respectivos motores de vibración se activen con su respectiva potencia al detectar un objeto o persona a distancia de 25 cm, 50 cm y 80cm. Estas pruebas valoran el nivel de potencia de vibración de los motores en un rango de diez puntos.

TABLA 33: Nivel de potencia motores de vibración ambientes cerrados con luz

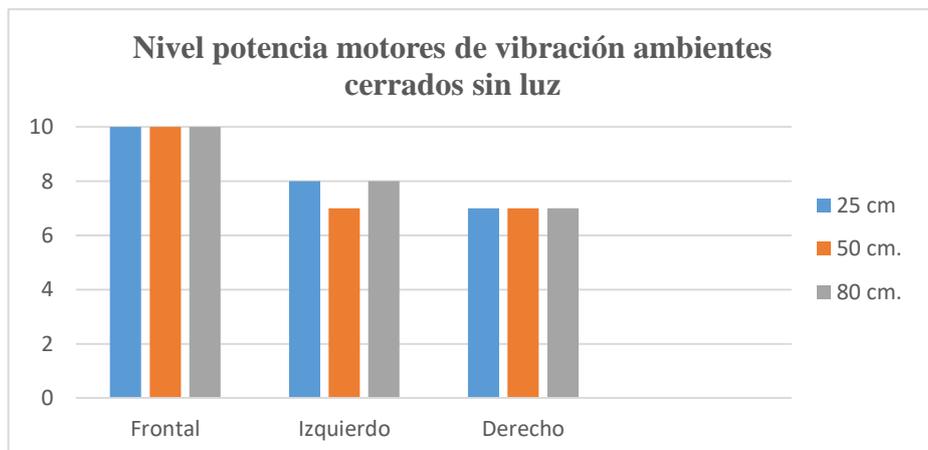
Motores	Distancias		
	25 cm	50 cm.	80 cm.
Frontal	10	10	10
Izquierdo	8	7	8
Derecho	7	7	7



GRÁFICA 1: Nivel potencia motores de vibración ambientes cerrados con luz

TABLA 34: Nivel de potencia motores de vibración ambientes cerrados sin luz

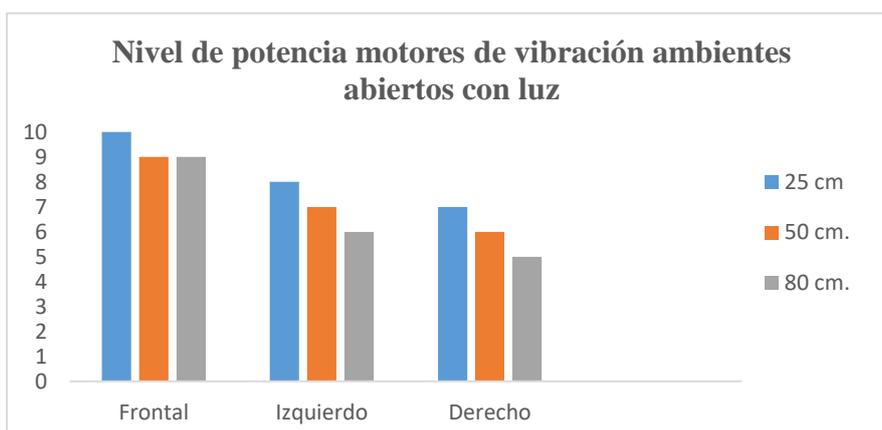
Motores	Distancias		
	25 cm	50 cm.	80 cm.
Frontal	10	10	10
Izquierdo	8	7	8
Derecho	7	7	7



GRÁFICA 2: Nivel potencia motores de vibración ambientes cerrados sin luz

TABLA 35: Nivel de potencia motores de vibración ambientes abiertos con luz

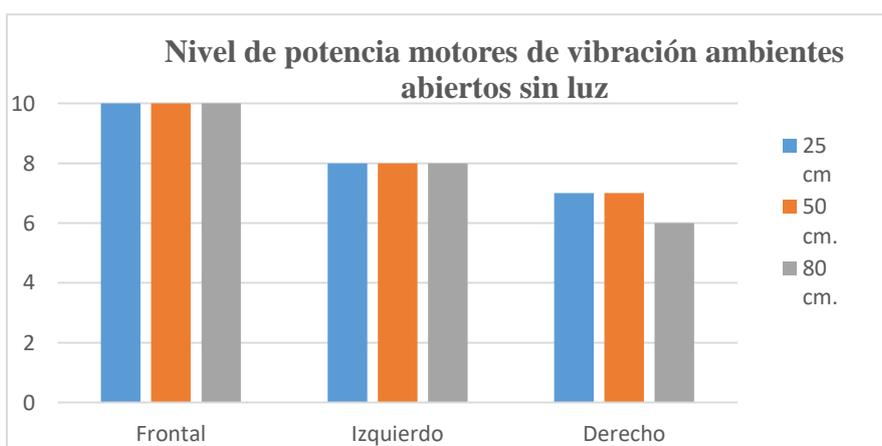
Motores	Distancias		
	25 cm	50 cm.	80 cm.
Frontal	10	9	9
Izquierdo	8	7	6
Derecho	7	6	5



GRÁFICA 3: Nivel de potencia motores de vibración ambientes abiertos con luz

TABLA 36: Nivel de potencia motores de vibración ambientes abiertos sin luz

Motores	Distancias		
	25 cm	50 cm.	80 cm.
Frontal	10	10	10
Izquierdo	8	8	8
Derecho	7	7	6



GRÁFICA 4: Nivel de potencia motores de vibración ambientes abiertos sin luz

3.1.1.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Realizadas las pruebas de funcionamiento de los sensores ultrasónicos y la potencia de vibración de los motores en los cuatro ambientes y a tres distancias diferentes se obtiene los siguientes resultados:

- Los sensores ultrasónicos detectan sin problema alguno obstáculos o personas en los cuatro ambientes a excepción del ambiente abierto con luz donde existe una ligera variación
- La potencia de los motores de vibración si presenta variación según la distancia en que se encuentra el obstáculo
- El motor de vibración frontal presenta mejor funcionamiento en los niveles de potencia de vibración en casi todos los ambientes excepto en el abierto con luz donde surge una ligera variación a distancias mayores a 25 cm.
- Los niveles de potencia de los motores izquierdo y derecho presentan menor potencia que el motor frontal en las tres distancias a pesar de estar programados con los mismos parámetros
- El tiempo de respuesta del motor de vibración frontal con respecto a la detector del sensor frontal es casi instantáneo produciendo un buen funcionamiento para el usuario
- El tiempo de respuesta de los motores izquierdo y derecho con respecto a la detección del sensor en sus manillas es aproximadamente un segundo debido a la conexión inalámbrica de los datos de las distancias y el procesamiento de las mismas en la tarjeta myRIO.

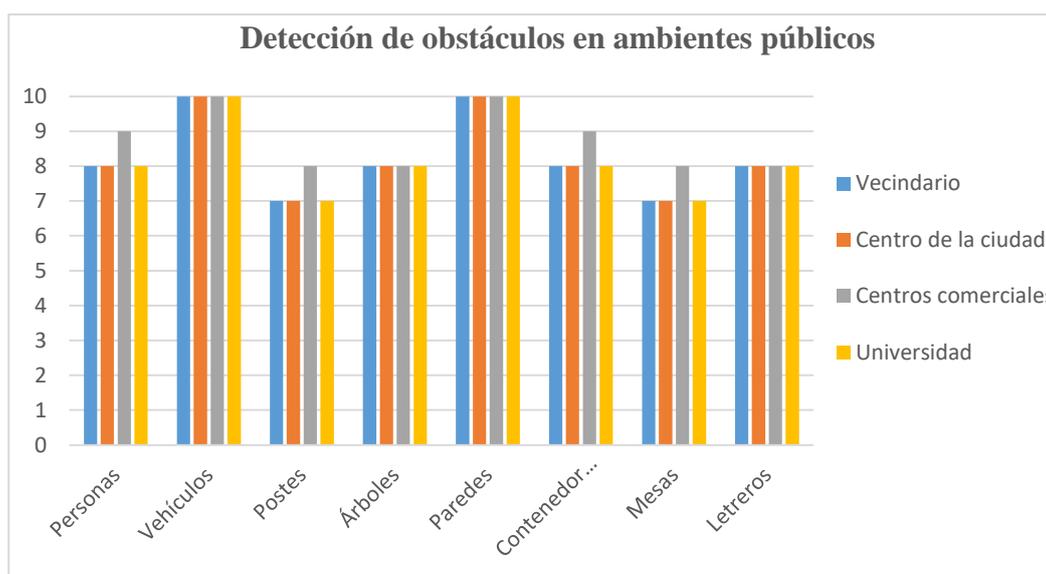
3.1.2 PRUEBAS DE CAMPO

En esta etapa se realizará las pruebas de funcionamiento en ambiente públicos: vecindario, centro de la ciudad, centros comerciales y Universidad Técnica del Norte para verificar la funcionalidad del dispositivo al detectar objetos o personas que obstaculizan la movilidad del usuario al realizar sus actividades diarias. En la tabla se valorará la eficiencia del dispositivo al detectar personas y

obstáculos presentes en cada ambiente de prueba en un rango del 0 al 10 respectivamente.

