

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
ESCUELA DE POSGRADO
UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA
ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



**“DESARROLLO DE UN PROTECTOR FACIAL CON TECNOLOGÍA
ULTRASÓNICA Y DETECCIÓN IR PARA LA MEJORA DEL
DESPLAZAMIENTO DE PERSONAS INVIDENTES – COVID 19”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN
CIENCIAS DE LA ELECTRÓNICA CON MENCIÓN EN INGENIERÍA
BIOMÉDICA**

AUTOR: HOYOS RIVAS, FERNANDO ANTONIO
ASESORA: MAG. MEZA ZAMATA, JESSICA ROSARIO

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'J. Meza Zamata', located to the right of the advisor's name.

LINEA DE INVESTIGACIÓN: INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'F. Hoyos Rivas', located to the right of the research line text.

Callao, 2022
PERÚ

INFORMACIÓN BÁSICA

FACULTAD: INGENIERIA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA (FIEE)

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

TÍTULO: “DESARROLLO DE UN PROTECTOR FACIAL CON TECNOLOGÍA ULTRASÓNICA Y DETECCIÓN IR PARA LA MEJORA DEL DESPLAZAMIENTO DE PERSONAS INVIDENTES - COVID 19”

AUTOR: FERNANDO ANTONIO HOYOS RIVAS

CÓDIGO ORCID: 0000-0002-4213-3077

DNI: 09854537

ASESOR: JESSICA ROSARIO MEZA ZAMATA

CÓDIGO ORCID: 0000-0002-7999-9464

DNI: 43266709

LUGAR DE EJECUCIÓN: DISTRITO DE LIMA - PERÚ

UNIDAD DE ANÁLISIS: FUNCIONAMIENTO DE PROTECTOR FACIAL PARA INVIDENTES

TIPO: APLICADA

ENFOQUE: CUANTITATIVO

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: EXPERIMENTAL

TEMA OCDE: CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

MIEMBROS DEL JURADO

Dr. ADAN ALMIRCAR, TEJADA CABANILLAS : PRESIDENTE
Mg. JORGE ELIAS, MOSCOSO SANCHEZ : SECRETARIO
Mg. JUAN NEIL, MENDOZA NOLORBE : VOCAL
Msc. CARLOS HUMBERTO, ALFARO RODRIGUEZ : VOCAL

ASESORA: MG. MEZA ZAMATA, JESSICA ROSARIO

Nº ACTA : 004-2022
Nº DE LIBRO : 001
FOLIO : 117
FECHA DE APROBACION : 25 DE ABRIL 2022
RESOLUCION DIRECTORAL : N.º 017-2022-DUPFIEE

DEDICATORIA

Dedico esta investigación a Dios, porque gracias a él todo se puede. A la memoria de mi padre Norman Hoyos y a mi madre Socorro Rivas hoy presente brindando su apoyo.

Fernando Antonio Hoyos Rivas

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por ser mi mentor y guía.

A mi padre Norman Hoyos que está en el cielo y mi madre Socorro Rivas hoy presente que me formaron para ser hombre de bien.

Al Dr. Juan Herber Grados por su orientación al inicio de este trabajo de investigación.

A mi asesora, por su valiosa orientación en el desarrollo del presente trabajo.

A todos mis profesores de la Maestría en Ciencias de la Electrónica con Mención en Ingeniería Biomédica.

Fernando Antonio Hoyos Rivas

ÍNDICE

TABLAS DE CONTENIDO	3
TABLAS DE GRÁFICOS	4
RESUMEN	6
RIASSUNTO	7
INTRODUCCIÓN	8
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
1.1. Descripción de la realidad problemática	9
1.2. Formulación del problema	11
1.2.1. Problema general	11
1.2.2. Problemas específicos	11
1.3. Objetivos	11
1.3.1. Objetivo general	11
1.3.2. Objetivos específicos	11
1.4. Justificación	12
1.5. Limitantes de la investigación	13
II. MARCO TEÓRICO	14
2.1. Antecedentes	14
2.1.1. Antecedentes internacionales	14
2.1.2. Antecedentes nacionales	17
2.2. Bases teóricas	18
2.3. Marco Conceptual	21
2.4. Definición de términos básicos	22
III. HIPÓTESIS Y VARIABLES	23
3.1. Hipótesis	23
Hipótesis general	23
Hipótesis específicas	23
Definición conceptual de variables	23
3.1.1. Operacionalización de variables	24
IV. DISEÑO METODOLÓGICO	25
4.1. Tipo y diseño de investigación	25
4.2. Método de investigación	48
4.3. Población y muestra	48

4.4.	Lugar de estudio y periodo desarrollado	48
4.5.	Técnicas e instrumentos para la recolección de la información	48
4.6.	Análisis y procesamiento de datos	50
4.7.	Aspectos éticos en investigación	50
V.	RESULTADOS	51
5.1.	Resultados descriptivos	51
5.2.	Resultados inferenciales	55
VI.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	60
VII.	CONCLUSIONES	61
VIII.	RECOMENDACIONES	62
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
	ANEXOS	68
	Anexo N°1: Matriz de consistencia	69
	Anexo N°2: Programación en lenguaje Assembler del receptor desarrollado en MPLAB	70
	Anexo N°3: Programación en lenguaje Assembler del transmisor desarrollado en IDE de MPLAB	79
	Anexo N°4: Diseño 3D del prototipo del protector facial de tecnología ultrasónica y señalización IR	83
	Anexo N°5: Modelo de cuestionario anónimo de satisfacción	84
	Anexo N°6: Modelo de guía de observación del funcionamiento del protector facial	85
	Anexo N°7: Datasheet de ISD1400	86
	Anexo N°8: Datasheet de PIC16F628A	94
	Anexo N°9: Datasheet de PIC16F877A	100

TABLAS DE CONTENIDO

Tabla N°01: Operacionalización de variables	24
Tabla N°02: Escala de evaluación	49
Tabla N°03: “Resultados del cuestionario”	51
Tabla N°04: “Resultados promedios por pregunta de Seguridad Vial”	52
Tabla N°05: “Resultados promedios por pregunta de desplazamiento”	53
Tabla N°06: “Resultados de la guía de observación ejecutada”	54

TABLAS DE GRÁFICOS

Figura N°01: Números de casos de COVID-19 y número de fallecimientos al mes de octubre 2021	10
Figura N°02: Rango de medición IR	19
Figura N°03: Arquitectura Harvard	21
Figura N°04: “Escala de visión y sus categorías”	22
Figura N°05: “Interacción entre sistema 1 (Señalización) y sistema 2 (Protector facial) mediante microcontroladores”	26
Figura N°06: “Pines de salida de PIC16F628A”	28
Figura N°07: “Circuito del regulador de voltaje del transmisor”	28
Figura N°08: “Pines de salida de PIC16F628A”	29
Figura N°09: “Etapa de salida de la señal en el circuito transmisor”	30
Figura N°10: “Especificaciones del módulo VS 1838B”	31
Figura N°11: “Módulo VS1838B”	31
Figura N°12: “Etapa del módulo IR, zumbador y buzzer”	32
Figura N°13: “Diagrama de bloques del circuito integrado ISD1400”	33
Figura N°14: “Circuito transmisor”	36
Figura N°15: “Sistema electrónico del protector facial”	37
Figura N°16: “Etapa de módulo ultrasonido a 1.5m”	38
Figura N°17: “Circuito de la etapa del módulo infrarrojo”	39
Figura N°18: “Circuito transmisor capa Botton layer”	40
Figura N°19: “Circuito transmisor capa Top Overlay”	40
Figura N°20: “Circuito transmisor capa Botton Layer y Top Overlay”	41
Figura N°21: “Circuito receptor capa Botton layer”	41
Figura N°22: “Circuito receptor capa Top Overlay”	42
Figura N°23: “Circuito receptor capa Botton Layer y Top Overlay”	42
Figura N°24: “Tarjeta de sonido con ISD1400 ISSD 1402 ISD 1420”	43
Figura N°25: “Prototipo del protector facial”	44

Figura N°26: “Definición del microcontrolador PIC16f628A”	45
Figura N°27: “Desarrollo de la programación de rutinas”	46
Figura N°28: “Programación general”	47
Figura N°29: “Resultados en método gráfico de barras respecto a las preguntas de Seguridad Vial”	52
Figura N°30: “Resultados en método gráfico de barras respecto a las preguntas de desplazamiento”	53
Figura N°31: “Modelado 3D del protector facial y señalización IR”	55
Figura N°32: “Modo óptico del protector facial”	56
Figura N°33: “Perspectiva desde el interior del protector facial”	56
Figura N°34: “Vista oculta de las señalizaciones IR”	57
Figura N°35: “Vista frontal del protector implementado”	57
Figura N°36: “Vista de perfil del protector implementado”	58
Figura N°37: “Pruebas con señalización IR”	58
Figura N°38: “Pruebas de interacción con personas para el distanciamiento social de 1.5m”	59

RESUMEN

La presente investigación utiliza los principios y fundamentos de los sistemas de modulación de señales infrarrojas y ultrasónicas, diseñando para este fin un sistema embebido, que está encargado de leer módulos emisores de tramas o señales infrarrojas que estarán codificadas para señalar lugares y brindar información de la orientación dentro de un ambiente cerrado y que, en adición, estará integrado un módulo ultrasónico para poder detectar la proximidad de los obstáculos con el fin de no colisionar con ellos o mantenerse a una distancia del obstáculo las personas invidentes, esta aplicación electrónica nos permite la detección, señalización y la interacción con objetos del medio ambiente.

Este trabajo de investigación se centra en el problema de la pérdida de visión enfocando de esta manera la adaptabilidad de sistema electrónico integrado a un protector facial hoy usado para defendernos del COVID 19.

Este sistema basa su diseño principalmente en un microcontrolador de 8 bits que se encargará de poder dar funcionalidad al sistema electrónico

Los objetivos más importantes de este trabajo de investigación es diseñar e implementar un prototipo funcional de protector facial mediante un sistema electrónico con lector de codificación por infrarrojo y detector de obstáculos por ultrasonido para ayudar a invidentes a leer posibles avisos dentro de un ambiente, los cuales estarán codificados mediante transmisores infrarrojos y la 2da función es que este aparato puede detectar proximidad de obstáculos mediante un trasmisor y receptor de ultrasonido así como se orientan y detectan los obstáculos los murciélagos.

De esta manera este sistema dará información en cada momento al invidente de información codificada para leer señalizadores mediante el infrarrojo y mantenerse distante del objeto o persona que tiene próximo a él mediante el ultrasonido y de esta manera mejorar la calidad de vida de una persona que ha perdido su capacidad visual o nació sin esta.

Palabras claves: personas invidentes, infrarrojo, proximidad, ultrasónica, protector facial, COVID 19

RIASSUNTO

La presente indagine utilizza i principi e i fondamenti dei sistemi di modulazione dei segnali infrarossi e ultrasonici, disegnando a questo scopo un sistema integrato, che si incarica di leggere i moduli emettitori di fotogrammi o di segnali infrarossi che saranno codificati per segnalare luoghi e fornire informazioni di orientamento all'interno di un ambiente chiuso. Inoltre, sarà integrato un modulo ultrasonico in grado di rilevare la prossimità di ostacoli affinché non si scontrino con tali ostacoli o per mantenere le persone non vedenti a distanza dall'ostacolo. Questa applicazione elettronica permetterà il rilevamento, la segnalazione e l'interazione con gli oggetti presenti nell'ambiente.

Il presente lavoro di ricerca è incentrato sul problema della perdita della vista, concentrandosi sull'adattabilità del sistema elettronico integrato a uno schermo facciale attualmente utilizzato per proteggerci da COVID 19. Questo sistema è basato principalmente su un microcontrollore a 8 bit che sarà incaricato della funzionalità del sistema elettronico.

Gli obiettivi più importanti di questo lavoro di indagine è disegnare e implementare un prototipo funzionale di scudo facciale utilizzando un sistema elettronico con un lettore di codici a infrarossi e un rilevatore di ostacoli a ultrasuoni per aiutare le persone non-vedenti a leggere delle possibili segnalazioni all'interno di un ambiente, che saranno codificate attraverso trasmettitori infrarossi; e la seconda funzione è che questo dispositivo riesce a rilevare la vicinanza di ostacoli attraverso un trasmettitore e un ricevitore di ultrasuoni, proprio come i pipistrelli che si orientano e rilevano gli ostacoli.

In questo modo, il sistema fornirà alla persona non vedente informazioni codificate in ogni momento per leggere segnaletica attraverso gli infrarossi e per mantenere la distanza dall'oggetto o dalla persona vicina per mezzo degli ultrasuoni, contribuendo così a migliorare la qualità della vita di una persona che ha perso la capacità visiva o è nata senza di questa.

Parole chiave: non vedenti, infrarossi, prossimità, ultrasuoni, schermo facciale, COVID 19

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, las personas que padecen de ceguera, discapacidad absoluta o relativa que impide percibir de manera correcta la actividad sensorial del órgano de la vista, poseen un rol especial dentro de la sociedad, esto es debido a la necesidad latente que ellos presentan para poder realizar sus actividades básicas con normalidad. El presente proyecto de tesis posee un enfoque de alternativa de solución oportuna mediante la electrónica para aquellas personas invidentes que en el vigente estado de emergencia sanitaria a causa de la pandemia a nivel mundial lo requieran. El modelo planteado propone el diseño de un sistema de uso externo y ubicado estratégicamente en un protector facial de fácil transporte, así como la creación de señalizaciones de transmisión y recepción IR, de modo que se pretende que la interacción del usuario solo se produzca con el entorno a través de las distintas señales ubicadas en zonas estratégicas para normalizar el desenvolvimiento del usuario en la sociedad. Ello mejorará el desplazamiento y el posicionamiento de las personas invidentes dentro de tanto lugares cerrados, como lugares abiertos. En el texto que se presenta a continuación, se evalúa la problemática en la cual se centra el proyecto de tesis para definir los objetivos e hipótesis a contrastar en el desarrollo completo de la investigación, se presenta parte del marco teórico como antecedentes nacionales e internacionales relativos al tema expuesto, información teórica básica, variables de investigación, metodología de estudio así como todos los ítems comprendidos acorde la directiva N°013-2018R de la Universidad Nacional del Callao.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Determinación del problema

Entre los principales problemas de salud y/o afecciones que involucra a un considerable sector de la humanidad, se encuentran aquellos que afectan o inhabilitan de forma directa o indirecta respectivamente a los sentidos del cuerpo humano, de tal modo que convierten a la persona referida en una persona con discapacidad parcial o total para realizar diversas actividades en su quehacer diario.

Según el portal web de la OMS se indica que, al año 2021 existen al menos 1300 millones de personas en el mundo que padecen de alguna deficiencia visual y que en su mayoría, esta población se encuentra conformada por personas mayores de 50 años aproximadamente. [1] Aquellas personas que padecen de dicha discapacidad, se tornan muy vulnerables a accidentes, diferencias sociales e incluso, problemas de depresión y/u otros psicológicos, derivados de un cambio del estilo de vida o acrecentados por el entorno donde se desarrollan.

En el capítulo 3 del “Psicología y ceguera: Manual para la intervención psicológica en el ajuste a la discapacidad visual”, libro escrito por un grupo de profesionales de la Organización Nacional de Ciegos Españoles (ONCE), se describen los efectos repercusivos psicopatológicos a causa de la pérdida de la función visual, entre los principales se encuentran: ansiedad, depresión y rechazo. [2] Según la Unión Mundial de Ciegos (UMC) por medio del portal informativo Infocop Online, dichos problemas se vienen incrementando durante el desarrollo de la presente pandemia debido al distanciamiento social obligatorio, alegan por medio de los entrevistados que, si antes muchos ciegos se sentían aislados de la sociedad, hoy se sienten mucho más aislados y sin apoyo por parte de los peatones para desenvolverse en espacios públicos. [3]

Cabe mencionar que, si bien las medidas actuales de vacunación representan un gran avance, es necesario destacar que el impacto del virus es una realidad inevitable, hoy en día las personas tanto vacunadas como las que no, siguen

presentando infecciones. Ello se puede apreciar en el incremento de casos presentado a nivel global a la fecha actual, datos publicados en el portal de la BBC News, donde se alega que pocos países están salvándose. [4]

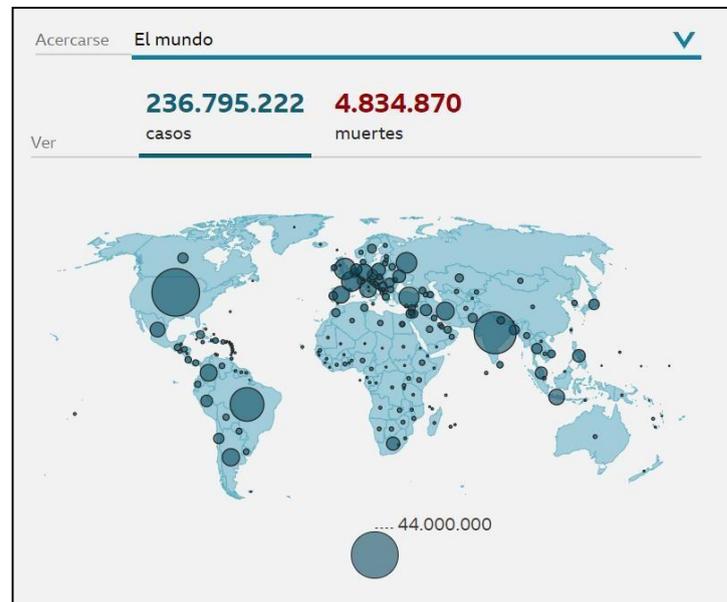


Figura Nº01: Números de casos de COVID-19 y número de fallecimientos al mes de octubre 2021

Fuente: Universidad Johns Hopkins (Baltimore, EE.UU.), autoridades locales [5]

Como consecuencia de la realidad presentada es necesario destacar que la situación actual es una realidad inevitable y que, para frenar el incremento del contagio de COVID -19 y sus variantes que día a día suponen una lucha para la ciencia y medicina contra el factor mutagénico del virus y el peligro que representa es necesario buscar nuevas medidas para mantener la seguridad ciudadana y acercarnos cada vez más a la normalidad incluso en tiempos de restricciones.