TABLA 37: Detección de obstáculos en ambientes públicos

Obstáculos	Vecindario	Centro de la ciudad	Centros comerciales	Universidad
Personas	8	8	9	8
Vehículos	10	10	10	10
Postes	7	7	8	7
Árboles	8	8	8	8
Paredes	10	10	10	10
Contenedores	8	8	9	8
Mesas	7	7	8	7
Letreros	8	8	8	8



GRÁFICA 5: Detección de obstáculos en ambientes públicos

3.1.2.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Realizadas las pruebas de funcionamiento del dispositivo en ambientes públicos más comunes frecuentados en la vida diaria se obtuvo como resultados:

- El dispositivo tiene mayor rango de detección de objetos grandes

- Todo objeto que se encuentre dentro del rango de detección de los sensores son notificados al usuario por medio de la vibración de los motores

(Fotos de pruebas de funcionamiento en anexo 12)

3.1.3 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE BATERÍAS

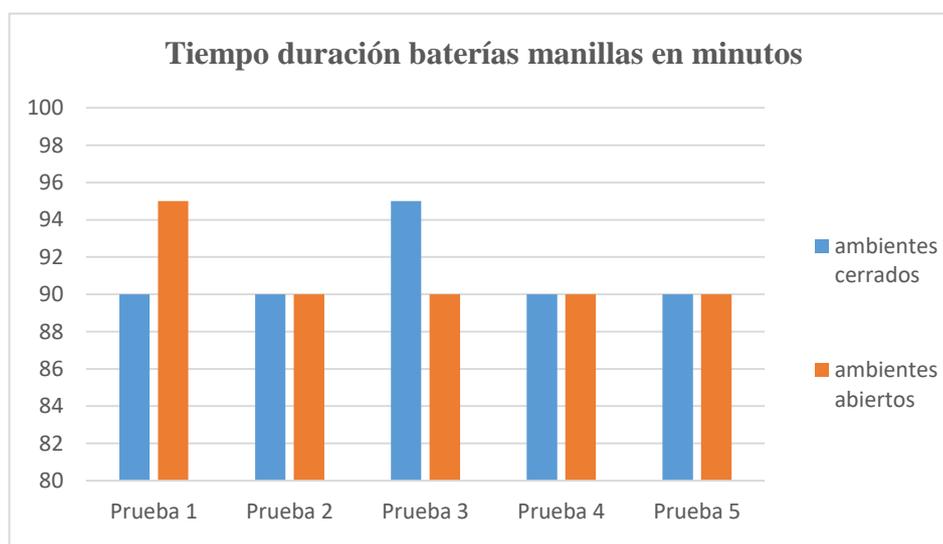
Estas pruebas de funcionamiento consisten en verificar el tiempo de duración y de carga de las baterías de las manillas y del cinturón durante el uso del dispositivo mediante varias pruebas de funcionamiento mostradas en las siguientes tablas:

3.1.3.1 TIEMPO DE DURACIÓN DE BATERÍAS MANILLAS

En estas pruebas se verificó el tiempo de duración de las baterías en funcionamiento continuo en ambientes cerrados como abiertos, obteniendo los siguientes datos:

TABLA 38: Tiempo de duración de baterías manillas

Pruebas	Tiempo minutos Ambientes cerrados	Tiempo minutos Ambientes abiertos
Prueba 1	90	95
Prueba 2	90	90
Prueba 3	95	90
Prueba 4	90	90
Prueba 5	90	95



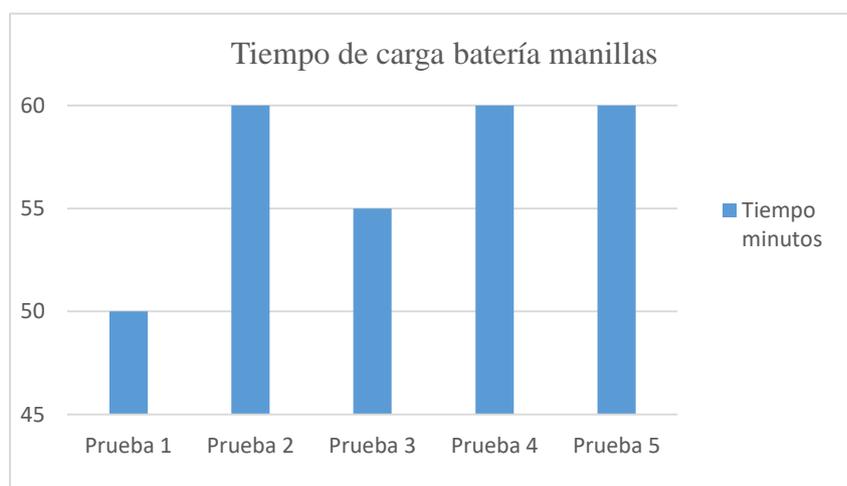
GRÁFICA 6: Tiempo de duración de baterías manillas

3.1.3.2 TIEMPO DE DURACIÓN DE CARGA BATERÍAS MANILLAS

En estas pruebas se verificó el tiempo de carga de las baterías obteniendo los siguientes datos:

TABLA 39: Tiempo de carga batería manillas

Pruebas	Tiempo minutos
Prueba 1	50
Prueba 2	60
Prueba 3	55
Prueba 4	60
Prueba 5	60



GRÁFICA 7: Tiempo de carga batería manilla

Análisis de resultados

Realizadas las pruebas de tiempo de duración y carga de las baterías se pudo determinar los siguientes resultados:

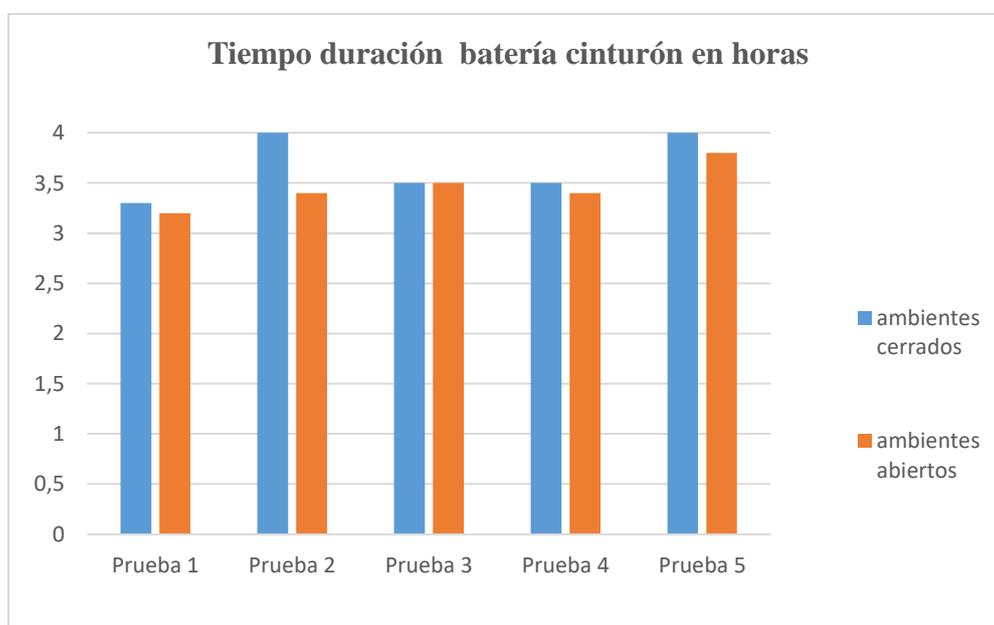
- El tiempo de duración de las baterías es acorde al tiempo promedio que una persona no vidente se moviliza durante el día en ambientes abiertos y cerrados
- El tiempo de carga de las baterías es corto permitiendo al usuario recargarlas para su uso inmediato
- La carga de la batería se puede realizar por medio de un cable USB, dando mayor comodidad al usuario

3.1.3.3 TIEMPO DE DURACIÓN DE BATERÍA CINTURÓN

En estas pruebas se verificó el tiempo de duración de las baterías en funcionamiento continuo en ambientes cerrados como abiertos, obteniendo los siguientes datos:

TABLA 40: Tiempo de duración batería cinturón

Pruebas	Tiempo horas Ambientes cerrados	Tiempo horas Ambientes abiertos
Prueba 1	3,30	3,20
Prueba 2	4	3,40
Prueba 3	3,50	3,50
Prueba 4	3,50	3,40
Prueba 5	4	3,80



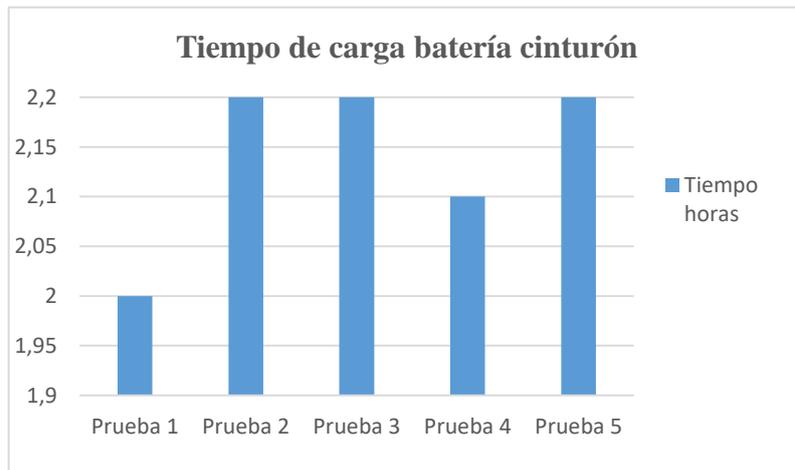
GRÁFICA 8: Tiempo duración batería cinturón

3.1.3.4 TIEMPO DE DURACIÓN DE CARGA BATERÍAS CINTURÓN

En estas pruebas se verificó el tiempo de carga de las baterías obteniendo los siguientes datos:

Tabla 41: Tiempo de carga batería cinturón

Pruebas	Tiempo horas
Prueba 1	2
Prueba 2	2,20
Prueba 3	2,20
Prueba 4	2,10
Prueba 5	2,20



GRÁFICA 9: Tiempo de carga batería cinturón

Análisis de resultados

Realizadas las pruebas de tiempo de duración y carga de las baterías se pudo determinar los siguientes resultados:

- Las baterías son de larga duración en comparación con las baterías de las manillas
- Debido a la larga duración de tiempo de las baterías su tiempo de carga es mayor
- El tiempo de duración de las baterías en ambientes abiertos es ligeramente menor en relación al tiempo en ambientes cerrados
- La variación entre los tiempos de duración de las baterías en ambientes abiertos y cerrados no afecta en su uso ni incomoda al usuario

CAPÍTULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- ❖ Para la elaboración del dispositivo se pudo determinar que existe una variedad de elementos acordes a las características necesarias disponibles en el mercado, seleccionando las opciones más adecuadas al usuario, debido a su precio, disponibilidad, tamaño y peso aptos para el dispositivo
- ❖ Los tres sensores ultrasónicos detectan todo objeto o persona que se encuentre dentro de su rango de detección a una distancia máxima de 80 cm. y una distancia mínima de 13 cm. en ambientes cerrados con y sin luz, mientras que en los ambientes abiertos con luz presentan una pequeña variación de detección en la distancia máxima de su rango.
- ❖ El diseño del prototipo seleccionado tiene ventajas en el tamaño y peso en comparación con otros dispositivos existentes mismos que no brindan mayor comodidad al usuario
- ❖ El tiempo de respuesta del motor de vibración frontal con respecto a la señal enviada por el sensor ultrasónico del cinturón es casi instantáneo debido a su conexión directa a la tarjeta myRIO, mientras que el tiempo de respuesta de los motores de vibración izquierdo y derecho con respecto a la señal enviada

por los sensores ultrasónicos de cada manilla es entre uno a dos segundos debido al envío y recepción de datos con la tarjeta myRIO y la depuración de los datos de las distancias que realiza la misma. Durante el retardo la vibración de los motores se mantiene con el último valor de la distancia anterior detectada hasta que finalice el retardo cambiando la vibración de acuerdo a la nueva distancia detectada

- ❖ Al implementar el diseño óptimo del dispositivo se pudo determinar su tamaño y peso real acorde a los elementos y materiales utilizados en las carcasas. Debido a las dimensiones de la tarjeta myRIO el dispositivo presenta un tamaño y peso mayor al deseado
- ❖ Los niveles de potencia de vibración de los motores izquierdo y derecho con respecto al motor frontal no cumplen con las expectativas deseadas ya que es menor en un 40 % aun siendo sus parámetros de programación los mismos
- ❖ El tiempo promedio de duración de las baterías de las manillas es de 1 hora y 33 minutos y el tiempo promedio de duración de la batería del cinturón es de 3 horas 50 minutos cumpliendo con las especificaciones deseadas del prototipo

4.2 RECOMENDACIONES

- Durante el modo de carga de baterías de las manillas no se debe activar el modo de funcionamiento de las manillas para evitar daños principalmente en el módulo Xbee ya que no es recomendable con un voltaje mayor a 3.3 V
- Se recomienda no activar el cinturón durante el tiempo de carga de la batería por motivos de seguridad de la misma
- Es recomendable no utilizar el dispositivos en ambientes lluviosos o con alta humedad ya que el diseño de las carcasas no brindan la protección adecuada a los elementos electrónicos en estos ambientes

- Para mejorar el dispositivo se recomienda utilizar otro controlador con menores dimensiones y peso o si es posible construirlo para que el diseño sea más cómodo al usuario

4.3 BIBLIOGRAFÍA

ABC Proyectos electrónicos. (s.f.). Obtenido de ABC Proyectos electrónicos:

<http://www.abcelectronica.net/productos/transductores/buzzer/>

Agencia Informativa Conacyt. (31 de Julio de 2015). Obtenido de Agencia Informativa

Conacyt: <http://www.conacytprensa.mx/index.php/tecnologia/robotica/2296-desarrollan-en-el-ipn-robot-guia-para-invidentes>

Arduienda. (s.f.). Obtenido de Arduienda:

<http://www.ardumania.es/ardutienda/es/arduino/86-arduino-nano.html>

Balbinder, L. P. (s.f.). *DISCAPACIDAD VISUAL Y ESQUEMA CORPORAL.* Obtenido de

DISCAPACIDAD VISUAL Y ESQUEMA CORPORAL:

http://www.integrando.org.ar/investigando/dis_visual.htm

Cristian Vásquez, M. R. (12 de Septiembre de 2015). Chaleco con sensores para personas no videntes. *La Hora.*

Dainiznorai, M. C., & Rosemberg, R. S. (2013). *Dispositivo de detección de obstáculos para invidentes.* México: Intituto Tecnológico de Mérida.

DAINIZNORAI, M. C., & ROSEMBERG, R. S. (2013). *Dispositivo de detección de obstáculos para invidentes.* México: Instituto tecnologico de Merida.