Ante lo expuesto en el párrafo anterior, se requiere de tomar medidas de asistencia para el sector de personas con problemas de visión o ceguera sin exponerlas en riesgo de pandemia. El presente proyecto de tesis, se enfoca en una alternativa de solución para el problema existente por medio de la electrónica biomédica, para ello se plantea un prototipo de protector facial con sistema

electrónico por infrarrojo y ultrasonido para ayuda a invidentes, efectuando un estudio previo del tipo de materiales, sensores, y otros, peso, dimensiones y funcionalidades necesarias.

1.2. Formulación del problema

De lo expuesto en la sección anterior se formulan las siguientes interrogantes de investigación.

1.2.1. Problema general

¿En qué medida el desarrollo de un protector fácil con tecnología ultrasónica y detección IR mejorará el desplazamiento de personas invidentes - COVID 19?

1.2.2. Problemas específicos

- **PE1:** ¿En qué medida el desarrollo de un protector facial con tecnología ultrasónica y detección IR mejorará la seguridad vial en personas invidentes - COVID 19?
- **PE2:** ¿En qué medida un sensor infrarrojo ayudara en el desplazamiento de personas invidentes - COVID 19?

1.3. Objetivos

De los problemas planteados en el apartado previo, se proponen los objetivos a alcanzar durante el periodo de desarrollo de la investigación:

1.3.1. Objetivo general

- Diseñar un prototipo de protector facial con tecnología ultrasónica y detección IR para mejorar el desplazamiento de personas invidentes

1.3.2. Objetivos específicos

- **OE1:** Desarrollar un protector facial con tecnología ultrasónica y detección IR para mejorar la seguridad vial de personas invidentes - COVID 19

- **OE2:** Aplicar un sensor infrarrojo para ayudar en el desplazamiento de personas invidentes – COVID 19

1.4. Justificación

A continuación, se muestran las razones que sostienen el propósito de la investigación, en la cual se abarcan aquellas de carácter, teórico, tecnológico, económico y social.

1.4.1. Teórica

La presente investigación abarca teoría de circuitos electrónicos y eléctricos, así como principios de ondas electromagnéticas para comprender el funcionamiento de las ondas infrarrojas, del mismo modo implicará el conocimiento de lenguaje de programación para microcontroladores a fin de poder desarrollar el prototipo propuesto.

1.4.2. Tecnológica

Se tomará en cuenta la tecnología más adecuada para el desarrollo del sistema embebido, acorde con componentes electrónicos a utilizar, diseño de placas en fibra de vidrio, circuitería auxiliar, las versiones más adecuadas respecto a funcionalidad, requerimientos para la elección del microcontrolador y la elección de interfaz de programación en la cual se desarrollará el código.

1.4.3. Económica

De la investigación se considera el factor económico, no solo para quien la realiza sino para quien se encuentra dirigida, ante ello, se procura el uso de materiales y herramientas de bajo costo de adquisición, pero alto grado de funcionalidad, entre ellos, el uso de programas gratuitos para el trabajo de diseño (sin requerimiento de licencia).

1.4.4. Social

Con el desarrollo de esta investigación, se pretende generar un impacto social respecto a las personas invidentes, ya que el uso del protector facial mejorará la independencia y desenvolvimiento de las mismas dentro de la sociedad, así elevará su seguridad para poder interactuar con otras personas ante un incremento de la seguridad en sus movimientos y, por ende, mejora de autoestima. Adicional a ello, el diseño de un protector facial incentiva al uso del mismo, de esta forma se cumplirán los protocolos de salubridad establecidos en el actual marco de pandemia a causa del impacto del COVID – 19.

1.5. Limitantes de la investigación

El proyecto de tesis toma como muestra una población limitada de personas con problemas de visión o ceguera (personas invidentes) cuyo problema es la movilidad y la falta de asistencia para desplazarse con normalidad. Ante ello se presentan las siguientes limitantes de investigación:

1.5.1. Teórica

Entre las investigaciones afines al presente proyecto se encontraron pocos referentes de origen peruano, incluso a nivel global, existen casos similares respecto al diseño de bastones de direccionamiento, pero no de la naturaleza exacta planteada como un protector facial.

1.5.2. Espacial

Respecto a límites espaciales, este proyecto de investigación se ve reducido en alcances de estudio a un gran número de población, esto se debe a la actual pandemia y el distanciamiento social.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio

En el presente apartado se muestran los trabajos de tesis de maestría y doctorado relativos al tema de investigación, entre ellos se encuentran:

2.1.1. Antecedentes internacionales

Alvarado, Juan (2018) en su tesis de maestría en Automática titulada “Sistema anticolidión para invidentes” tuvo como objetivo el estudio del impacto de un dispositivo electrónico de propia autoría, el cual mediante tecnología de inteligencia artificial de detección de objetos estáticos y en movimiento a través de una red neuronal compuesta por 10 cromosomas y que por medio sonar emitido por sensores ultrasónicos incorporados dentro de un chaleco tenía como propósito brindar asertividad de movimiento ante obstáculos y un buen direccionamiento del usuario invidente. La metodología empleada para el desarrollo de la investigación fue del tipo experimental, esto es debido a que se realizaron pruebas de implementación y con usuarios para verificar la efectividad del producto final. El instrumento de validación de resultados fue por medio de la encuesta, la cual en 6 preguntas buscó recolectar información acerca del funcionamiento según la experiencia realizada en las pruebas. Finalmente, de la investigación se obtuvieron resultados favorables, cumpliendo entre ellos, el funcionamiento de detección de objetos en movimiento, rangos efectivos de detección de objetos a distancia y alertas en tiempo adecuado como prevención ante una colisión con objetos. [6]

Santiago, Víctor (2012) en su tesis doctoral en ingeniería gráfica titulada “Diseño, integración y experimentación de un sistema 3D de navegación para personas invidentes” que tuvo como objetivo unificar diversas tecnologías de visión y audio para la construcción de un prototipo para la ayuda de la navegación de personas invidentes. El método de investigación que se definió fue el científico y tecnológico, esto se debe a la naturaleza del problema central planteado, en ella se puede observar que es la experimentación de un nuevo sistema compuesto

por subprocesos para demostrar la funcionalidad. Durante la investigación se plantearon etapas de diseño de sensor acústico, 3D, inercial y GPS, así como la integración de todos estos módulos para lograr el modelo final y realizar las respectivas pruebas. Los resultados fueron favorables respecto al impacto generado en las personas invidentes, en ellas se reflejó un estímulo positivo frente al uso del sistema, se vio reflejado en los testimonios de las personas al demostrar que el sistema es funcional y de gran utilidad. [7]

Martínez, Rodolfo (2011), en su tesis doctoral en Electrónica y Computación titulada “Codificación del contorno de la imagen visual a patrón acústico y su decodificación realizada por invidentes” propuso un esquema de conversión de señales a códigos adquiridos por medio de un visor acústico con ondas ultrasónicas con el fin de que los invidentes puedan obtener información acerca del contorno de los objetos a su alrededor y de esta forma puedan recibir una mejor información de su entorno. Para la investigación se propone como principal objetivo el diseño de un modelo de codificación de imágenes a sonidos y se realizó el estudio mediante la metodología experimental, por medio de las siguientes fases: implementación del proceso algorítmico, caracterización de los tipos de sonidos, la implementación del algoritmo sonoro y el entrenamiento con el grupo de sujetos experimentales. Los resultados obtenidos fueron que las capacidades perceptivas de las personas, se vieron transformadas, extendidas o aumentadas en algunos casos, hecho favorable debido a que las personas invidentes poseen percepción sensorial reducida. [8]

Guerrón, Nancy (2018). En su tesis para obtener el grado de doctor en Telemedicina y Bioingeniería, titulado “Estudio y desarrollo de interfaces sensitivas de realidad virtual y aumentada para invidentes en dispositivos portátiles” tuvo como objetivo el análisis de las interfaces sensitivas que afectan primordialmente la relación entre el individuo y las aplicaciones, para obtener entendimiento de algo que se desconoce, a través de la ejecución de herramientas tecnológicas móviles de realidad virtual en dispositivos como celulares o tabletas. El autor basa su investigación considerando a la vista como el sentido de mayor importancia para las personas, ya que esta les permite

ejecutar sus labores cotidianas, observar el medio ambiente, compartir con sus seres queridos, sin embargo, cuando este sentido está inhabilitado o averiado, el individuo se pone desvalido y pierden el deseo de realizar sus actividades diarias, incluso el de relacionarse con otras personas. Las herramientas tecnológicas son capaces de dar ese apoyo para aquellos con discapacidad visual puedan llevar su vida normalmente. En esta investigación se trató de implementar sistemas que disminuyan o quiten la dependencia de las personas con discapacidad visual y hacer que estas tengan un desarrollo propio, profesional como cualquiera. Para esta investigación se ejecutaron 8 talleres, donde intervinieron 20 individuos ciegos y 5 con limitación visual. Tomando apuntes a través de la observación y grabaciones. Se analizó la capacidad y uso de interfaces de herramientas tecnológicas como también temarios de preguntas, donde los individuos en cuestión pudieron acotar sobre la aplicación usada. Los resultados que se obtuvieron brindaron información que, con una elevación en la ejecución de la voz en la interfaz de sonidos agudos y gestos, ayudaron eficazmente en el proceso de reconocimiento. A la vez se obtuvo como resultado que el sonido agudo generado y la voz, logró disminuir la molestia mental en un 70% y elevó su eficacia en un 50%. Termina concluyendo que este proyecto puede ser usado por diferentes individuos con problemas visuales o que tengan desorientación espacial cognitiva. [9]

Morillas, Christian (2006) en su tesis para obtener el grado de doctor en Arquitectura y Tecnología de Computadores, titulado "Modelos y herramientas para sistemas de rehabilitación visual" hace referencia el procesamiento de comunicación visual para personas con discapacidad o limitaciones visuales, a través de la neuroestimulación con prótesis visuales. Este proyecto de tesis genera resultados en el plano de modelación y representación de funciones biológicas inspiradas de comunicación visual, como también herramientas apegadas a la adquisición de sistemas con FPGA, analizando la data visual obtenida desde una cámara en un lapso real. El autor optó por enfocar soluciones para la corrección en la vista de personas con discapacidad, a través de herramientas tecnológicas capaces de aumentar la condición en la que viven estas personas. Como resultados que se obtuvieron se puede mencionar que el

diseño de la aplicación para la modelación del sistema pudo guiar a la ejecución de un ambiente completo para la simulación y el análisis de resultados que se experimentaron biológicamente. También es importante señalar que el uso de microcontroladores FPGA es idóneo para el desarrollo de sistemas los cuales puedan ayudar diferentes casos de discapacidad a través de estímulos nerviosos y sensoriales. Como resultado obtenemos que este proyecto de tesis combina procesos de imágenes, modelamiento sensorial como también desarrollo digital de sistemas en hardware configurable. [10]

2.1.2. Antecedentes nacionales

Según Montero, Fernández Jhon Ezrad. En su tesis para obtener el grado de Magister, titulado “Diseño del sistema de comando de una silla de ruedas motorizada mediante movimientos cervicales” tiene como objetivo desarrollar una silla de ruedas automatizada y controlada a través de la acción motora cervical. Este prototipo se basa por un algoritmo el cual es idóneo para interpretar los movimientos de la cerviz hechos por el paciente, el cual será percibido por un sistema computarizado. Este prototipo hace uso de sensores de proximidad para así impedir cualquier impacto, ayudando al paciente con discapacidad su movilidad. También hace un análisis de la problemática ya que la OMS indica que el 13% de la población tiene alguna clase de discapacidad. Argumentando esta problemática poblacional se desarrollan diversos adelantos científicos en el plano de la electrónica, ofreciendo solventar esta problemática con la ejecución de prótesis automatizados y otros. El autor basa su investigación en la cuadriplejía la cual es una enfermedad que imposibilita el desplazamiento de los brazos y piernas, lo cual funda una sujeción disminuyendo la autoestima del individuo. Entre los pasos metodológicos a seguir fueron; en primer lugar, el análisis e investigación de antecedentes que tengan relación con el tema, seguido de un flujograma y elección de instrumentos y herramientas que cumplan lo especificado. Luego una toma de datos sensorial para la ejecución de un algoritmo el cual procesó los movimientos cervicales e indicadores sensoriales. Por último, se integró todo el sistema llegando al objetivo planteado.

Como conclusión pudo corroborar que los sensores de la silla de ruedas era el idóneo para evitar choques hasta una distancia de 50 cm. [11]

2.2. Bases teóricas

A continuación, se muestran las teorías a utilizar y que son fundamentos para poder conocer mejor el problema a solucionar en la investigación.

Espectro electromagnético

Es el intervalo donde se presentan las radiaciones electromagnéticas existentes y posibles. Ellas se dividen en grandes sectores acorde a la longitud de onda. Entre los grupos se encuentran las siguientes radiaciones: IR, radio, espectro visible, UV, rayos X, rayos Gamma, etc. [12]

Espectro infrarrojo (IR)

El espectro infrarrojo se encuentra entre los 0.7 y 100 μm de longitud de onda del amplio espectro electromagnético. La radiación del mismo está relacionada con el calor emitido por cuerpos fuente, no obstante, existen otros métodos por el cual puede ser generado, por ejemplo, los diodos emisores de luz led y láser.

El segmento infrarrojo del espectro electromagnético se divide en 3 tipos de radiación y son nombrados del siguiente modo mostrado por su posicionamiento respecto al espectro visible.

- Infrarrojo cercano: (aprox. 14000 - 4000 cm^{-1}) posee propiedades capaces de estimular vibraciones armónicas.
- Infrarrojo medio: (aprox. 4000 - 400 cm^{-1}) usado para el estudio de perturbaciones (vibraciones) fundamentales y el modelo rota-vibracional.
- Infrarrojo lejano: (aprox. 400 - 10 cm^{-1}) ubicado junto a la región de microondas, posee bajo nivel de energía y es usualmente usado en la espectroscopia rotacional. [13]

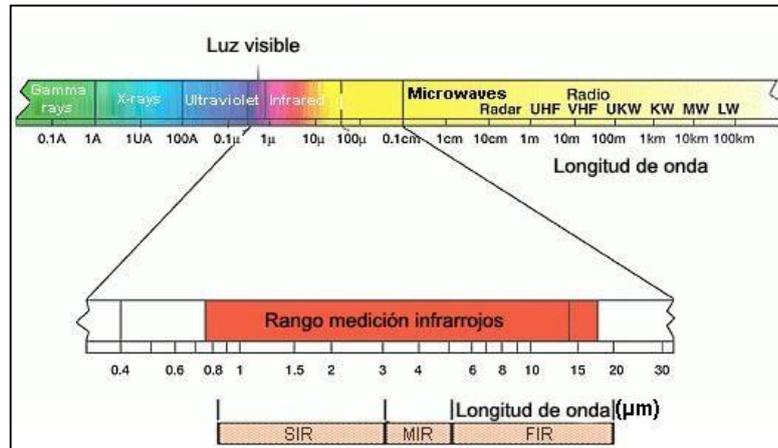


Figura N°02: Rango de medición IR

Fuente: Radiación infrarroja en el espectro de ondas

Academia Online [14]

Ondas ultrasónicas

Las ondas ultrasonoras son propagaciones vibracionales en un medio material, donde existen propiedades adecuadas de elasticidad para que estas se propaguen. Dicha longitud es muy pequeña en valor, lo cual afecta en distintos fenómenos de propagación del sonido. [15]

La velocidad del sonido es muy fácil de medir, se requiere de un medio homogéneo para hacer uso de su relación directa con el módulo de elasticidad, densidad de material, número de Poisson y su grado de homogeneidad, esta varía según el tipo de onda y ello se ve reflejado en su valor numérico [16]

Electrónica Aplicada

La electrónica aplicada es la rama de la misma dedicada al prototipado, montaje, programación, diseño e implementación de sistemas tecnológicos como proyectos o dispositivos, los cuales son capaces de realizar funciones específicas. En el desarrollo de la electrónica aplicada, se utilizarán técnicas para la etapa de implementación, como lo es el armado de circuitos, diseño de placas, testeo de medidas eléctricas, etc. A su vez, implica el dominio de herramientas como microcontroladores, lenguajes de programación y todo aquello que interactúa con los componentes. [17]

Microcontroladores

Los microcontroladores son computadores digitales integrados en un solo chip que cuentan con un microprocesador o unidad de procesamiento central (CPU), una memoria para almacenar el programa y una para almacenar datos, puertos de entrada y salida. A diferencia de los microprocesadores de propósito general, como los que se usan en las computadoras - PC, los microcontroladores son unidades autosuficientes y más económicas. El funcionamiento de los microcontroladores está determinado por el programa almacenado en su memoria. Este puede escribirse en distintos lenguajes de programación. Además, la mayoría de los microcontroladores actuales pueden reprogramarse repetidas veces. Por las características mencionadas y su alta flexibilidad, los microcontroladores son ampliamente utilizados como el cerebro de una gran variedad de sistemas embebidos que controlan maquinas, componentes de sistemas complejos, como aplicaciones industriales de automatización y robótica, domótica, equipos médicos, sistemas aeroespaciales, e incluso dispositivos de la vida diaria como automóviles, hornos de microondas, teléfonos y televisores. [18]

Arquitectura Harvard de microcontroladores

En esta arquitectura se utilizan dispositivos de almacenamiento (memorias) separados para las instrucciones y los datos, y tiene dos sistemas completos de buses, uno para datos y otro para instrucciones. Esta arquitectura permite llevar simultáneamente datos e instrucciones por lo que permite mayor rapidez. La alta funcionalidad de este tipo de arquitectura simplifica el trabajo de establecer procesos y ahorran el uso de circuitería. Entre los componentes más importantes se encuentran:

- Memoria de programa
- Memoria de datos
- CPU
- Buses de datos, dirección y control [19]

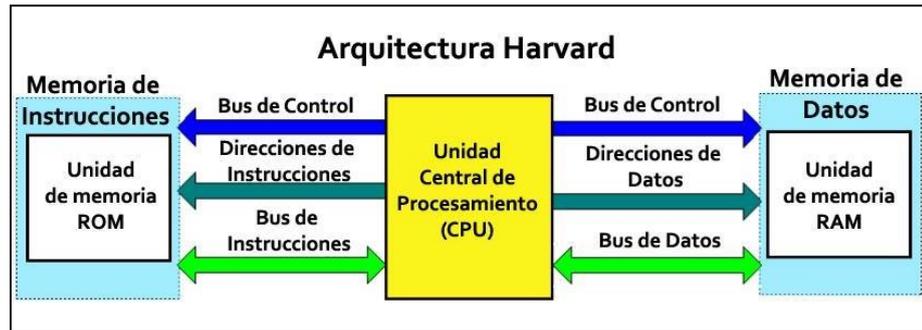


Figura N°03: Arquitectura Harvard

Fuente: UMX Programación de sistemas [20]

2.3. Marco conceptual

La ceguera

La ceguera es la falta de capacidad para observar por medio del sentido de la vista, incluso en presencia de la luz. La ceguera total es la incapacidad de ver de cualquier modo y en cualquier entorno, es un estado similar a la total oscuridad. La ceguera legal o baja visión es muy limitada respecto a una persona con ojos sanos, por ejemplo, si una persona con visión saludable observa en un rango de 10, una persona con ceguera legal, observa en un rango de 1 incluso menos. [21]

Causas de ceguera

Las siguientes enfermedades del ojo son consideradas causa de ceguera:

- El glaucoma, es la afección donde el daño es relativo al nervio óptico, enlace cuya función es la transmisión de información entre cerebro y ojo.
- La degeneración macular: enfermedad que causa destrucción parcial del ojo, generando el impedimento de observar ciertos detalles. Usualmente es afección presentada en adultos mayores.
- Las cataratas: enfermedad que provoca visión nebulosa o difusa, es común en personas mayores.
- La ambliopía: Dificultad en los detalles de visión que puede llegar a provocar la pérdida de la visión.

- La neuritis óptica: Inflamación que provoca pérdida de visión o ceguera, según el grado de infección es el grado de efecto.
- La retinitis pigmentosa hace referencia al daño de la retina, pero solo provoca ceguera en casos aislados.
- Los tumores que afectan la retina o el nervio óptico también pueden provocar ceguera. [22]

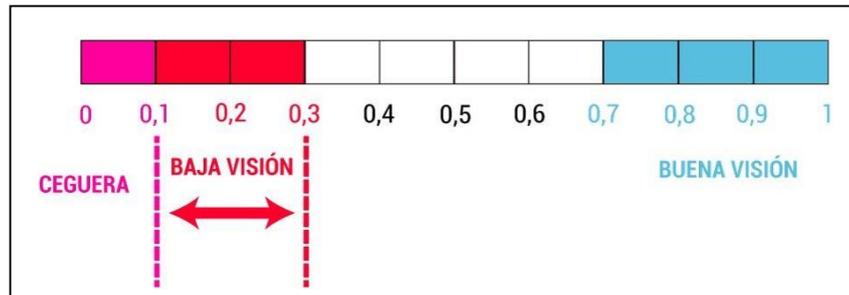


Figura N°04: “Escala de visión y sus categorías”

Fuente: Portal Web Puntooptic [23]

2.4. Definición de términos básicos

- Ceguera: Carencia o pérdida de la visión, la cual no puede ser rectificada por lentes de ningún tipo. [24]
- Sistema embebido: circuito operador capaz de realizar acciones específicas proporcionando funcionalidades modificables. [25]
- Microcontrolador: Un microcontrolador (abreviado μ C, UC o MCU) es un circuito integrado programable, capaz de ejecutar las órdenes grabadas en su memoria. Está compuesto de varios bloques funcionales, los cuales cumplen una tarea específica. [26]
- PCB: (del inglés Printed Circuit Board) es una superficie de implementación electrónica, donde se establece el diagrama de cierta circuitería a fin de desarrollar un trabajo, su material es la baquelita o fibra de vidrio. [27]
- Sensórica: se entiende tanto las unidades que emite una señal analógica, como las unidades que emite una señal binaria (encendido o apagado). En todos aquellos lugares donde no sea posible detectar magnitudes eléctricas se requiere la sensórica. [28]

CAPÍTULO III

HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

A continuación, se muestran las hipótesis a ser contrastadas en el desarrollo del informe final de tesis

Hipótesis general

Hi: El desarrollo de un protector facial con tecnología ultrasónica y detección IR mejorará el desplazamiento de personas invidentes - COVID 19

Ho: El desarrollo de un protector facial con tecnología ultrasónica y detección IR NO mejorará el desplazamiento de personas invidentes - COVID 19

Hipótesis específicas

HE1: El desarrollo de un protector facial con tecnología ultrasónica y detección IR mejorará la seguridad vial de personas invidentes - COVID 19

HE2: La aplicación de un sensor infrarrojo ayudará en el desplazamiento de personas invidentes - COVID 19

Definición conceptual de variables

Variable Independiente: Desarrollo de un protector facial con tecnología ultrasónica y detección IR

Dimensiones

- Sensor ultrasónico
- Sensor infrarrojo (mide radiación que emiten los cuerpos)

Variable Dependiente: Mejora del desplazamiento de personas invidentes – COVID 19

Dimensiones

- Seguridad vial
- Reducción de accidentes peatonales

3.1.1. Operacionalización de variables

VARIABLES	OPERACIONALIZACIÓN	
	DIMENSIONES	INDICADORES
Variable independiente Desarrollo de un protector facial con tecnología ultrasónica y detección IR	Sensor ultrasónico	Distancia
	Sensor infrarrojo	Radiación electromagnética infrarroja
Variable dependiente Mejora del desplazamiento de personas invidentes – COVID 19	Seguridad vial	Seguridad vial activa - Factor humano
	Reducción de accidentes peatonales	Discapacidad visual

Tabla N°01: Operacionalización de variables

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV

DISEÑO METODOLÓGICO

4.1. Tipo y diseño de investigación

4.1.1. Tipo de Investigación

La investigación fue del tipo aplicada ya que el propósito de la investigación tuvo como característica dar una solución sobre un problema en particular.

4.1.2. Diseño de investigación

El diseño de la investigación es cuasi experimental, ya que tiene como objetivo el desarrollo de un prototipo de protector facial, que será capaz de permitir el buen desplazamiento de personas invidentes, además es el que mejor se adapta a las necesidades del estudio.

Este proyecto de investigación se divide en 2 funcionalidades, cada uno con sus etapas correspondientes:

1. Lectura de señalizadores electrónicos con mensajes codificados
 - a) Etapa de configuración del microcontrolador PIC
 - b) Etapa de acondicionamiento de la señal en el transmisor
 - c) Etapa de acondicionamiento de la señal en el receptor
 - d) Etapa de codificación de mensajes de voz

2. Distanciamiento social por medio del ultrasonido
 - a) Etapa de acondicionamiento del módulo HC-SR04
 - b) Etapa de codificación de mensajes de voz

A continuación, resaltamos las diferentes etapas desarrolladas en la presente investigación. Todas las etapas constituyen cada una de las funcionalidades del prototipo de protección facial.

1. Lectura de señalizadores electrónicos con mensajes codificados

Para el diseño del sistema se realizó un estudio respecto a las tecnologías físicas a implementar en el prototipo, específicamente en el control total de sensores, actuadores, transmisores, receptores, etc. Para ello se optó por elegir microcontroladores, debido a que son necesarios para las diversas tareas que implica el proceso, pero a su vez, se realizó una selección del más adecuado debido al tamaño, funcionalidad y costo frente a la gran gama de familias de microcontroladores existentes en el mercado. Cabe mencionar que se consideró el uso de 1 microcontrolador por cada sistema implementado, de esta forma se diseñaron 2 etapas, una de transmisión y otra de recepción con el fin de realizar búsqueda rápida.

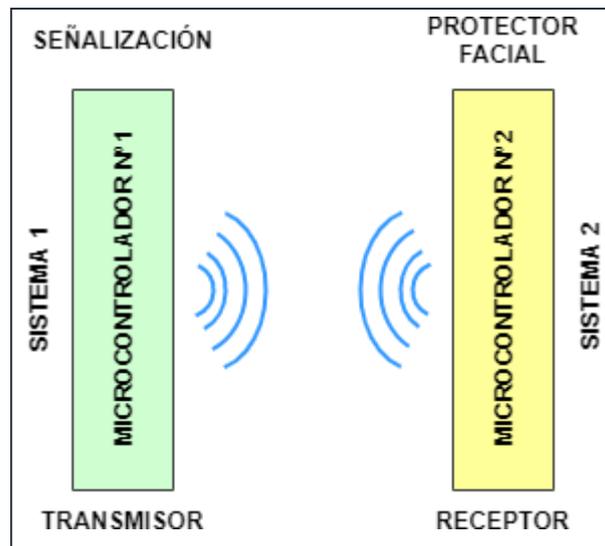


Figura N°05: “Interacción entre sistema 1 (Señalización) y sistema 2 (Protector facial) mediante microcontroladores”

Fuente: Elaboración propia en Software *Diagrams*

Como se detalla en la figura, son bloques básicos con microcontroladores, unos como transmisor para los señalizadores y otro como receptor para el protector facial con sistema electrónico por infrarrojo y ultrasonido para ayuda a invidentes. Para la elección del esquema de control se tuvo en cuenta que se necesitaba un microcontrolador que fuera ante todo flexible y que permitiera de sencilla escalabilidad a nuevas modificaciones y

ampliaciones que se requieran en un futuro. Por esta razón se optó por escoger una arquitectura con microcontroladores PIC de gama media, uno para cada transmisor y otro para el receptor. El microcontrolador de mayor nivel es el encargado del control y de atender las señales de los transmisores.

En cuanto a los microcontroladores que se debían escoger finalmente se optó por la familia de los PIC's de Microchip, debido a la gran flexibilidad que permite esta familia al poder elegir dentro de una amplia gama de microcontroladores [29]. Los criterios usados para la preferencia de la marca Microchip fueron los siguientes:

- Por la compatibilidad entre ellos
- Por el bajo costo de adquisición
- Por la cantidad de información de estos dispositivos
- Por la facilidad de compra en el mercado local de estos dispositivos
- Y sobre todo por la cantidad de recursos que traen

Los microcontroladores escogidos han sido el PIC16F877 como microcontrolador de la etapa receptora y el PIC16F628 para el microcontrolador del trasmisor, los cuales serán capaces de cumplir con los requisitos necesarios en tiempos de adquisición, memoria necesaria y con los periféricos anteriormente descritos.

a. Etapa de configuración del microcontrolador PIC

Para propósitos de esta investigación usaremos el microcontrolador PIC 16F628A el cual posee 8 bit de capacidad y 18 pines de disponibilidad, cuenta con arquitectura RISC avanzada y 35 instrucciones. Es un circuito integrado de características favorables en potencia, precio y versátil a programación. [30]

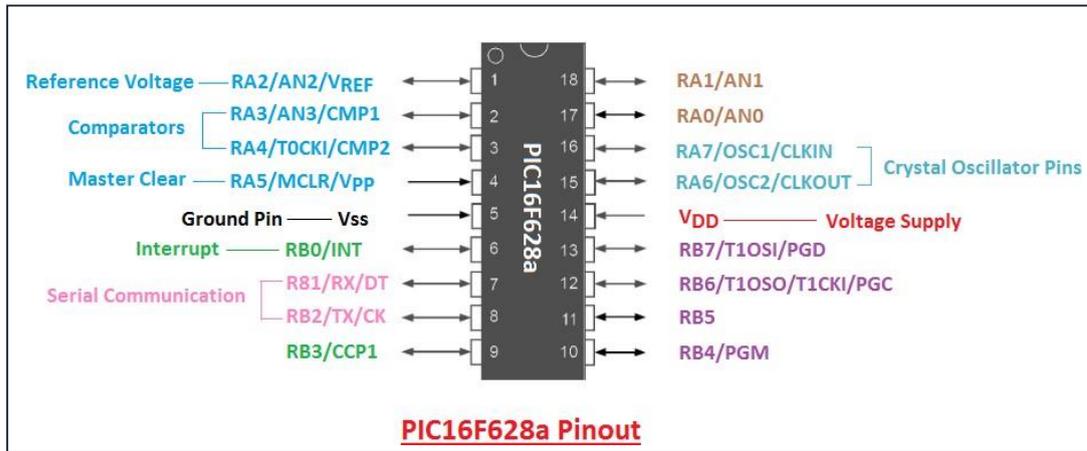


Figura N°06: “Pines de salida de PIC16F628A”

Fuente: www.theengineeringprojects.com [31]

Para el buen funcionamiento del PIC 16F628A, se debe utilizar los siguientes componentes y configurar de la siguiente manera:

- 1 PIC 16F628A
- 1 Resistencia de 5K
- 1 cristal de cuarzo de 4 MHz
- 1 porta Batería de 9V
- 1 DIP SWITCH de 4 palancas
- 1 batería de 9 V

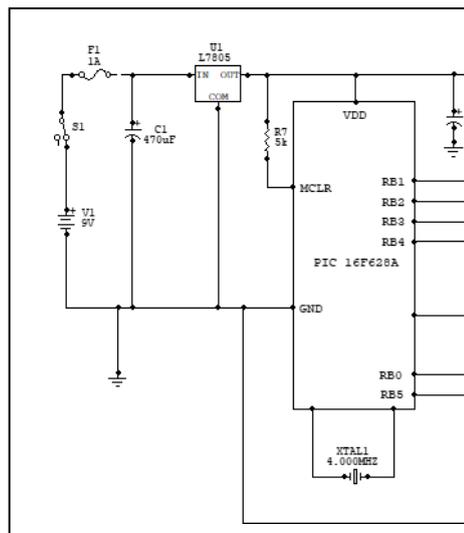


Figura N°07: “Circuito del regulador de voltaje del transmisor”

Fuente: Elaboración propia

Microcontrolador PIC 16F877

Es un microcontrolador poseedor de una CPU digital, una UMD (Memoria de datos), una unidad de memoria de programa y puertos de entrada/salida en un circuito integrado, funciona como un controlador de periféricos en un sistema mínimo. [32]

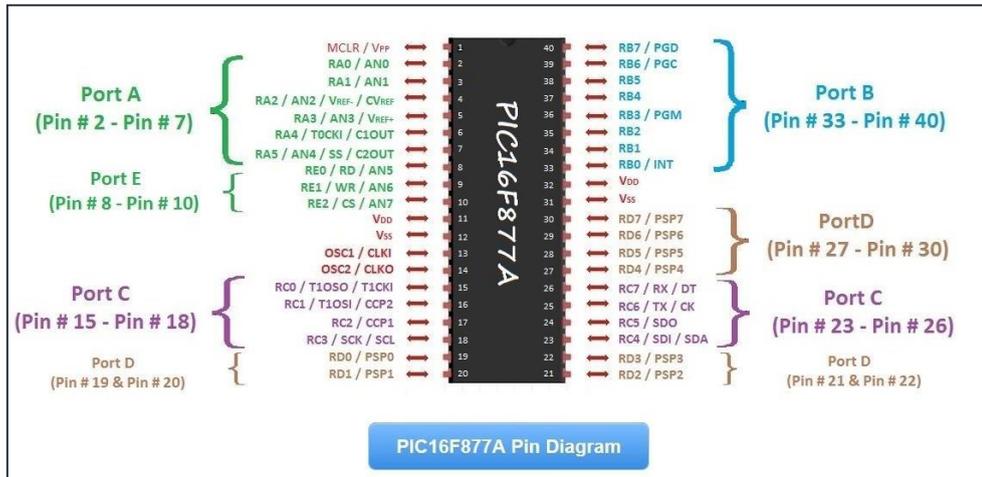


Figura N°08: "Pines de salida de PIC16F628A"

Fuente: www.theengineeringprojects.com [33]

Adicional a la inclusión de los microcontroladores, se consideraron circuitos integrados como regulador de voltaje L7805, Compuertas lógicas: 7400, módulo IR VS1838B, módulo HC SR04.