Díaz, M. (14 de Octubre de 2013). *330ohms.* Obtenido de 330ohms:

<https://www.330ohms.com/blogs/blog/85020868-que-son-los-actuadores-electronicos>

eekfactory. (s.f.). Obtenido de eekfactory:

<http://www.geekfactory.mx/tienda/sensores/hc-sr04-sensor-de-distancia-ultrasonico/>

electrónica embajadores. (s.f.). Obtenido de electrónica embajadores:

<http://www.electronicaembajadores.com/Productos/Detalle/19/LCA1003/modulo-arduino-pro-mini-328---5v-16mhz>

Facil, R. (s.f.). *SuperRobotica*. Obtenido de SuperRobotica:

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

gear best. (s.f.). Obtenido de gear best: http://www.gearbest.com/development-boards/pp_160809.html

HEXXON-ingeniería de prototipos e impresión 3D. (12 de marzo de 2015). Obtenido de HEXXON-ingeniería de prototipos e impresión 3D: hxx.es/old/materiales-de-impresion-3d-i-pla-acido-polilactico/

LA RED electrónica. (s.f.). Obtenido de LA RED electrónica:

<http://laredelectronica.com/index.php/robotica-sensores/sensor-ultrasonido/sensor-ultrasonido-0-6mts-ez4.html>

mercado libre. (s.f.). Obtenido de mercado libre:

http://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-408986817-repuesto-drone-quadcoptero-syma-bateria-2000ma-cargador-10v-_JM

mercado libre. (s.f.). Obtenido de mercado libre:

http://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-409044672-cargador-bateria-externo-portatil-2600mah-power-bank-_JM

microsonic sensores ultrasónicos. (s.f.). Obtenido de microsonic sensores ultrasónicos:

<http://appv1.microsonic.de/es/Interesting-facts.htm>

National Instruments. (s.f.). Obtenido de National Instruments:

<http://www.ni.com/myrio/buy/esa/>

Orientación y Movilidad (OYM). (2006). Obtenido de Orientación y Movilidad (OYM):

http://usuarios.discapnet.es/ojo_oido/orientacion_y_movilidad.htm

Patagoniatec. (s.f.). Obtenido de Patagoniatec: <http://saber.patagoniatec.com/arduino-pro-micro-atmega32u4-arduino-argentina-ptec-leonardo/>

Pilco, I. R. (2014). Traje tecnológico para no videntes. *Revista Electrónica Conocimiento Libre y Licenciamiento (CLIC)*, 39-52.

proyectospic2010. (2010). Obtenido de proyectospic2010:
<https://sites.google.com/site/proyectospic2010/PIC18F452/introduccion-pic16f628a-1>

Puentes, S. (22 de Septiembre de 2014). *PREZI*. Obtenido de PREZI:
<https://prezi.com/dhh1keiscqsb/sensor-de-ultrasonido/>

punto flotante s.a. (s.f.). Obtenido de punto flotante s.a.:
<http://www.puntofloitante.net/16F88PLUS.htm>

Romero, A. P. (2013). BASTÓN ELECTRÓNICO GUIADO PARA PERSONAS NO VIDENTES. *repositorio digital ESPE*, 6.

SemanticWebBuilder. (s.f.). Obtenido de SemanticWebBuilder:
www.semanticwebbuilder.org.mx/es_mx/swb/Sistemas_Embebidos_Innovando_hacia_los_Sistemas_Inteligentes_

soperativos. (s.f.). Obtenido de soperativos:
<https://soperativos.wikispaces.com/10.+SISTEMAS+OPERATIVOS+DE+TIEMPO+REAL+O+EMBEBIDOS>

Tecnología de los plásticos. (8 de junio de 2011). Obtenido de Tecnología de los plásticos: <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/06/abs.html>

Tu Discovery Dominicano. (12 de Mayo de 2010). Obtenido de Tu Discovery Dominicano: <http://discovery-web.over-blog.es/article-definicion-de-lo-que-es-tecnologia-bluetooth-50266070.html>

ulpgc. (s.f.). Obtenido de ulpgc:
http://www2.ulpgc.es/descargadirecta.php?codigo_archivo=1770

xbee.cl. (s.f.). Obtenido de xbee.cl: <http://xbee.cl/que-es-xbee/>

ANEXOS

ANEXO 1.- DATASHEET SENSOR ULTRASONICO LV-MAXZONAR EZ4

LV-MaxSonar® -EZ™ Series

High Performance Sonar Range Finder

MB1000, MB1010, MB1020, MB1030, MB1040



With 2.5V - 5.5V power the LV-MaxSonar-EZ provides very short to long-range detection and ranging in a very small package. The LV-MaxSonar-EZ detects objects from 0-inches to 254-inches (6.45-meters) and provides sonar range information from 6-inches out to 254-inches with 1-inch resolution. Objects from 0-inches to 6-inches typically range as 6-inches¹. The interface output formats included are pulse width output, analog voltage output, and RS232 serial output. Factory calibration and testing is completed with a flat object. ¹See Close Range Operation

Features

- Continuously variable gain for control and side lobe suppression
- Object detection to zero range objects
- 2.5V to 5.5V supply with 2mA typical current draw
- Readings can occur up to every 50mS, (20-Hz rate)
- Free run operation can continually measure and output range information
- Triggered operation provides the range reading as desired
- Interfaces are active simultaneously
- Serial, 0 to Vcc, 9600 Baud, 81N
- Analog, (Vcc/512) / inch
- Pulse width, (147uS/inch)

- Learns ringdown pattern when commanded to start ranging
- Designed for protected indoor environments
- Sensor operates at 42KHz
- High output square wave sensor drive (double Vcc)

Benefits

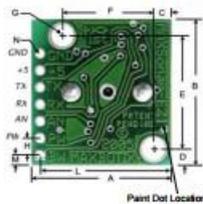
- Very low cost ultrasonic rangefinder
- Reliable and stable range data
- Quality beam characteristics
- Mounting holes provided on the circuit board
- Very low power ranger, excellent for multiple sensor or battery-based systems
- Fast measurement cycles

- Sensor reports the range reading directly and frees up user processor
- Choose one of three sensor outputs
- Triggered externally or internally

Applications and Uses

- UAV blimps, micro planes and some helicopters
- Bin level measurement
- Proximity zone detection
- People detection
- Robot ranging sensor
- Autonomous navigation
- Multi-sensor arrays
- Distance measuring
- Long range object detection
- Wide beam sensitivity

LV-MaxSonar-EZ Mechanical Dimensions



A	0.785"	19.9 mm	H	0.100"	2.54 mm
B	0.870"	22.1 mm	J	0.610"	15.5 mm
C	0.100"	2.54 mm	K	0.645"	16.4 mm
D	0.100"	2.54 mm	L	0.735"	18.7 mm
E	0.670"	17.0 mm	M	0.065"	1.7 mm
F	0.510"	12.6 mm	N	0.038" dia	1.0 mm dia
G	0.124" dia	3.1 mm dia	weight, 4.3 grams		



Part Number	MB1000	MB1010	MB1020	MB1030	MB1040
Paint Dot Color	Black	Brown	Red	Orange	Yellow

Close Range Operation

Applications requiring 100% reading-to-reading reliability should not use MaxSonar sensors at a distance closer than 6 inches. Although most users find MaxSonar sensors to work reliably from 0 to 6 inches for detecting objects in many applications, MaxBotix® Inc. does not guarantee operational reliability for objects closer than the minimum reported distance. Because of ultrasonic physics, these sensors are unable to achieve 100% reliability at close distances.

Warning: Personal Safety Applications

We do not recommend or endorse this product be used as a component in any personal safety applications. This product is not designed, intended or authorized for such use. These sensors and controls do not include the self-checking redundant circuitry needed for such use. Such unauthorized use may create a failure of the MaxBotix® Inc. product which may result in personal injury or death. MaxBotix® Inc. will not be held liable for unauthorized use of this component.

MaxBotix® Inc.
 Copyright 2005 - 2015 MaxBotix Incorporated
 Patent 7,679,286

MaxBotix Inc., products are engineered and assembled in the USA.

Page 1
 Web: www.maxbotix.com
 PD11832c

I/O Pins

The Pro Micro's I/O pins – 18 in all – are multi-talented. Every pin can be used as a **digital input or output**, for blinking LEDs or reading button presses. These pins are referenced in the Arduino IDE via an integer value between 0 and 21. (The A0-A3 pins can be referenced digitally using either their analog or digital pin number).

Nine pins feature analog to digital converters (ADCs) and can be used as **analog inputs**. These are useful for reading potentiometers or other analog devices using the `analogRead([pin])` function.

There are five pins with pulse width modulation (PWM) functionality, which allows for a form of **analog output** using the `analogWrite([pin], [value])` function. These pins are indicated on-board with a faint, white circle around them.

There are hardware UART (serial), I²C, and SPI pins available as well. These can be used to interface with digital devices like serial LCDs, XBees, IMUs, and other serial sensors.

The Pro Micro has five external interrupts, which allow you to instantly trigger a function when a pin goes either high or low (or both). If you attach an interrupt to an interrupt-enabled pin, you'll need to know the specific interrupt that pin triggers: pin 3 maps to interrupt 0, pin 2 is interrupt 1, pin 0 is interrupt 2, pin 1 is interrupt 3, and pin 7 is interrupt 4.

On-Board LEDs

There are three LEDs on the Pro Micro. One red LED indicates whether **power** is present.

The other two LEDs help indicate when data is transferring over USB. A yellow LED represents USB data coming *into* (RX) the the Pro Micro, and a green LED indicates USB data going out (TX).