b. Etapa de acondicionamiento de la señal en el transmisor

En la etapa del trasmisor el pin RB0 del microcontrolador PIC 16F628A genera una onda cuadrada de 38 kHz, esta señal ingresa a una compuerta NAND junto a una señal que sale del puerto USART (RB5) codificada a una velocidad de 1200 bps (bit por segundo) del microcontrolador estas 2 señales produciéndose la modulación ASK de esta manera envía una señal mediante el diodo led INFRAROJO, como se puede apreciar en la figura:

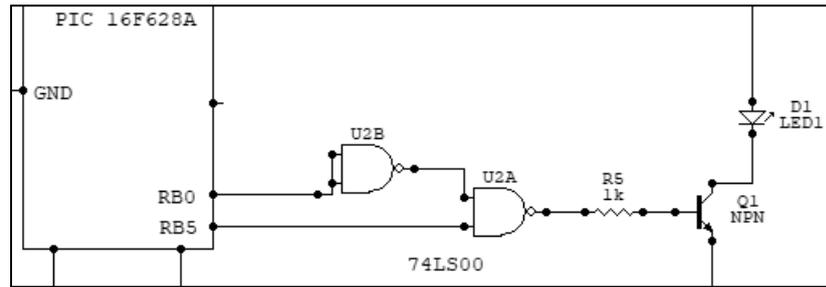


Figura N°09: “Etapa de salida de la señal en el circuito transmisor”

Fuente: Elaboración propia

c. Etapa de acondicionamiento de la señal en el receptor

En esta etapa integrada en el circuito receptor es muy importante el uso del módulo VS1838b el cual es un receptor infrarrojo universal, que puede percibir señales de 38 kHz, que es la frecuencia ideal con que funcionan los controles de transmisión de data IR. Una de sus características principales es el poco consumo y la facilidad de combinarse en cualquier proyecto electrónico. [34]

Entre sus especificaciones más resaltantes tenemos:

- Voltaje de operación: 2.7 ~ 5.5V
- Frecuencia de trabajo: 38kHz
- Consumo de corriente: 0.4 ~ 1.5 mA.
- Angulo de detección: $\pm 45^\circ$
- Distancia máxima de detección: 12 ~ 18 m

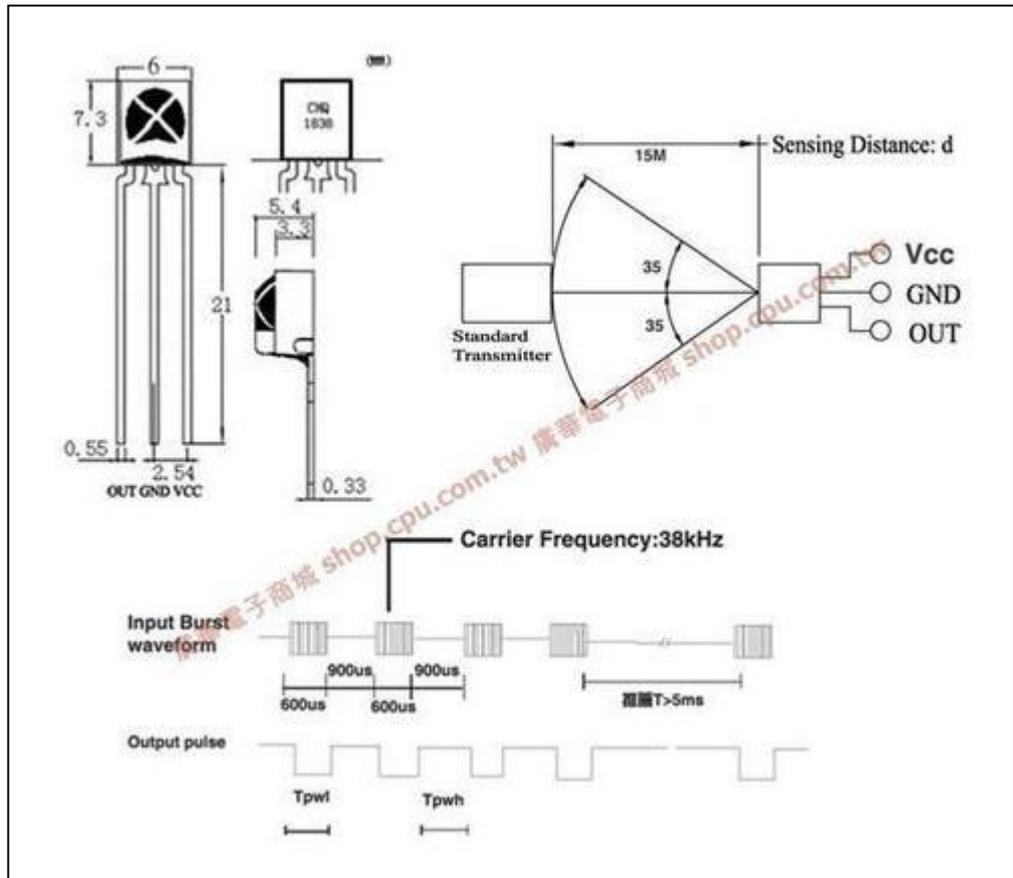


Figura N°10: “Especificaciones del módulo VS 1838B”

Fuente:

<https://www.elecrow.com/download/Infrared%20receiver%20vs1838b.pdf>

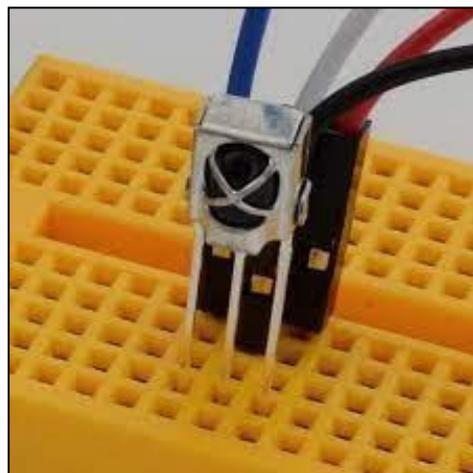


Figura N°11: “Módulo VS1838B”

Fuente: Elaboración propia

El módulo VS1838b contiene en su interior un receptor infrarrojo, un filtro pasa banda sintonizado a 38khz y un demodulador ASK de tal forma que la señal que entrega este módulo al microcontrolador es UART. Es a través de un fotodiodo que se encarga de demodular dicha señal y recuperar la señal.

d. Etapa de codificación de mensajes de voz

En esta etapa la señal ASK que es emitida en el circuito transmisor y recibida por el módulo vs1838B, se demodula dejando pasar la señal UART para que el microcontrolador la decodifique e interprete qué mensaje llega al receptor.

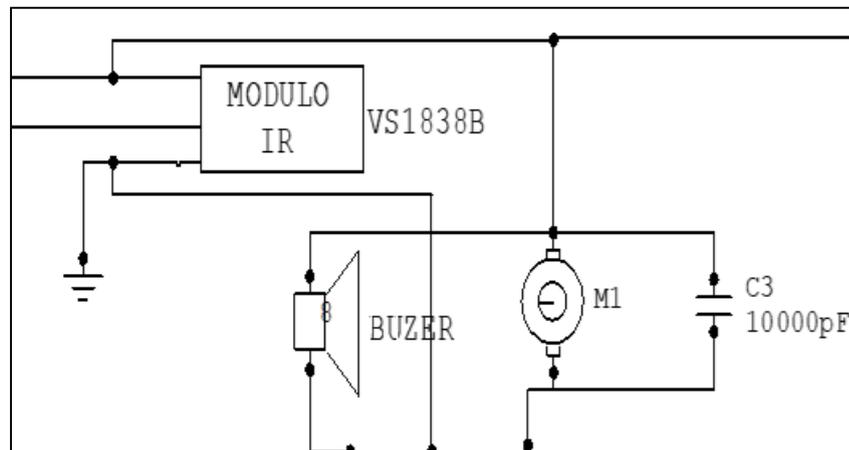


Figura Nº12: “Etapa del módulo IR, zumbador y buzer”

Fuente: Elaboración propia

Para el diseño del sistema de habla, se usó un circuito integrado ISD 1420S, cuyo diagrama de bloques del integrado es el siguiente:

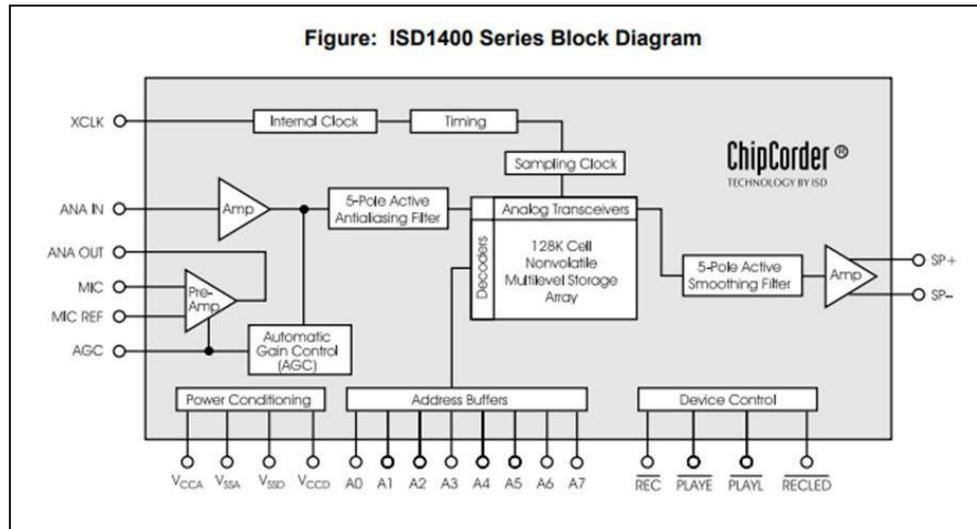


Figura N°13: “Diagrama de bloques del circuito integrado ISD1400”

Fuente: Datasheet ISD1400 [35]

A continuación, se indican las especificaciones técnicas según el datasheet del circuito integrado. [35]

- VCCA y VCCD son los pines que alimentan al CI con 5V.
- VSSA y VSSD son los pines para el negativo del IC.
- SP+ y SP- son las salidas para el parlante, el cual es de 16 ohm de impedancia y no se requiere condensador de acoplamiento para la salida ya que estas salidas se ponen en alta impedancia en modo RECORD.
- MIC es una entrada para micrófono, el cual tiene un amplificador de entrada.
- AGC es el que controla la ganancia del pre amplificador en -15 a 24 dB. Este se ajusta en forma automática y compensa todos los niveles de la señal del micrófono o fuente de audio, los valores de la resistencia y condensador instalados en AGC son extraídos de la hoja del fabricante.
- ANA OUT ANA IN, se deben acoplar con un condensador y una resistencia de 5.1 K ohm según fabricante este se selecciona para dar frecuencia de corte en baja del filtro pasa banda. Los valores de 5.1 K ohm y 0.1 uf son sacados de la hoja del fabricante.

- MIC REF, es la entrada no inversora del pre amplificador.
- PLAY L, sirve para iniciar la reproducción del habla, para esto se debe poner este PIN en nivel bajo o 0 lógico.
- PLAYE, este PIN sirve para reproducir por cambio de nivel, es decir cuando el flanco se va a 0 lógico este reproduce la vos al poner en alto y no termina la reproducción hasta que se detecta la marca OEM.
- RECLEL, indica que el ciclo de grabación se está dando.
- REC, el IC graba cada vez que esta entrada está a 0 lógico.
- Los pines del A0 hasta A7 sirven para ubicar en qué dirección se grabó el mensaje hablado.

En el sistema vocal se grabó mensajes de alerta para distanciamiento social de 1.5 m. y algunos letreros de avisos de salida o entrada, se grabó “no ingresar con comida”, sólo como ejemplo.

Cabe resaltar que se puede configurar 16 mensajes hablados.

Después de que el microcontrolador recibe la señal del módulo infrarrojo VS1838B el microcontrolador mediante el algoritmo interpreta y dará como resultado un código binario el cual va desde 0000 hasta el 1111, esto ingresara al IC ISD 1402 y según lo que se grave como mensaje de vos este lo hablara por los parlantes.

Cada mensaje hablado tendrá un código binario donde buscará la dirección y este hablará lo que este grabado en esa dirección.

Una vez separada la señal de 38 KHZ de la señal UART el microcontrolador PIC 16f877A se encargará de interpretar y leer las señalizaciones que tiene una distancia de transmisión de 8 metros aproximadamente.

A continuación, se muestran ambos circuitos de transmisión y recepción:

CIRCUITO TRANSMISOR

COMPONENTES

- 1 PIC 16F628A
- 1 Resistencia de 5K
- 1 cristal de cuarzo de 4 MHz
- 1 porta Batería de 9V
- 1 DIP SWITCH de 4 palancas
- 1 batería de 9 V
- 1 L7805
- 1 caja plástica
- 1 74LS00 compuerta NAND
- 1 transistor 2N2222 o BC337
- 4 resistencias de 10K
- 1 Resistencia de 1K
- 1 Resistencia de 500 ohm
- 2 condensador electrolítico de 470uF 35v
- 2 condensadores cerámicos de 22pF 50v
- 1 diodo LED infra rojo
- 1 fusible 200mA
- 1 switch
- 1 circuito impreso

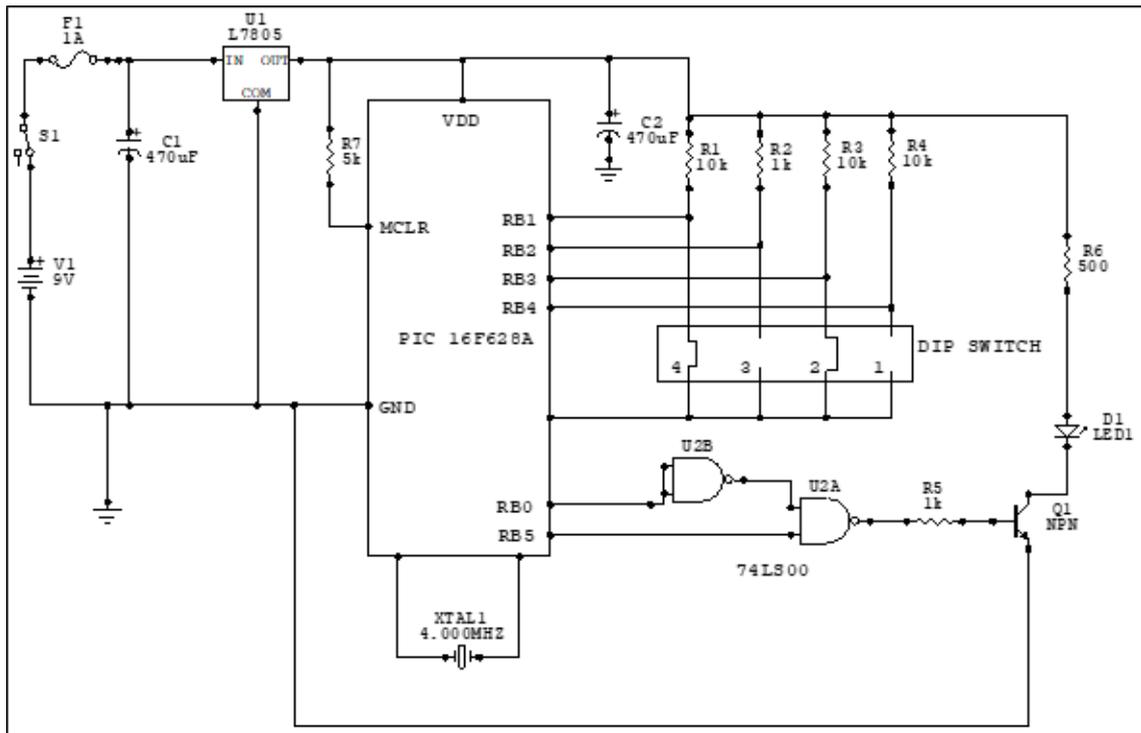


Figura N°14: "Circuito transmisor"

Fuente: Elaboración propia

CIRCUITO RECEPTOR

COMPONENTES

- 1 PIC 16F877A
- 1 PIC 16f628A
- 1 L7805
- 2 condensadores 470 uF - 35v
- 1 resistencias de 10K
- 1 pulsador
- 1 fusible 200 mA
- 1 switch
- 1 módulo IR código VS1838B
- 1 cristal de cuarzo de 4 MHz
- 1 Buzzer
- 1 motor vibrador
- 1 switch rotativo de 4 posiciones
- 1 módulo ultrasonido HC SR 04
- 1 transistor 2N2222

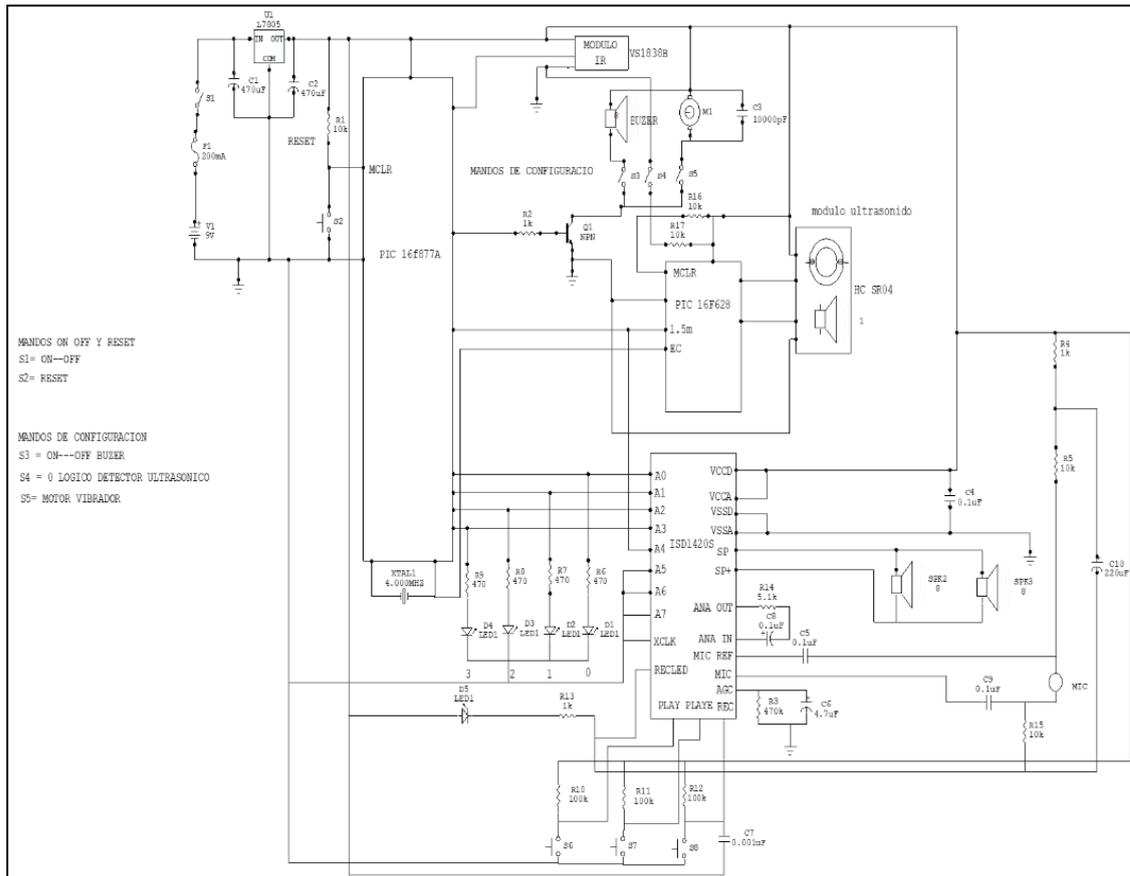


Figura N°15: “Sistema electrónico del protector facial”

Fuente: Elaboración propia

2. Distanciamiento social por medio del ultrasonido

En esta etapa, el sistema está gobernado por un microcontrolador esclavo PIC16f628A que comparte el cristal de 4MHZ que utiliza el PIC16f877A, mediante una configuración de external CLOCK EC mediante esto los 2 microcontroladores PIC, tanto maestro como el esclavo, estarán compartiendo el mismo cristal de 4MHZ.

a. Etapa de acondicionamiento del módulo HC SR04

En este proyecto de investigación se utilizó el módulo ultrasónico HC-SR04, el cual es un sensor que contiene un emisor y un receptor de ultrasonidos. Esto nos facilita en calcular la distancia que se encuentra un objeto frente a él, a través de pulsos ultrasónicos y calculando el tiempo que demora hasta que regresa el pulso. [36]

Este módulo trabaja a 40 kHz esta frecuencia no es posible escucharse debido a que el oído humano sólo escucha hasta frecuencias de 20 kHz. Este sensor tiene 2 pines de alimentación un pin TRIGGER y un pin ECHO.

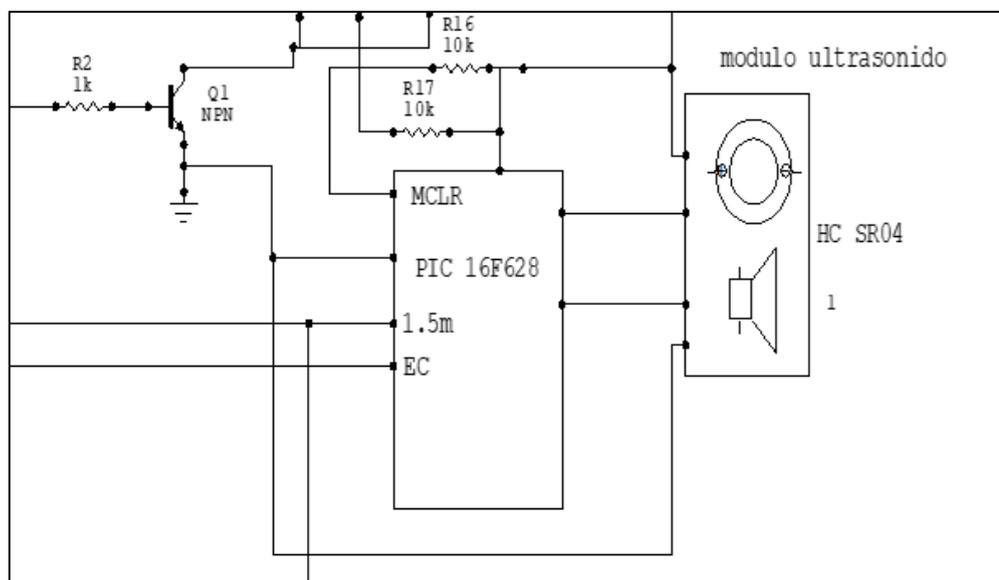


Figura Nº16: “Etapa de módulo ultrasonido a 1.5m”

Fuente: Elaboración propia

La forma en la que opera es la siguiente:

$$\text{Desplazamiento} = (\text{Velocidad})(\text{Tiempo})$$

Donde:

Velocidad = velocidad del sonido = 343 m/s = 0.0343 cm/us.

Por lo tanto: $\text{Desplazamiento} = 0.0343 \times \text{Tiempo}$

Sin embargo, debido a que la onda a recorrido ida y vuelta, se divide entre 2 para conocer la distancia del objeto. Quedando:

$$\text{Distancia} = 0.01715 \times \text{Tiempo}$$

b. Etapa del módulo ultrasonido con el PIC esclavo-maestro

Se envía un pulso de 10 us por el pin TRIGGER para activar el módulo y envíe el ultrasonido, dando como respuesta un pulso que es, el que demora en ir y volver. El tiempo que demoró en ir y venir el ultrasonido por el pin ECHO. La longitud de esta onda nos indicará la distancia a que

estamos del obstáculo. Una vez que esta señal entra al microcontrolador PIC16F628, este la interpreta y envía un 1 lógico al otro microcontrolador PIC16F877A, de esta manera queda grabado en la dirección.

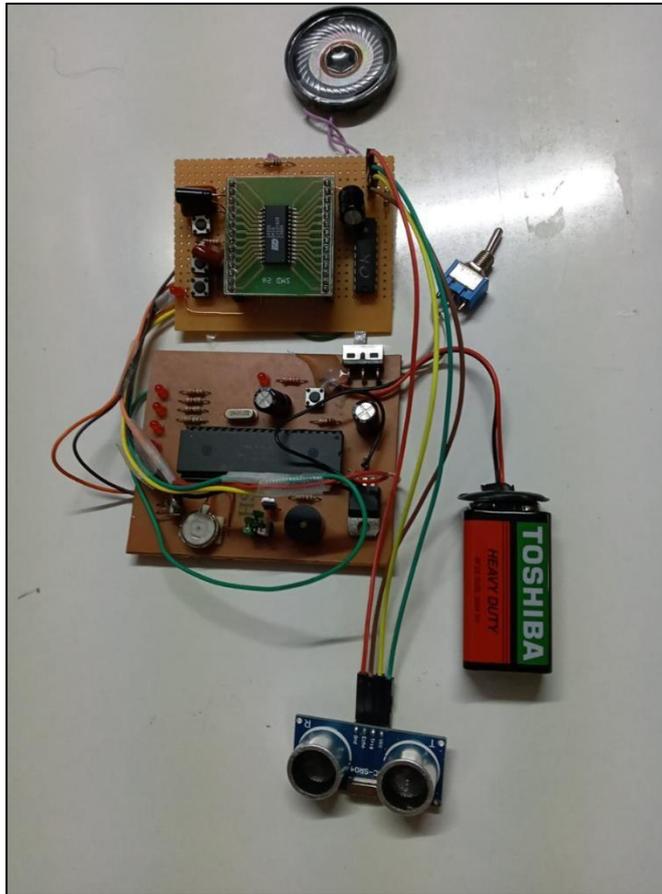


Figura N°17: “Circuito de la etapa del módulo infrarrojo”

Fuente: Elaboración propia

DISEÑO DEL PCB

Para la realización del circuito PCB se optó usar el software CircuitMaker el cual tiene herramientas para el diseño electrónico de placas de circuito impreso.

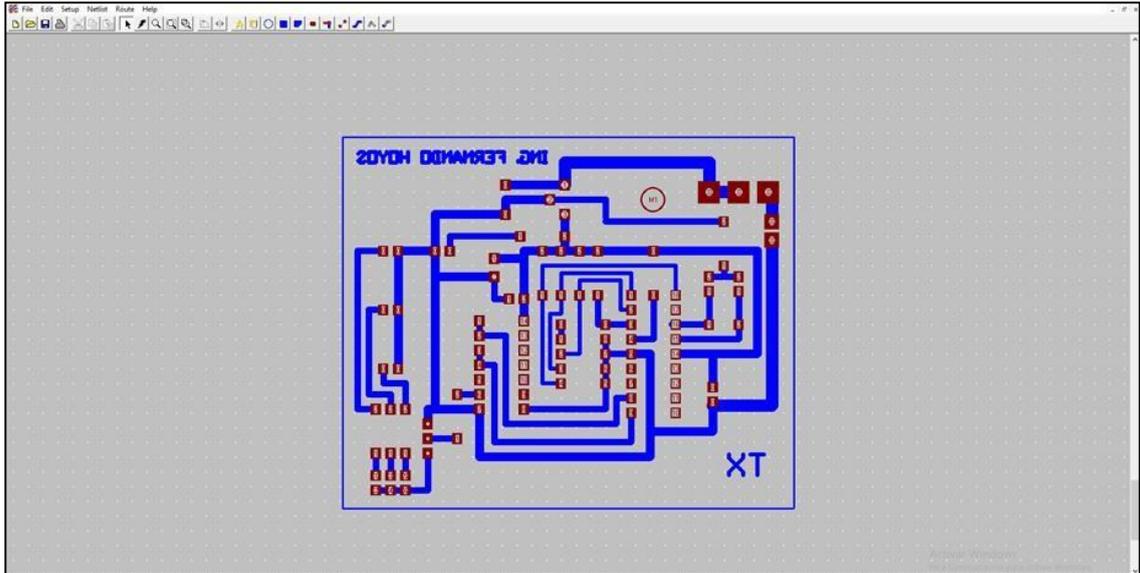


Figura N°18: “Circuito transmisor Botton Layer”

Fuente: Elaboración propia

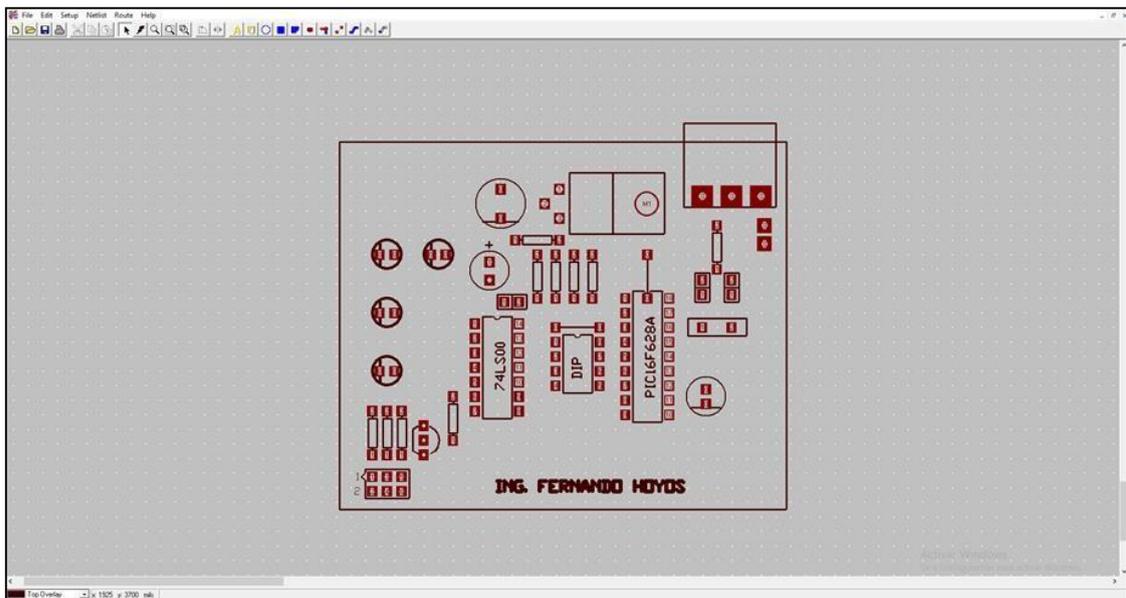


Figura N°19: “Circuito transmisor Top Overlay”

Fuente: Elaboración propia

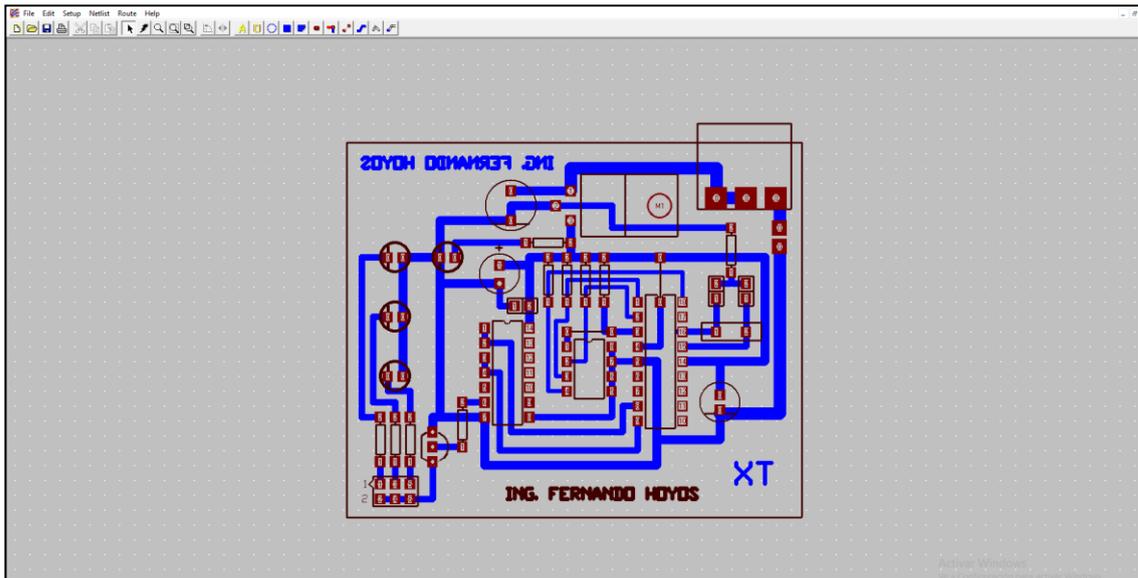


Figura N°20: “Circuito transmisor capa Botton Layer y Top Overlay”

Fuente: Elaboración propia

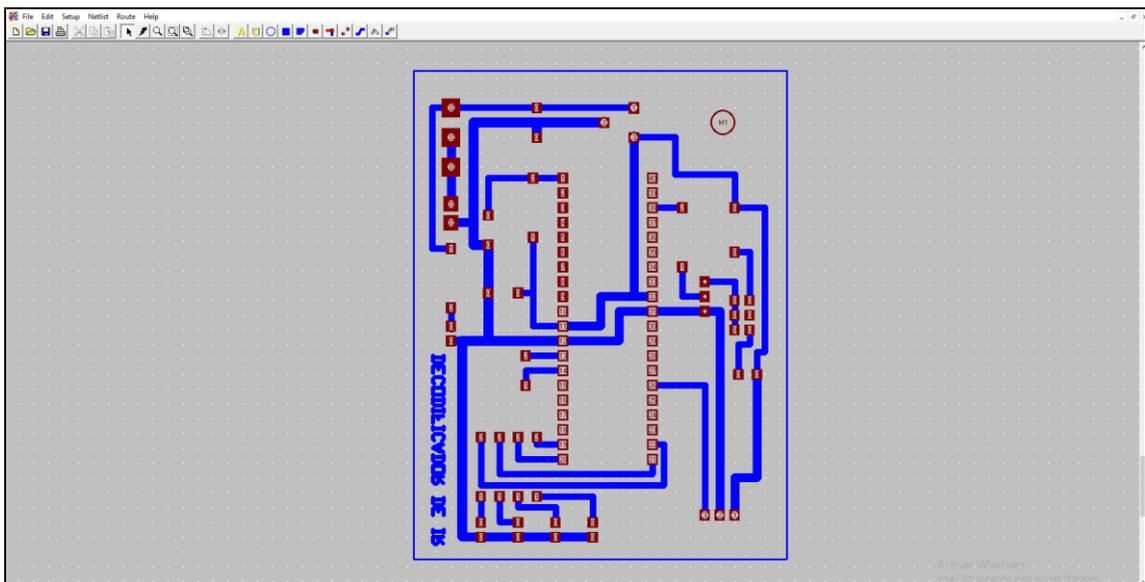


Figura N°21: “Circuito receptor capa Botton Layer”