3.3V or 5V? 8MHz or 16MHz?

Pro Micros come in two flavors, which vary by system **voltage** and operating **frequency**. The standard 5V Pro Micro runs at 16MHz, and is very comparable to an Arduino Leonardo, while the 3.3V version of the Pro Micro runs at half the speed (to remain in the safe operating zone at the lower voltage) – 8MHz.

The operating voltage of your Pro Micro determines the maximum allowable voltage on any of the I/O pins. For example, if you have a 3.3V Pro Micro, don't interface it with something that outputs 5V.

a 10kΩ resistor on the board, and is **active-low**, so it must be connected to ground to initiate a reset. The Pro Micro will remain "off" until the reset line is pulled back to high.

- **GND**, of course, is the common, ground voltage (0V reference) for the system.

ANEXO 3.- DATASHEET XBEE S1



EMBEDDED RF
MODULES FOR OEMS



XBEE® S1 802.15.4 RF MODULES

Easy-to-deploy modules provide critical end-point connectivity to devices and sensors

XBee RF modules provide OEMs with a common footprint shared by multiple platforms, including multipoint and ZigBee/Mesh topologies, and both 2.4 GHz and 900 MHz solutions. OEMs deploying the XBee can substitute one XBee for another, depending upon dynamic application needs, with minimal development, reduced risk and shorter time-to-market.

XBee 802.15.4 RF modules are ideal for applications requiring low latency and predictable communication timing. Providing quick, robust communication in point-to-point, peer-to-peer, and multipoint/star configurations, XBee 802.15.4 products

enable robust end-point connectivity with ease. Whether deployed as a pure cable replacement for simple serial communication, or as part of a more complex hub-and-spoke network of sensors, XBee 802.15.4 RF modules maximize performance and ease of development.

XBee 802.15.4 modules seamlessly interface with compatible gateways, device adapters and range extenders, providing developers with true beyond-the-horizon connectivity.

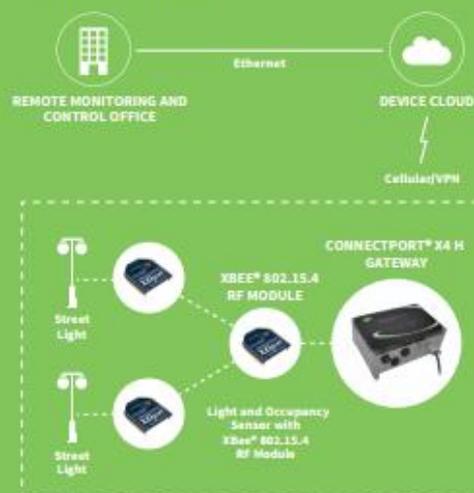
BENEFITS

- Simple, out-of-the-box RF communications, no configuration needed
- Point-to-multipoint network topology
- 2.4 GHz for worldwide deployment
- Common XBee footprint for a variety of RF modules
- Low-power sleep modes
- Multiple antenna options

RELATED PRODUCTS



APPLICATION EXAMPLE

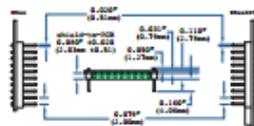


SPECIFICATIONS	Legacy XBee® S1 802.15.4	Legacy XBee-PRO® S1 802.15.4
PERFORMANCE		
RF DATA RATE	250 kbps	250 kbps
INDOR/URBAN RANGE	100 ft (30 m)	300 ft (100 m)
OUTDOOR/RF LINE-OF-SIGHT RANGE	300 ft (100 m)	1 mi (1.6 km)
TRANSMIT POWER	1 mW (+0 dBm)	60 mW (+18 dBm)*
RECEIVER SENSITIVITY (1% PER)	-92 dBm	-100 dBm
DIGI HARDWARE	S1	
TRANSCIVER CHIPSET	Freescale MC13212	
FEATURES		
SERIAL DATA INTERFACE	3.3V CMOS UART	
CONFIGURATION METHOD	API or AT Commands, local or over-the-air	
FREQUENCY BAND	2.4 GHz	
INTERFERENCE IMMUNITY	DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)	
SERIAL DATA RATE	1200 bps - 250 kbps	
ADC INPUTS	(6) 10-bit ADC inputs	
DIGITAL I/O	8	
ANTENNA OPTIONS	Chip, Wire Whip, U.F.L., & RPSMA	
NETWORKING & SECURITY		
ENCRYPTION	128-bit AES	
RELIABLE PACKET DELIVERY	Retries/Acknowledgments	
IDS AND CHANNELS	PAN ID, 64-bit IEEE MAC, 16 Channels	
POWER REQUIREMENTS		
SUPPLY VOLTAGE	2.8 - 3.4VDC	2.8 - 3.4VDC
TRANSMIT CURRENT	45 mA @ 3.3VDC	215 mA @ 3.3VDC
RECEIVE CURRENT	50 mA @ 3.3VDC	55 mA @ 3.3VDC
POWER-DOWN CURRENT	<10 uA @ 25°C	
REGULATORY APPROVALS		
FCC (USA)	OUR-XBEE	OUR-XBEEPRO
IC (CANADA)	4214A-XBEE	4214A-XBEEPRO
ETSI (EUROPE)	Yes	Yes - Max Tx 10 mW
C-TICK AUSTRALIA	Yes	
TELEC (JAPAN)	Yes	

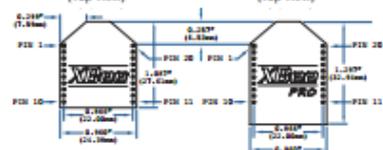
802.15.4 - Star



(Side Views)



(Top View)



MICROCHIP PIC18F2455/2550/4455/4550

28/40/44-Pin, High-Performance, Enhanced Flash, USB Microcontrollers with nanoWatt Technology

Universal Serial Bus Features:

- USB V2.0 Compliant
- Low Speed (1.5 Mb/s) and Full Speed (12 Mb/s)
- Supports Control, Interrupt, Isochronous and Bulk Transfers
- Supports up to 32 Endpoints (16 bidirectional)
- 1-Kbyte Dual Access RAM for USB
- On-Chip USB Transceiver with On-Chip Voltage Regulator
- Interface for Off-Chip USB Transceiver
- Streaming Parallel Port (SPP) for USB streaming transfers (40/44-pin devices only)

Power-Managed Modes:

- Run: CPU on, peripherals on
- Idle: CPU off, peripherals on
- Sleep: CPU off, peripherals off
- Idle mode currents down to 5.8 μ A typical
- Sleep mode currents down to 0.1 μ A typical
- Timer1 Oscillator: 1.1 μ A typical, 32 kHz, 2V
- Watchdog Timer: 2.1 μ A typical
- Two-Speed Oscillator Start-up

Flexible Oscillator Structure:

- Four Crystal modes, including High Precision PLL for USB
- Two External Clock modes, up to 48 MHz
- Internal Oscillator Block:
 - 8 user-selectable frequencies, from 31 kHz to 8 MHz
 - User-tunable to compensate for frequency drift
- Secondary Oscillator using Timer1 @ 32 kHz
- Dual Oscillator options allow microcontroller and USB module to run at different clock speeds
- Fail-Safe Clock Monitor:
 - Allows for safe shutdown if any clock stops

Peripheral Highlights:

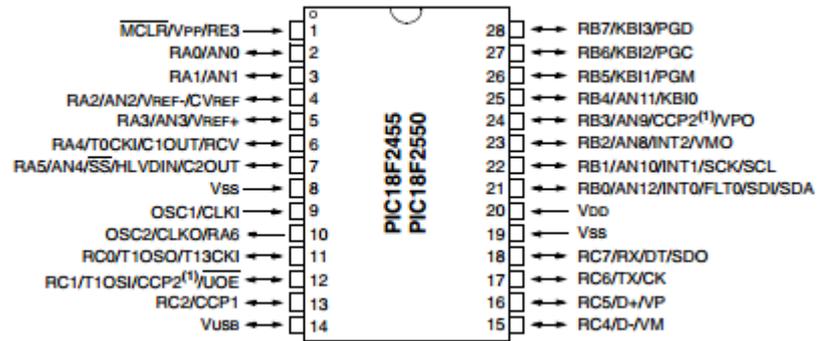
- High-Current Sink/Source: 25 mA/25 mA
- Three External Interrupts
- Four Timer modules (Timer0 to Timer3)
- Up to 2 Capture/Compare/PWM (CCP) modules:
 - Capture is 16-bit, max. resolution 5.2 ns (Tcy/16)
 - Compare is 16-bit, max. resolution 83.3 ns (Tcy)
 - PWM output: PWM resolution is 1 to 10-bit
- Enhanced Capture/Compare/PWM (ECCP) module:
 - Multiple output modes
 - Selectable polarity
 - Programmable dead time
 - Auto-shutdown and auto-restart
- Enhanced USART module:
 - LIN bus support
- Master Synchronous Serial Port (MSSP) module supporting 3-wire SPI (all 4 modes) and I²C™ Master and Slave modes
- 10-bit, up to 13-channel Analog-to-Digital Converter module (A/D) with Programmable Acquisition Time
- Dual Analog Comparators with Input Multiplexing