Fuente: Elaboración propia

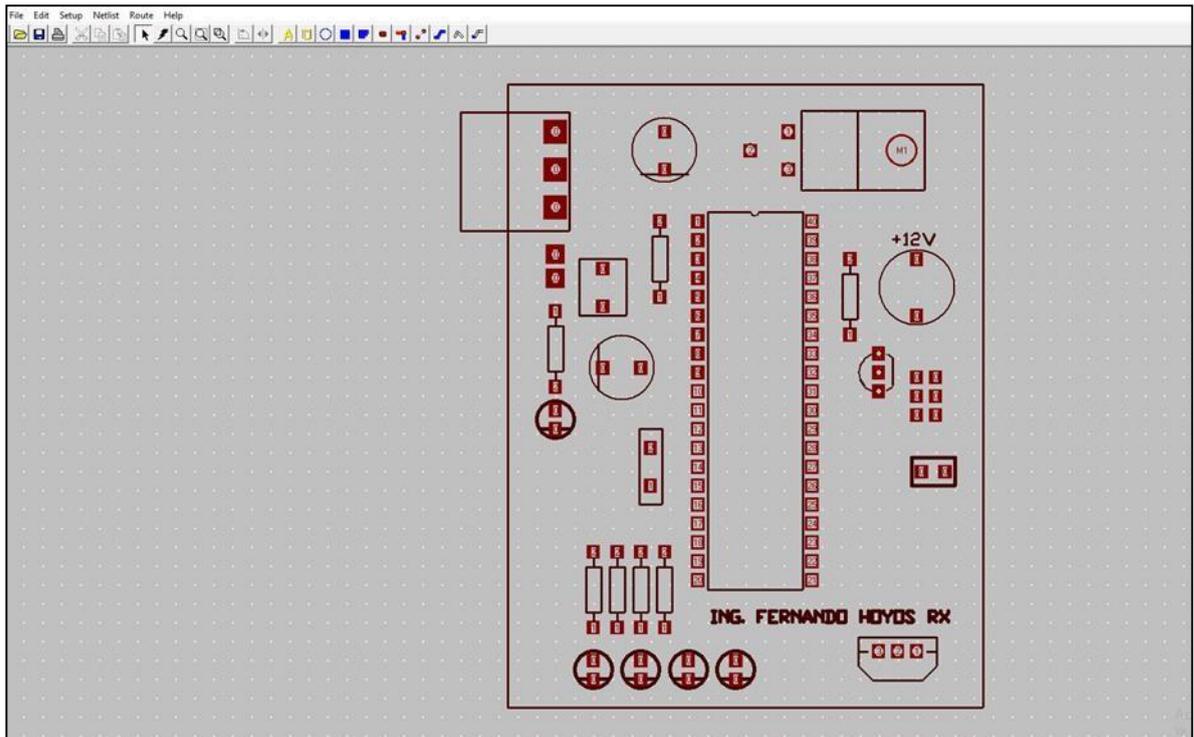


Figura N°22: "Circuito receptor capa Top Overlay"

Fuente: Elaboración propia

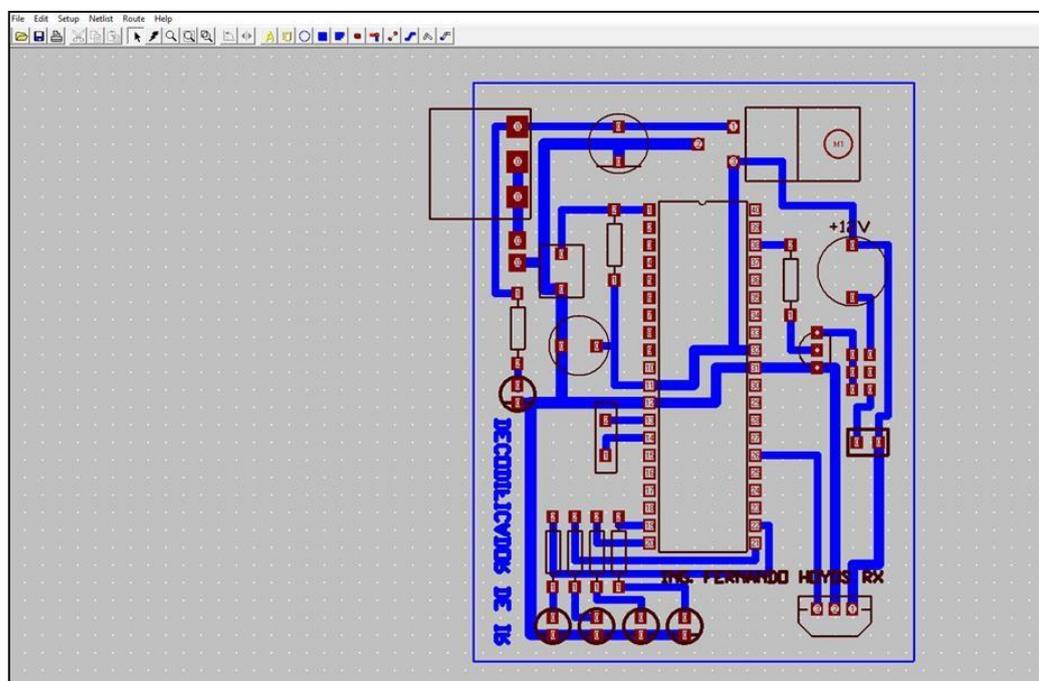


Figura N°23: "Circuito receptor capa Botton Layer y Top Overlay"

Fuente: Elaboración propia

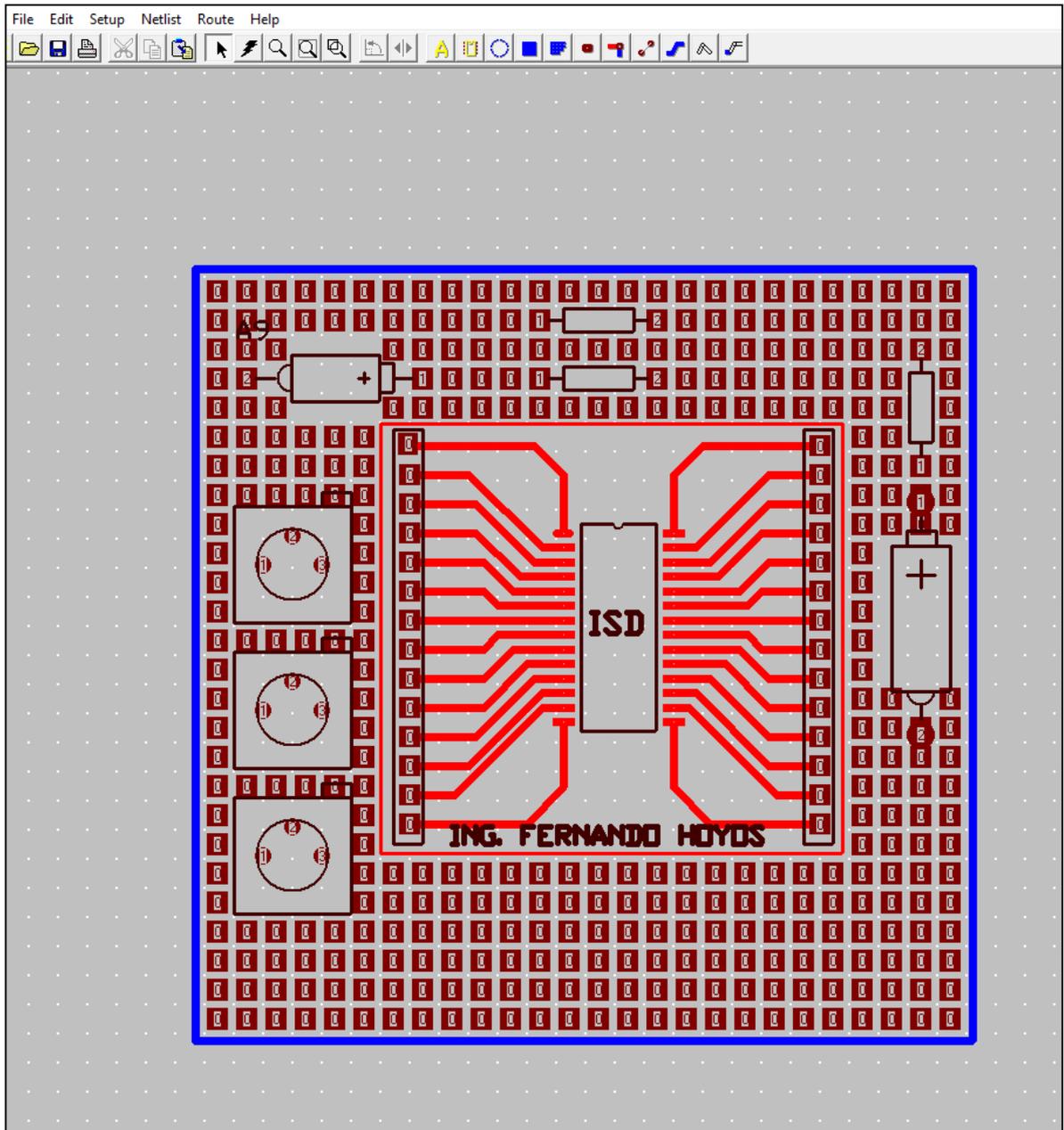


Figura N°24: “Tarjeta de sonido con ISD 1400 ISD 1402 ISD 1420”

Fuente: Elaboración propia

PROTOTIPO

Para el diseño del prototipo, mencionamos las siguientes partes que comprende:

1. SOPORTE
2. VISERA
3. PANTALLA PET
4. CAJA PROTECTORA DEL SISTEMA ELECTRONICO
5. TUBO ACUSTICO
6. MODULO ULTRASONICO
7. MODULO ELECTRONICO
8. SENSOR IR
9. BATERIA
10. PARLANTE

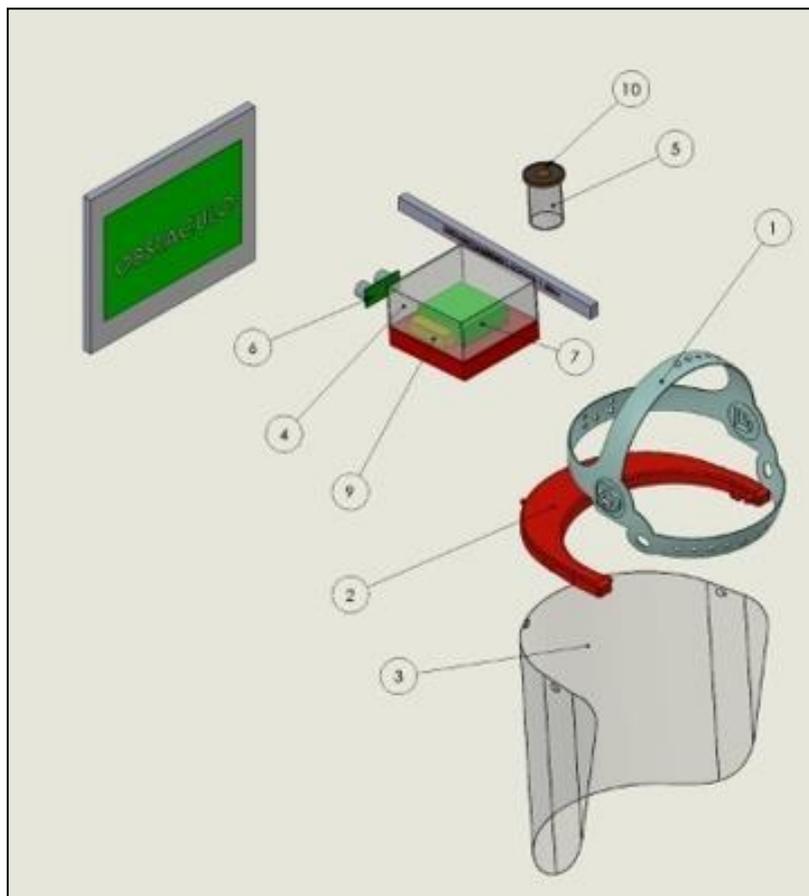
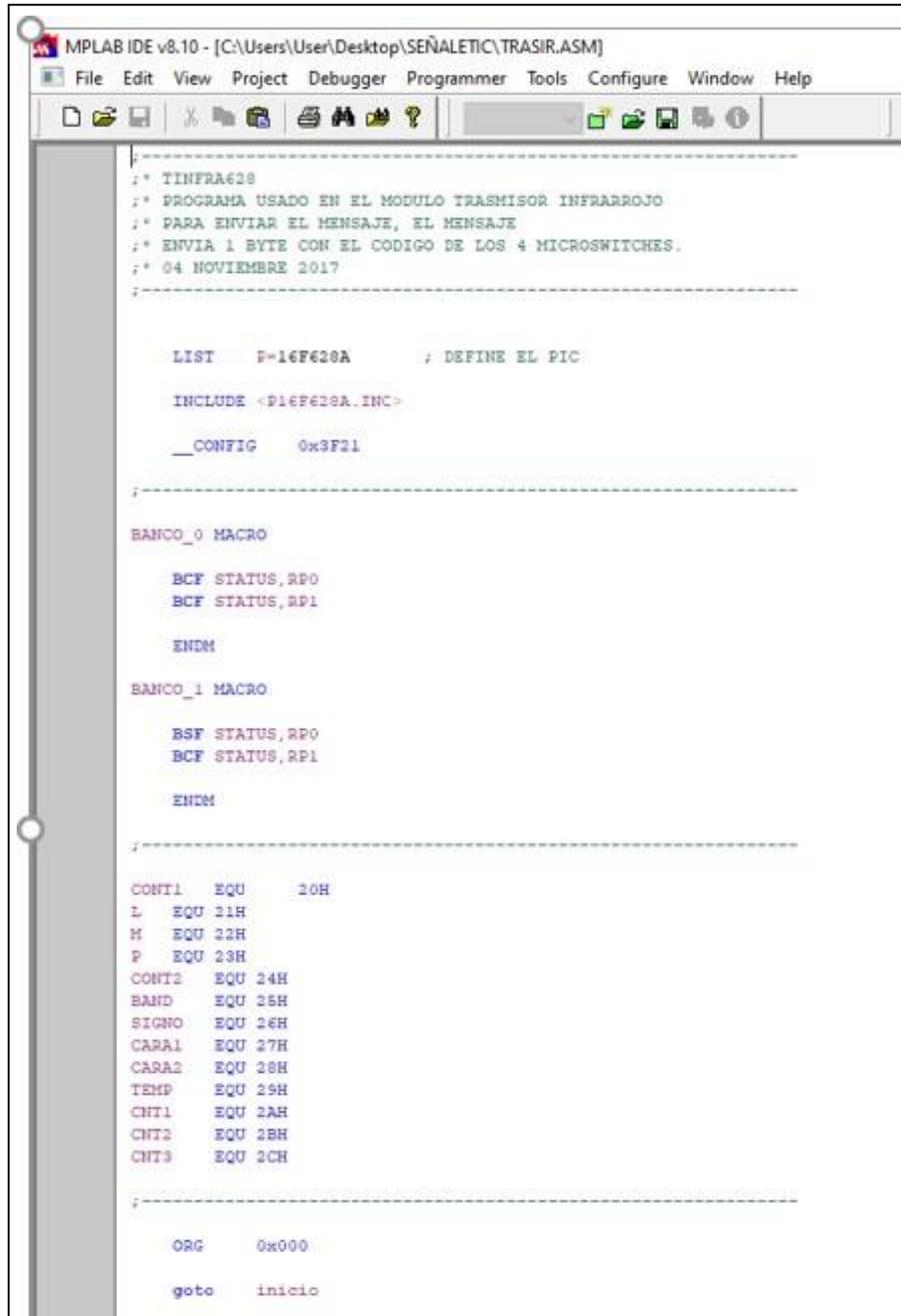


Figura N°25: "Prototipo del protector facial"

Fuente: Elaboración propia

PROGRAMACIÓN

Esta parte del proyecto de investigación se realizó en el programa MPLAB, el cual es un editor IDE gratuito, de la empresa Microchip. Este editor permite grabar en circuitos integrados PIC. [37]



```
MPLAB IDE v8.10 - [C:\Users\User\Desktop\SEÑALETIC\TRASIR.ASM]
File Edit View Project Debugger Programmer Tools Configure Window Help

; * TINFRAC28
; * PROGRAMA USADO EN EL MODULO TRASMISOR INFRARROJO
; * PARA ENVIAR EL MENSAJE, EL MENSAJE
; * ENVIA 1 BYTE CON EL CODIGO DE LOS 4 MICROSITCHES.
; * 04 NOVIEMBRE 2017

-----

LIST    F=16F628A      ; DEFINE EL PIC

INCLUDE <P16F628A.INC>

__CONFIG    0x3F21

-----

BANCO_0 MACRO

    BCF STATUS,RP0
    BCF STATUS,RP1

ENDM

BANCO_1 MACRO

    BSF STATUS,RP0
    BCF STATUS,RP1

ENDM

-----

CONT1 EQU 20H
L EQU 21H
M EQU 22H
P EQU 23H
CONT2 EQU 24H
BAND EQU 25H
SIGNO EQU 26H
CARA1 EQU 27H
CARA2 EQU 28H
TEMP EQU 29H
CNT1 EQU 2AH
CNT2 EQU 2BH
CNT3 EQU 2CH

-----

ORG    0x000

goto  inicio
```

Figura Nº26: “Definición del microcontrolador PIC16f628A”

Fuente: Elaboración propia

```

MPLAB IDE v8.10 - [C:\Users\User\Desktop\SEÑALÉTIC\TRASIR.ASM]
File Edit View Project Debugger Programmer Tools Configure Window Help
Check

;-----
;
;   ORG      0x000
;
;   goto    inicio
;-----
;----- RUTINAS -----
;-----
;*  RUTINA DE RETARDO: 10 MILISEGUNDOS CRISTAL DE 4 MHz
;-----
ms_10    movlw    .13
         movwf   CNT2
         clrf    CNT1
d1       decfz   CNT1,F
         goto    d1
         decfz   CNT2,F
         goto    d1
         return
;-----
;*  RUTINA DE RETARDO: N * 10 MILISEGUNDOS
;-----
ms_n10   movwf   CNT3
d2       call    ms_10
         decfz   CNT3,F
         goto    d2
         return
;-----
;*  PROGRAMA PRINCIPAL
;-----
inicio   clrf    PORTA
         clrf    PORTB
         clrf    BAND

BANCO_1

         movlw   B'00011110'    ;RA1..RA4 entradas
         movwf   TRISA          ;salida RA0,1 ; entrada RA2
         movlw   0x04
         movwf   VRCON          ;deshabilita referencia
         movlw   B'00000010'    ;B1/RX entrada, B2/TX salida,
         movwf   TRISB          ;B3/CCPI salida
         movlw   B'00000111'
         movwf   OPTION_REG

         movlw   .25
         movwf   PR2            ;T de PWM 38 KHz
         movlw   .207           ;x=207(10)=cf(16) en formula de baud rate
         movwf   SPBRG          ;para 300 bauds, modo sincrono
         movlw   0x00           ;BRG=0, SYNC=0, TXEN=0, TXS=0
         movwf   TXSTA          ;baja Vel., Asin, no Hab. Tx, 8 bits de datos

BANCO_0

```

Figura Nº27: “Desarrollo de la programación de rutinas”

Fuente: Elaboración propia

4.2. Método de investigación

El presente trabajo de investigación estuvo diseñado bajo el planteamiento metodológico del enfoque cuantitativo.

4.3. Población y muestra

La población de estudio estuvo conformada por un grupo de personas mayores de 18 años de edad del distrito de Lima con dificultad visual o ceguera total.

En este trabajo se realizó el método de muestreo no probabilístico.

4.4. Lugar de estudio

La presente investigación toma como lugar de estudio al distrito de Lima, Perú en los meses del periodo comprendido entre los años 2021 – 2022 debido a la locación del investigador y las aún presentes medidas sanitarias frente al Sars-Cov2 y sus variantes. Ante ello se estableció el distrito de Lima como distrito referente debido al tamaño de su extensión y la mayor probabilidad de encontrar población voluntaria para realizar pruebas, asimismo no se consideraron pruebas clínicas o de centros médicos debido a la naturaleza de la investigación.

4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información

A continuación, se mencionan las técnicas y sus respectivos instrumentos para la recolección de datos del objeto de estudio usados:

4.5.1. Técnicas para la recolección de la información

Encuesta: técnica que permite conocer el grado de satisfacción del protector facial al momento de ser usado por los usuarios, de este modo se comprobó mediante una escala numérica de validación el porcentaje de aceptación respecto a distintos factores.

Observación: se realizó la observación pertinente respecto al correcto funcionamiento del protector y sus componentes. Observando tiempo de gasto

energético en su uso como la rapidez de respuesta del sistema en sus sensores infrarrojos y ultrasónicos.

4.5.2. Instrumentos para la recolección de la información

Cuestionario de satisfacción: Se utilizó un cuestionario de satisfacción anónimo para medir el grado de aceptación respecto a la seguridad vial y el desplazamiento de las personas. Para la seguridad vial se utilizaron 5 preguntas basadas en la percepción respecto al uso y para el desplazamiento se utilizaron 5 preguntas, parte del cuestionario, para evaluar la dirección y colisiones posibles al momento de la movilización. El cuestionario se utilizó para medir la variable dependiente **“MEJORA DEL DESPLAZAMIENTO DE PERSONAS INVIDENTES – COVID 19”**, el instrumento estuvo constituido por 10 preguntas medibles en una escala del 1 al 5, donde la escala tuvo una significancia de:

Puntuación	Valor
1	Muy malo o insatisfecho
2	Aceptable o relativamente útil
3	Regular o funcional
4	Bueno o útil
5	Muy bueno o satisfecho

Tabla N°02: Escala de evaluación

Fuente: Elaboración propia

Guía de observación: Se utilizó una guía de observación para funcionamiento del protector facial con señalizaciones IR de los usuarios durante la utilización del dispositivo y haberlo probado frente a las señalizaciones que brindaron información, así como la percepción de las alertas por parte de los sensores de proximidad y los sensores IR. Dicha encuesta fue desarrollada por un personal evaluador externo y tuvo como referentes: el correcto funcionamiento de los sensores infrarrojos, sensores de proximidad, bocinas y batería mediante la observación y testeo. La guía de observación se utilizó para medir la variable independiente **“DESARROLLO DE UN PROTECTOR FACIAL CON TECNOLOGÍA ULTRASÓNICA Y DETECCIÓN IR”**.

*Detalles del cuestionario y la guía de observación se encuentran en los **Anexos 05 y 06**.

4.6. Análisis y procesamiento de datos

Se realizará un análisis de medición para observar la efectividad del dispositivo a desarrollar y se expresará mediante análisis estadístico gráfico mediante el programa Excel debido a que se manejó la información de todos los instrumentos de recolección de datos por parte de 2 personales de apoyo, un encuestador y 1 observador profesional.

4.7. Aspectos éticos en investigación

La presente investigación posee un enfoque objetivo que va dirigido acorde a las correctas prácticas. En el proceso de desarrollo y pruebas experimentales se han realizado procesos éticos en el trato con las personas invidentes.

V. RESULTADOS

Se obtienen los resultados descriptivos, relativos a los datos obtenidos (numéricos, cifras, etc.) y los resultados inferenciales correspondientes a las evidencias de las pruebas realizadas.

5.1. Resultados descriptivos

Se realizaron las recolecciones de datos de los instrumentos mencionados en los apartados anteriores, entre los resultados obtenidos tenemos las respuestas de un grupo de 8 personas con problemas de visión, a los cuales se les brindó una prueba voluntaria del uso del protector facial y luego una entrevista de satisfacción dirigida por un personal de apoyo presente en las pruebas. Las respuestas del cuestionario son las siguientes:

		PERSONAS								
		PREG.	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
SEGURIDAD VIAL	1	4	5	5	4	5	4	5	4	
	2	4	5	4	5	4	5	4	4	
	3	5	5	3	5	3	5	5	5	
	4	5	3	4	4	5	5	4	3	
	5	3	4	3	5	3	4	4	4	
DESPLAZAMIENTO	6	4	5	5	5	5	5	4	3	
	7	3	4	5	4	4	5	4	4	
	8	5	5	4	5	5	5	5	5	
	9	5	4	5	3	3	4	3	3	
	10	4	3	3	5	4	5	4	5	

Tabla N°03: “Resultados del cuestionario”

Fuente: Elaboración propia en Excel

Los resultados de seguridad vial se obtuvieron los siguientes datos ubicados en la gráfica estadística, en la cual podemos apreciar cifras y las tendencias que posee cada respuesta:

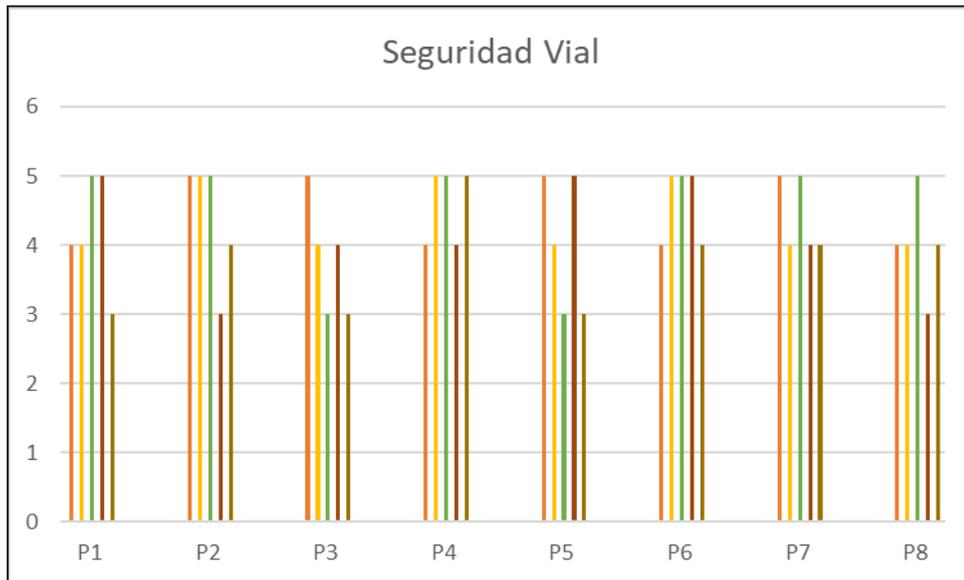


Figura N°29: “Resultados en método gráfico de barras respecto a las preguntas de Seguridad Vial”

Fuente: Elaboración propia Excel

Se observan las tendencias en los promedios de las 8 respuestas de la primera sección de la evaluación:

Sección N°1: Seguridad Vial (PUNTAJE PROMEDIO)					Respuesta
1)	¿Qué tan cómodo se siente al portar el prototipo de protector facial en su cabeza?				4.5
2)	¿En que medida sintió que su seguridad aumentó al oír y seguir las señalizaciones?				4.38
3)	¿En qué grado el protector le brindó información precisa acerca de los obstáculos?				4.5
4)	¿En qué medida siente seguro de que no se caiga el protector al momento de caminar?				4.13
5)	¿En qué medida se sintió seguro de no colisionar con las paredes y/o personas alrededor?				3.75

Tabla N°04: “Resultados promedios por pregunta de Seguridad Vial”

Fuente: Elaboración propia

Los resultados se muestran a continuación mediante un análisis estadístico descriptivo para medir el grado de aceptación por medio de un promedio aritmético total de todas las respuestas se obtiene una tendencia favorable de 4.2.

Los resultados de desplazamiento se obtuvieron los siguientes datos ubicados en la gráfica estadística, en la cual podemos apreciar cifras y las tendencias que posee cada respuesta:

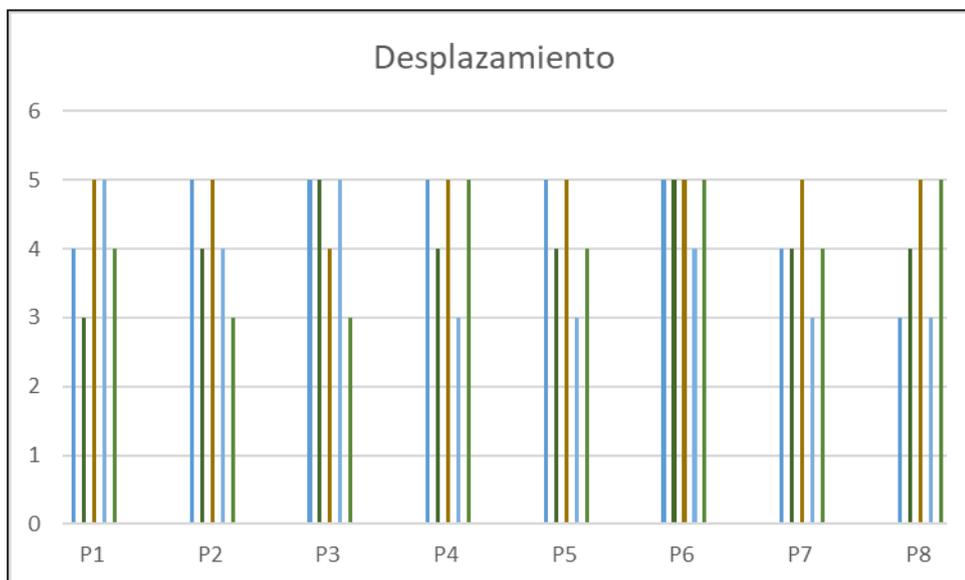


Figura Nº30: “Resultados en método gráfico de barras respecto a las preguntas de desplazamiento”

Fuente: Elaboración propia Excel

Se observan las tendencias en los promedios de las 8 respuestas de la primera sección de la evaluación:

Sección Nº2: Desplazamiento (PUNTAJE PROMEDIO)		Respuesta
1)	¿En que medida el protector le permitió caminar en largos pasajes ?	4.5
2)	¿En qué medida el protector le permitió recorrer trayectorias de esquina?	4.13
3)	¿En qué medida el protector le permitió subir y bajar escaleras?	4.88
4)	¿En qué medida el protector reaccionó a cambios de dirección espacial?	3.75
5)	De la escala del 1 al 5 ¿En qué grado se sintió cómodo durante los recorridos del circuito?	4.13

Tabla Nº05: “Resultados promedios por pregunta de desplazamiento”

Fuente: Elaboración propia

Los resultados se muestran a continuación mediante un análisis estadístico descriptivo para medir el grado de aceptación por medio de un promedio aritmético total de todas las respuestas se obtiene una tendencia favorable de 4.275.

Los resultados de la guía de observación brindaron un SI absoluto con ciertas observaciones a modo de realimentación positiva.

Nº	ACCIONES A EVALUAR*	REGISTRO DE CUMPLIMIENTO		OBSERVACIONES
		SI	NO	
1	Arranque del dispositivo al encender	X		El dispositivo enciende correctamente y no hay retardo al iniciar sus funcionalidades
2	Respuesta del detector IR	X		El detector IR responde correctamente a las señales
3	Respuesta del transmisor	X		Las emisiones de TX se enlazaron instantáneamente al visualizar las señales IR
4	Respuesta del receptor	X		Las recepciones RX se enlazaron instantáneamente al recibir la información
5	Respuesta del sensor ultrasónico	X		El sensor ultrasónico mantuvo un margen de 1.5m de radio de alejamiento
6	Reacción al alternar de escenarios	X		La demora es mínima, pero es escalable según el diseño
7	Respuesta del aparato sonador	X		El sonido es alto lo que lo hace conveniente para personas con problemas de audición
8	Duración de la batería (Prudencial)	X		Para las 8 pruebas realizadas las baterías fueron de gran rendimiento

Tabla N°06: “Resultados de la guía de observación ejecutada”

Fuente: Elaboración propia en Excel

5.2. Resultados inferenciales

Se muestra la evidencia de las pruebas resultantes del armado del protector facial con las señalizaciones IR, de las cuales se pueden apreciar de forma preliminar la ubicación y el diseño final que posee el dispositivo, tanto en el modelado 3D como en la praxis de la ubicación como un aditamento en la cabeza del usuario.