Special Microcontroller Features:

- C Compiler Optimized Architecture with optional Extended Instruction Set
- 100,000 Erase/Write Cycle Enhanced Flash Program Memory typical
- 1,000,000 Erase/Write Cycle Data EEPROM Memory typical
- Flash/Data EEPROM Retention: > 40 years
- Self-Programmable under Software Control
- Priority Levels for Interrupts
- 8 x 8 Single-Cycle Hardware Multiplier
- Extended Watchdog Timer (WDT):
 - Programmable period from 41 ms to 131s
- Programmable Code Protection
- Single-Supply 5V In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) via two pins
- In-Circuit Debug (ICD) via two pins
- Optional dedicated ICD/ICSP port (44-pin devices only)
- Wide Operating Voltage Range (2.0V to 5.5V)

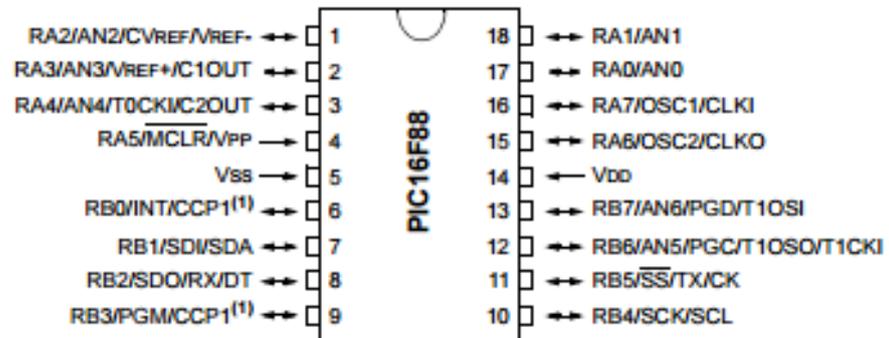
Device	Program Memory		Data Memory		I/O	10-Bit A/D (ch)	CCP/ECCP (PWM)	SPP	MSSP		EAUSART	Comparators	Timers 8/16-Bit
	Flash (bytes)	# Single-Word Instructions	SRAM (bytes)	EEPROM (bytes)					SPI	Master I ² C™			
PIC18F2455	24K	12288	2048	256	24	10	2/0	No	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F2550	32K	16384	2048	256	24	10	2/0	No	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F4455	24K	12288	2048	256	35	13	1/1	Yes	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F4550	32K	16384	2048	256	35	13	1/1	Yes	Y	Y	1	2	1/3

28-Pin PDIP, SOIC



ANEXO 5.- DATASHEET PIC 16F88

18-Pin PDIP, SOIC



18/20/28-Pin Enhanced Flash MCUs with nanoWatt Technology

Low-Power Features:

- Power-Managed modes:
 - Primary Run: RC oscillator, 76 μ A, 1 MHz, 2V
 - RC_RUN: 7 μ A, 31.25 kHz, 2V
 - SEC_RUN: 9 μ A, 32 kHz, 2V
 - Sleep: 0.1 μ A, 2V
- Timer1 Oscillator: 1.8 μ A, 32 kHz, 2V
- Watchdog Timer: 2.2 μ A, 2V
- Two-Speed Oscillator Start-up

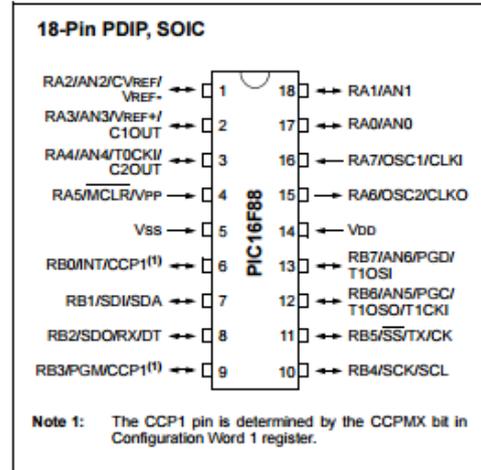
Oscillators:

- Three Crystal modes:
 - LP, XT, HS: up to 20 MHz
- Two External RC modes
- One External Clock mode:
 - ECIO: up to 20 MHz
- Internal oscillator block:
 - 8 user selectable frequencies: 31 kHz, 125 kHz, 250 kHz, 500 kHz, 1 MHz, 2 MHz, 4 MHz, 8 MHz

Peripheral Features:

- Capture, Compare, PWM (CCP) module:
 - Capture is 16-bit, max. resolution is 12.5 ns
 - Compare is 16-bit, max. resolution is 200 ns
 - PWM max. resolution is 10-bit
- 10-bit, 7-channel Analog-to-Digital Converter
- Synchronous Serial Port (SSP) with SPI™ (Master/Slave) and I²C™ (Slave)
- Addressable Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter (AUSART/SCI) with 9-bit address detection:
 - RS-232 operation using internal oscillator (no external crystal required)
- Dual Analog Comparator module:
 - Programmable on-chip voltage reference
 - Programmable input multiplexing from device inputs and internal voltage reference
 - Comparator outputs are externally accessible

Pin Diagram



Special Microcontroller Features:

- 100,000 erase/write cycles Enhanced Flash program memory typical
- 1,000,000 typical erase/write cycles EEPROM data memory typical
- EEPROM Data Retention: > 40 years
- In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) via two pins
- Processor read/write access to program memory
- Low-Voltage Programming
- In-Circuit Debugging via two pins
- Extended Watchdog Timer (WDT):
 - Programmable period from 1 ms to 268s
- Wide operating voltage range: 2.0V to 5.5V

Device	Program Memory		Data Memory		I/O Pins	10-bit A/D (ch)	CCP (PWM)	AUSART	Comparators	SSP	Timers 8/16-bit
	Flash (bytes)	# Single-Word Instructions	SRAM (bytes)	EEPROM (bytes)							
PIC16F87	7168	4096	368	256	16	N/A	1	Y	2	Y	2/1
PIC16F88	7168	4096	368	256	16	1	1	Y	2	Y	2/1

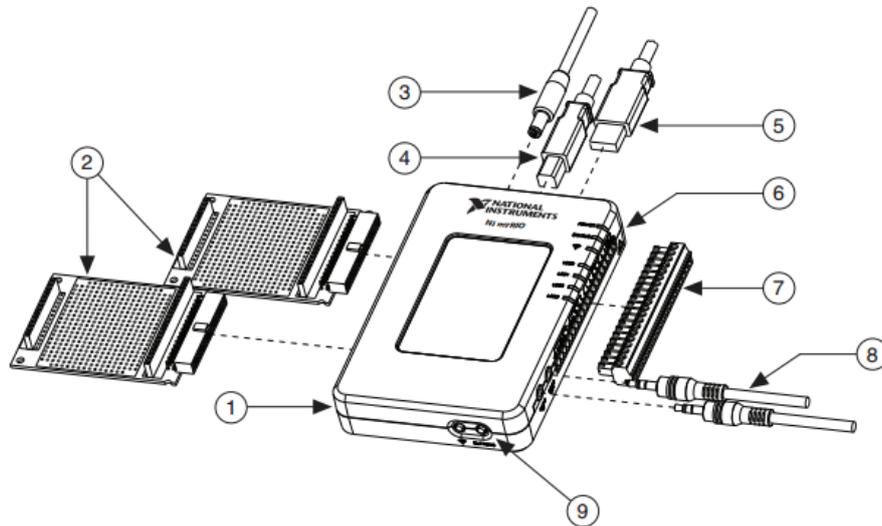
ANEXO 6.- NI MYRIO-1900

USER GUIDE AND SPECIFICATIONS

NI myRIO-1900

The National Instruments myRIO-1900 is a portable reconfigurable I/O (RIO) device that students can use to design control, robotics, and mechatronics systems. This document contains pinouts, connectivity information, dimensions, mounting instructions, and specifications for the NI myRIO-1900.

Figure 1. NI myRIO-1900



- | | |
|--|---|
| 1 NI myRIO-1900 | 6 LEDs |
| 2 myRIO Expansion Port (MXP) Breakouts (One Included in Kit) | 7 Mini System Port (MSP) Screw-Terminal Connector |
| 3 Power Input Cable | 8 Audio In/Out Cables (One Included in Kit) |
| 4 USB Device Cable | 9 Button0 |
| 5 USB Host Cable (Not Included in Kit) | |

ANEXO 7.- CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN DEL ARDUINO PRO MICRO

```
int blinkLed=7;
int sensorPin=0;
int sum=0;
int avgrange=50;
int sensorValue;
int i,media,d;
float cm,inch;
String metros="";

void setup()
{
  Serial1.begin(9600);
}

void loop() {

  d=analogRead(sensorPin);
  digitalWrite(blinkLed,HIGH);
  delay(d);
  digitalWrite(7,LOW);
  delay(d);

  cm = ((d / 2) * 2.54)/100;
  inch = d/2;

  metros = String(cm);

  Serial1.print("M2
:"+metros);

  for(i = 0; i < avgrange ; i++) {
    sum+=analogRead(sensorPin);
    delay(10);
  }
  media = sum/avgrange;
  sum=0;
  media=0;
}
```

ANEXO 8.- CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN DEL PIC 18F2550 SMB

```
#include <18F2550.h>
#device adc=10
#fuses INTRC, NOWDT, NOWDT, NOMCLR
#USE DELAY(CLOCK=4M)
INT16 X;

VOID MAIN()
{ SETUP_ADC_PORTS(PIN_A0);
  SETUP_ADC(ADC_CLOCK_INTERNAL);
  SET_ADC_CHANNEL(0);
  SET_TRIS_C(0X00);

DO
{
X=READ_ADC();

IF(X >= 868)
{ OUTPUT_C(2);
  DELAY_MS(500);
  OUTPUT_C(0);
  DELAY_MS(300);
}
ELSE
{
  OUTPUT_C(1);
}
}WHILE(1);
}
```

ANEXO 9.- CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN DEL PIC 16F-88

```
#include <16F88.h>
#device adc=10
#fuses HS, NOWDT, NOWDT, NOMCLR
#USE DELAY(CLOCK=12M)
INT16 X;

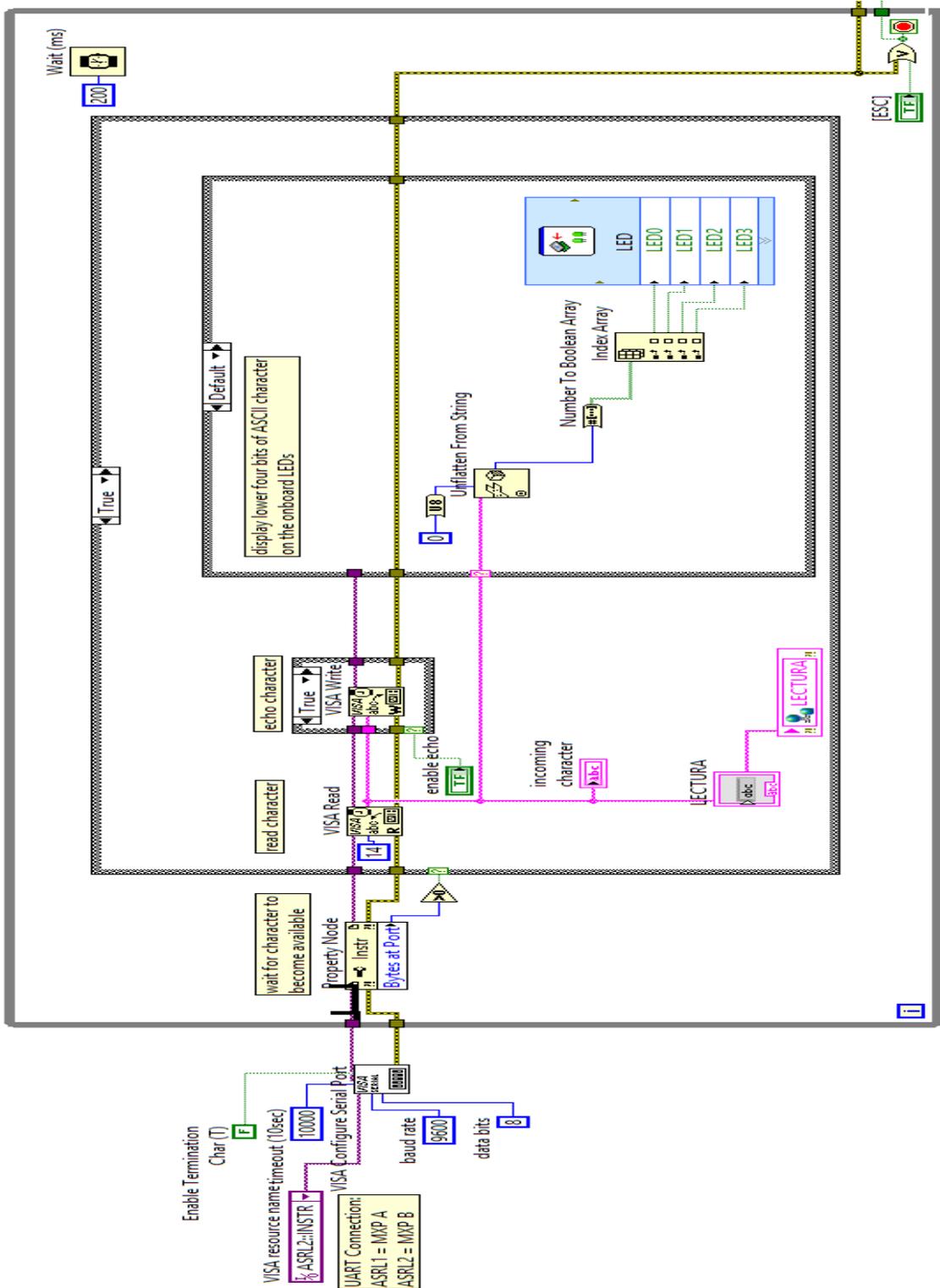
VOID MAIN()
{ SETUP_ADC_PORTS(PIN_A2);
  SETUP_ADC(ADC_CLOCK_INTERNAL);
  SET_ADC_CHANNEL(2);
  SET_TRIS_B(0X00);

DO
{
X=READ_ADC();

IF(X >= 858)
{ OUTPUT_B(128);
  DELAY_MS(500);
  OUTPUT_B(0);
  DELAY_MS(300);
}
ELSE
{
  OUTPUT_B(64);
}
}WHILE(1);
}
```

ANEXO 10.- DIAGRAMAS DE BLOQUES DE PROGRAMACIÓN DE LA TARJETA MYRIO

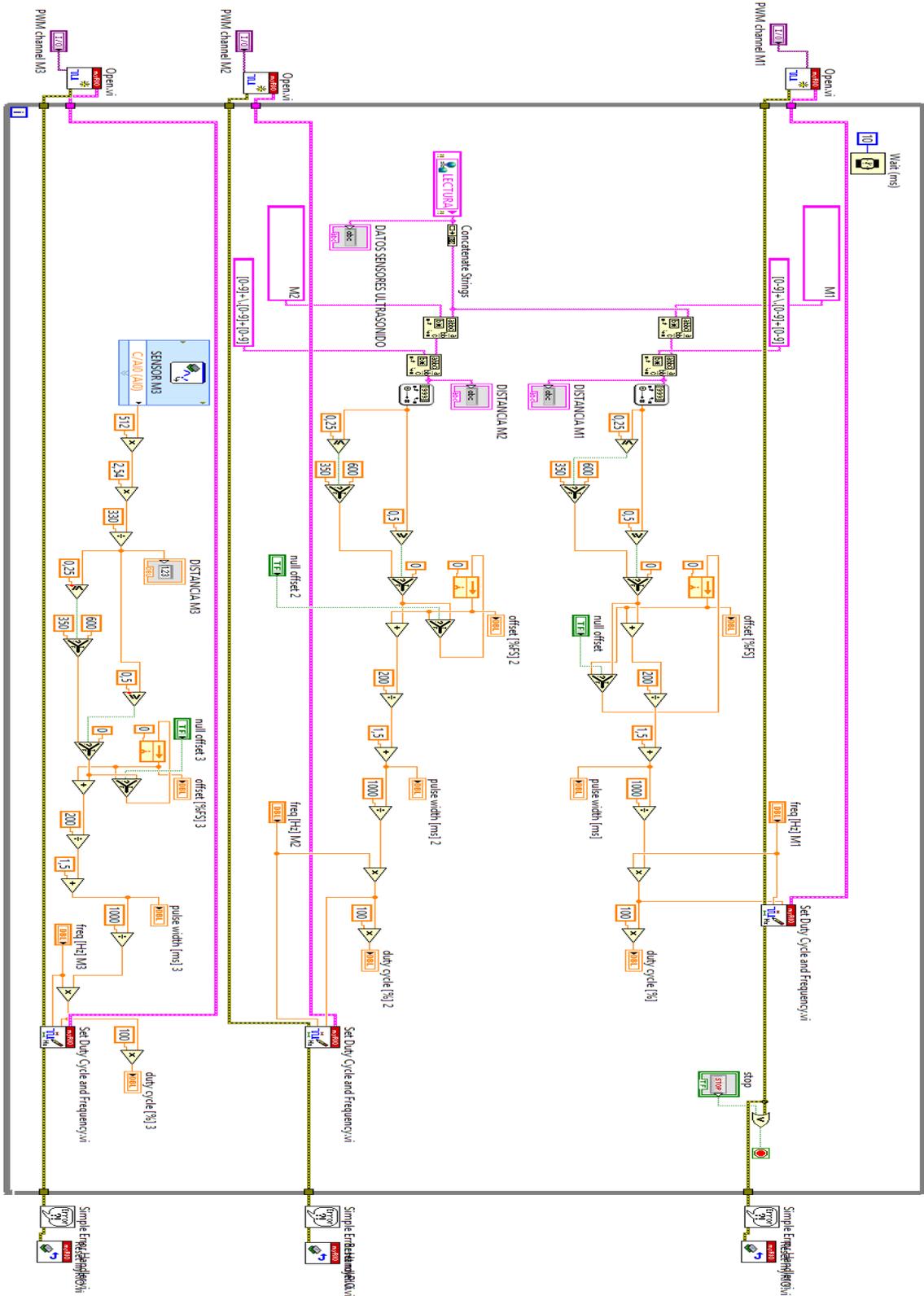
Programación recepción inalámbrica de datos



Para realizar la recepción de datos inalámbricos del módulo Xbee a la tarjeta myRIO se debe seguir los siguientes pasos:

- Se configura el canal VISA a una velocidad de transmisión de 9600 bauds
- Configurar el DATA BID a 8
- Configurar el VISA READ a 14 bytes para generar líneas de 14 caracteres siendo datos enviados por las manillas 1 y 2 en un solo renglón
- Se guarda estos datos dentro de una VARIABLE GLOBAL

Programación de depuración de datos de distancias y calibración de los motores de vibración.



Para la depuración de datos se realiza los siguientes pasos:

- Se accede a la variable GLOBAL creada anteriormente
- Se crea un bloque MATCH PATTERN uno para depura los datos de la manilla 1 y otro para la manilla 2
- Escribir la expresión que se desea depurar en REGULAR EXPRESSION: M1 para manilla 1 y M2 para manilla 2
- Se crea otros dos MATCH PATTERN uno para cada manilla conectado al anterior para realizar la segunda depuración de los datos
- En el REGULAR EXPRESSION de los segundos MATCH PATTERN se escribe la expresión $[0.9] + . / [0.9] + [0.9]$ para obtener los datos de las manillas en metros
- Se activa la entrada analógica de la tarjeta myRIO para recibir los datos emitidos por el sensor ultrasónico del cinturón
- Se realiza la operación $(an \times 512 \times 2,54) / 330$ para obtener el valor de la distancia en metros

Para la calibración de la vibración de los motores se realiza los siguientes pasos:

- Se abre un bloque de PWM
- Se habilita la opción OPEN PWM CHANNEL NAME para seleccionar los canales PWM0 y PWM1 y PWM2 que se van a utilizar
- Configurar el SET DUTY CICLE de manera que el PWM varíe según la distancia emitida por cada sensor ultrasónico
- Conectar la opción SIMPLE ERROR HANDLER con la opción RESET myRIO para resetear la tarjeta myRIO en caso ocurra un error
- Realizar esta configuración en cada uno de los tres canales PWM

Proceso para inicializar el programa de la tarjeta myRIO automáticamente al encenderse

- En la ventana de administración del proyecto se hace un clic derecho en el botón BUILD ESPECIFICATION
- Seleccionamos NEW y la opción REAL TIME APLICATION donde se abre una ventana
- En la ventana se escribe el nombre del programa de tiempo real que se va a crear
- En el cuadro de SOURCEFILES se arrastra el programa y subrutinas del proyecto
- Clic en GENERATE PREVIEW para generar el programa y luego clic en BUILD para terminar de crear el programa de tiempo real
- Se genera en la ventana del proyecto un programa con el nombre escrito anteriormente
- Clic derecho en el programa para seleccionar RUN AS STARTUP para gravar el programa en la tarjeta myRIO

De esta manera el programa se ejecutará automáticamente luego de encender la tarjeta myRIO sin tener que conectarla al computador.

ANEXO 11.-

PLANOS

DE LAS

CARCASAS

ANEXO 12.- FOTOS PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Pruebas de funcionamiento en el vecindario



Detección de un árbol en el parqueadero



Movilización en el vecindario



Detección de paredes

Pruebas de funcionamiento en el centro de la ciudad



Cruce de calles de la ciudad



Cruce de calles de la ciudad



Movilidad por la ciudad

Pruebas de funcionamiento en centros comerciales



Movilización dentro del centro comercial



Detección de obstáculos en el patio de comidas



Movilización en el parqueadero del centro comercial

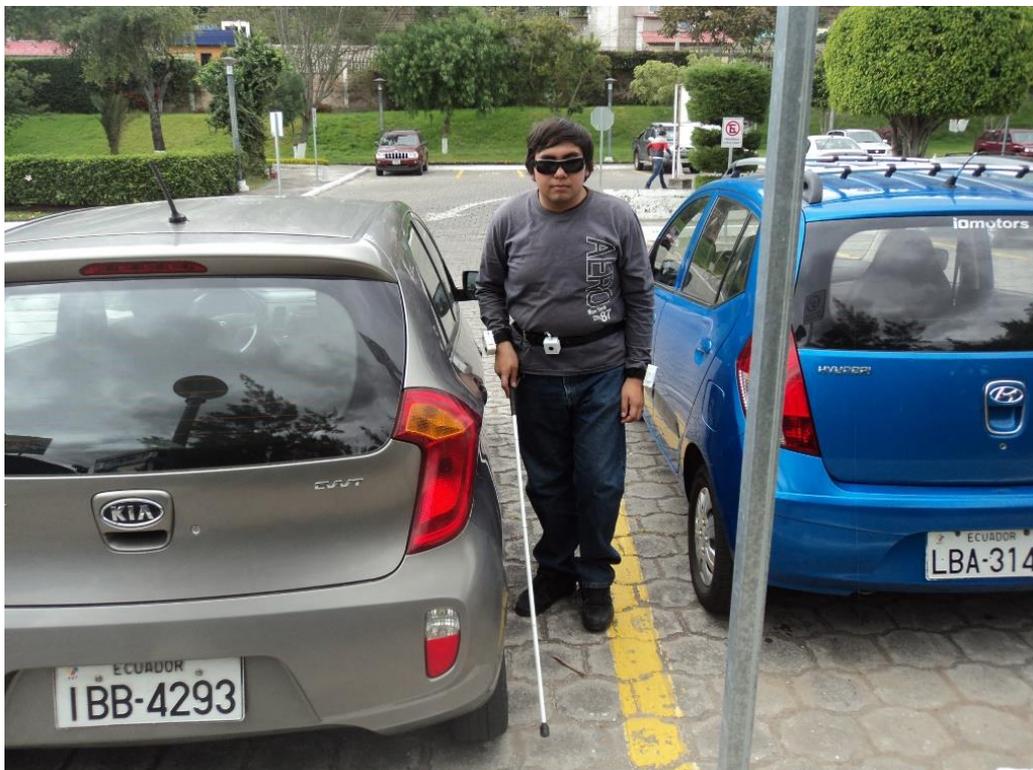
Pruebas de funcionamiento en la Universidad Técnica del Norte



Ingreso a la Universidad



Movilización en campus universitario



Detección de postes y vehículos