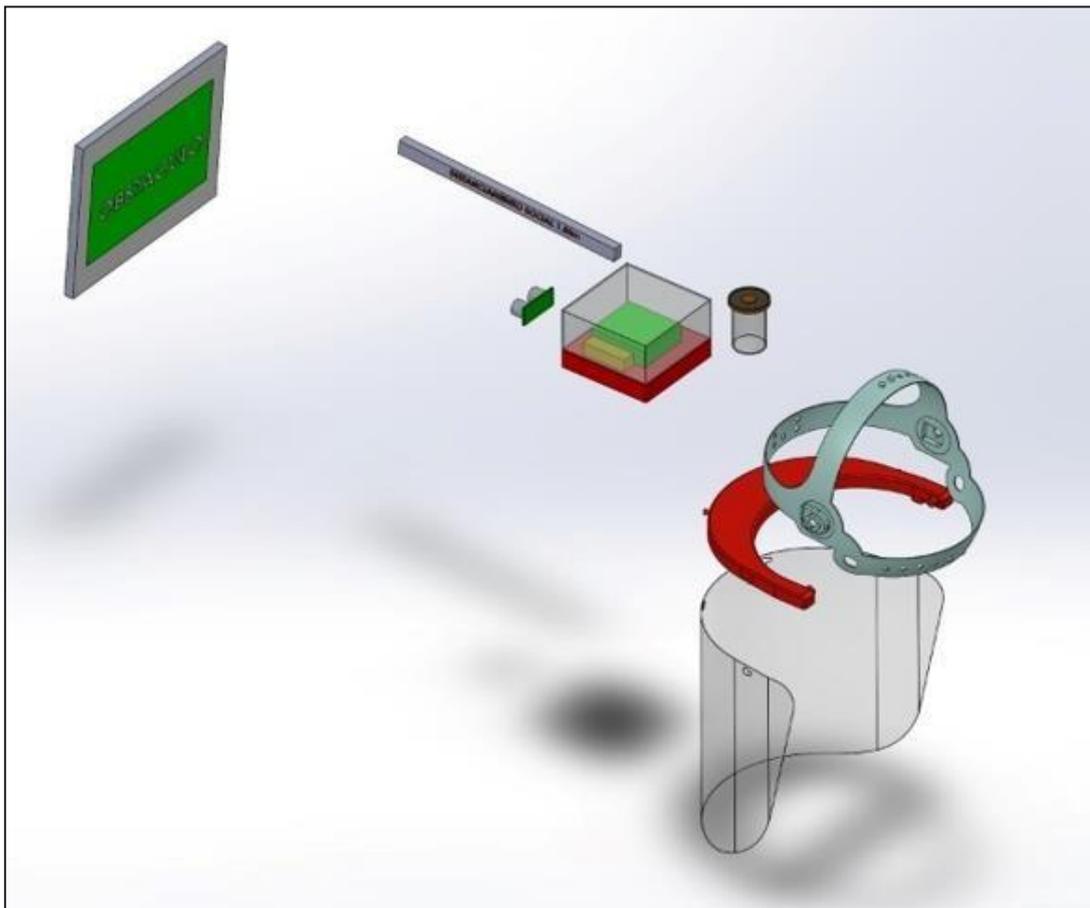


Figura N°31: “Modelado 3D del protector facial y señalización IR”
(Fuente: Elaboración propia en SolidWorks)

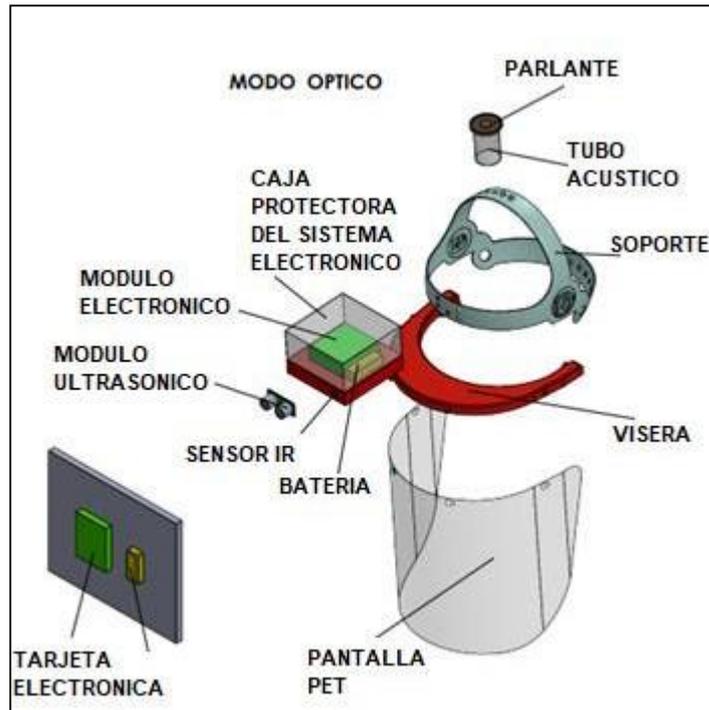


Figura N°32: “Modo óptico del protector facial”
(Fuente: Elaboración propia en SolidWorks)

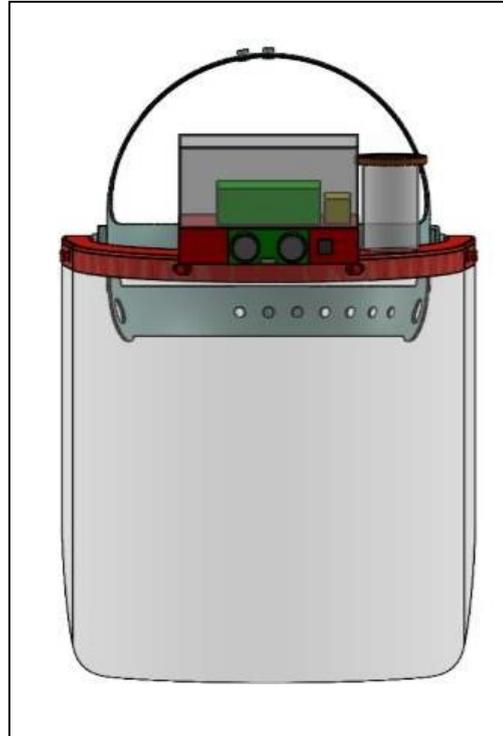


Figura N°33: “Perspectiva desde el interior del protector facial”
(Fuente: Elaboración propia en SolidWorks)



Figura N°34: “Vista oculta de las señalizaciones IR”
(Fuente: Elaboración propia fotográfica)

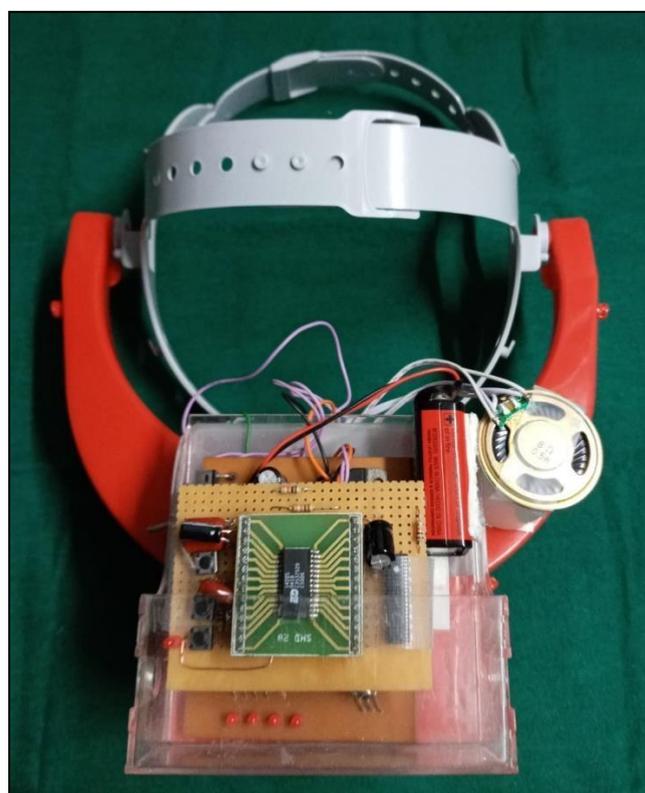


Figura N°35: “Vista frontal del protector implementado”
(Fuente: Elaboración propia fotográfica)

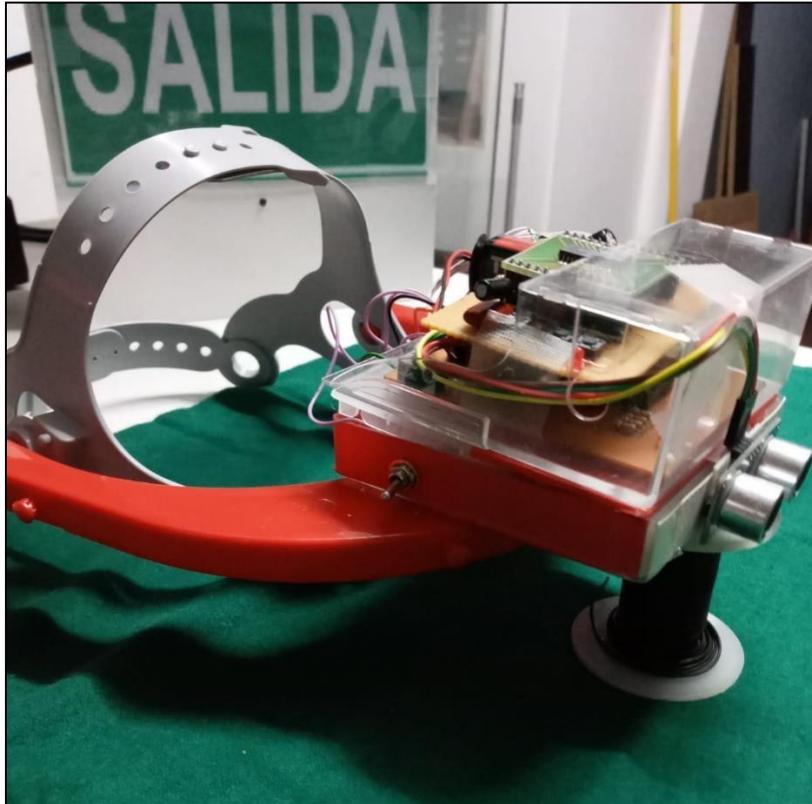


Figura N°36: “Vista de perfil del protector implementado”
(Fuente: Elaboración propia fotográfica)



Figura N°37: “Pruebas con señalización IR”
(Fuente: Elaboración propia fotográfica)



Figura N°38: “Pruebas de interacción con personas para el distanciamiento social de 1.5m”
(Fuente: Elaboración propia fotográfica)

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados

Se obtuvieron los resultados respecto a ambas variables, en el caso de la variable dependiente, se demostraron las hipótesis específicas respecto a la seguridad vial y el desplazamiento, ello es apreciable en el cuestionario realizado, donde en ambas dimensiones se registraron un resultado superior al puntaje establecido como “4”, el cual define nuestro resultado como de “BUENO” a “MUY BUENO”. Con ello la variable independiente: ***DESARROLLO DE UN PROTECTOR FACIAL CON TECNOLOGÍA ULTRASÓNICA Y DETECCIÓN IR*** también demostrada con la guía de observación donde se obtuvo una buena recepción con el reflejo de un SI absoluto, lo cual es traducible como un dispositivo altamente funcional en todas sus etapas, en la cual se demuestra la hipótesis inicial “***Hi: El desarrollo de un protector facial con tecnología ultrasónica y detección IR mejorará el desplazamiento de personas invidentes – COVID 19***” queda validada y a su vez, descartada la hipótesis nula “***Ho: El desarrollo de un protector facial con tecnología ultrasónica y detección IR no mejorará el desplazamiento de personas invidentes – COVID 19***”.

VII. CONCLUSIONES

- Se concluye con la presente investigación que el sistema es viable y útil para la mejora del desplazamiento de personas invidentes, pudiendo ser mejorable en algunos aspectos de comodidad según los resultados mostrados en la encuesta.
- Se llega a la conclusión que los sensores ultrasónicos y la tecnología IR son una tecnología oportuna para la realización de sistemas de seguimientos u orientación
- De los resultados se deduce que el dispositivo es útil para mejorar la seguridad vial de las personas invidentes y ello promueve la independencia de las mismas ante su limitación
- De los resultados se concluye que el dispositivo mejora el desplazamiento de las personas al momento de dirigirse a distintos lugares con distintos ambientes, sea en escaleras de bajada o subida, esquinas o pasadizos largos, incluso interactuando con personas.

VIII. RECOMENDACIONES

Los siguientes puntos a fin de obtener mejores resultados ante una siguiente investigación o mejorar el dispositivo para un uso cotidiano y formal.

- Se recomienda miniaturizar aún más el circuito a fin de convertir más cómoda la interacción entre el usuario invidente y el protector facial
- Se recomienda utilizar baterías pequeñas o módulos de carga para realizar más fácil la carga del dispositivo
- Se recomienda no rociar con alcohol el circuito debido a que podría causar daños en la placa y sus componentes

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ceguera y discapacidad visual. *Organización Mundial de la Salud* [en línea]. 28 de febrero de 2021 [consultado el 14 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/blindness-and-visual-impairment>
2. Evaluación psicológica en el Proceso de Ajuste a la Discapacidad Visual. En: *Psicología y Ceguera: Manuel para la intervención psicológica en el ajuste a la deficiencia visual*. Madrid: Primera edición, 2003. ISBN 84-484- 0123-9.
3. ¿Has pensado en los desafíos que supone la pandemia para las personas con ceguera?, Informe de la Unión Mundial de Ciegos. *Infocop*. 2021. ISSN 1886-1385.
4. EQUIPO VISUAL Y DE PERIODISMO DE DATOS BBC. 8 gráficos que muestran los casos de covid-19 en el mundo y cómo avanza la vacunación país por país. *BBC News Mundo* [en línea]. 3 de septiembre de 2021 [consultado el 8 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-58436227>
5. Información y actualizaciones sobre el coronavirus (COVID-19) | Johns Hopkins Medicine. *Johns Hopkins Medicine, based in Baltimore, Maryland* [en línea]. 20 de septiembre de 2021 [consultado el 20 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://www.hopkinsmedicine.org/coronavirus/espanol/>
6. ALVARADO CORAL, Juan David. *Sistema anticolidión para invidentes*. En: Repositorio Universidad del Cauca [base de datos en línea]. 1278 [consultado el 16 de septiembre de 2021]. Tesis de maestría, Universidad del Cauca, 2018. Disponible en: <http://repositorio.unicauca.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1278/SISTEMA%20ANTICOLIDIÓN%20PARA%20INVIDENTES.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
7. SANTIAGO, Praderas Víctor Manuel. Diseño, integración y experimentación de un sistema 3D de navegación para personas invidentes. Doctoral Thesis,

- Universitat Politècnica de València, 2012 [consultado el 6 de octubre de 2021]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10251/15577>
8. JOSÉ, Martínez. *Codificación del contorno de la imagen visual a patrón acústico y su decodificación realizada por invidentes*. En: Repositorio de la Universidad Tecnológica de Mixteca [base de datos en línea]. 119 [consultado el 9 de septiembre de 2021]. Tesis doctoral, Universidad Tecnológica de Mixteca, 2011. Disponible en: <http://repositorio.utm.mx/bitstream/123456789/119/1/2011-DEC-JRMC.pdf>
 9. GUERRON, Paredes Nancy Enriqueta. Estudio y desarrollo de interfaces sensitivas de realidad virtual y aumentada para invidentes en dispositivos portátiles. DoctorThesis, Universidad Politécnica de Madrid, 2018
 10. MORILLAS, Gutiérrez Christian A. Modelos y herramientas para sistemas de rehabilitación visual. DoctorThesis, Universidad de Granada, 2006.
 11. MONTERO, Fernández Jhon Ezrad. Diseño del sistema de comando de una silla de ruedas motorizada mediante movimientos cervicales. MasterThesis, Pontificia Universidad Católica del Perú, 2016 [consultado el 6 de octubre de 2021].
 12. ¿Qué es el espectro electromagnético? | Kapter. *Kapter | Termografía y Metrología* [en línea]. [sin fecha] [consultado el 18 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://www.kapter.mx/blog/que-es-el-espectro-electromagnetico/>
 13. Espectro infrarrojo - EcuRed. *EcuRed* [en línea]. [sin fecha] [consultado el 18 de septiembre de 2021]. Disponible en: https://www.ecured.cu/Espectro_infrarrojo
 14. Radiación infrarroja en el espectro de ondas (2) | Academia Testo. *Inicio | Academia Testo* [en línea]. [sin fecha] [consultado el 18 de septiembre de 2021]. Disponible en: <http://www.academiatesto.com.ar/cms/radiacion-infrarroja-en-el-espectro-de-ondas-2>
 15. EL ULTRASONIDO Y SU APLICACIÓN. *Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial UNMSM*. 2005, 8, 25-28. ISSN 1810-9993.

16. MARTÍNEZ RODRÍGUEZ, JAIRO ALEJANDRO, VITOLA OYAGA, JAIME, SANDOVAL CANTOR, SUSANA DEL PILAR Fundamentos teórico-prácticos del ultrasonido. *Tecnura* [en línea]. 2007, 10(20), 4-18[fecha de Consulta 19 de Setiembre de 2021]. ISSN: 0123-921X. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=257021012001>
17. DONATE, Antonio Hermosa. *Electrónica Ap 1*. Marcombo, 2011. ISBN 9788426717368
18. CLULEY, J. C. *Interfacing to microprocessors*. New York: McGraw-Hill Book Co., 1983. ISBN 0070114099.
19. Arquitectura de microcontroladores. *VISTRÓNICA SAS* [en línea]. [sin fecha] [consultado el 21 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://www.vistronica.com/blog/post/arquitectura-de-microcontroladores.html>
20. Arquitectura Harvard. *UMX Programación de sistemas* [en línea]. [sin fecha] [consultado el 20 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://umxprograms.wordpress.com/arquitectura/>
21. ¿Qué es la Baja Visión? *Puntoptic* [en línea]. 23 de julio de 2019 [consultado el 14 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://puntopticuidarojosanos.home.blog/2019/07/23/que-es-la-baja-vision/>
22. AARP herramienta de salud. AARP [en línea]. [sin fecha] [consultado el 23 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://healthtools.aarp.org/es/health/ceguera>
23. ¿Qué es la baja visión? *Tengobajavision* [en línea]. [sin fecha] [consultado el 14 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://www.tengobajavision.com/baja-vision/que-es/>
24. Ceguera y pérdida de la visión: MedlinePlus enciclopedia médica. *MedlinePlus - Health Information from the National Library of Medicine* [en línea]. [consultado el 17 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/003040.htm>
25. ¿Qué es un sistema embebido y cuáles son sus características? *Ilet Toluca | Cursos Talleres y Diplomados* [en línea]. [consultado el 17 de septiembre

- de 2021]. Disponible en: <https://ilet.mx/toluca/que-es-un-sistema-embebido-y-cuales-son-sus-caracteristicas/>
26. Microcontroladores y Microprocesadores | Circuito | Electrónica | Apuntes Universitarios | uDocz. *uDocz* [en línea]. [sin fecha] [consultado el 23 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://www.udocz.com/pe/apuntes/180302/tarea7-microprocesadores>
 27. ¿PCB qué es y para que sirve? - |Normas IPC|Certificación|ALDELTA. |Normas IPC|Certificación|ALDELTA [en línea]. Marzo de 2017 [consultado el 25 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://www.aldeltatec.com/blog-diseno-con-normas-y-certificaciones/pcb-que-es-y-para-que-sirve/#:~:text=¿PCB%20qué%20es%20en%20electrónica,producto%20función%20como%20se%20desea.>
 28. Sensórica. *Fabricante y distribuidor de equipos de medición | PCE Instruments* [en línea]. [sin fecha] [consultado el 24 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://www.pce-iberica.es/instrumentos-de-medida/sistemas/sensorica.htm#:~:text=Sensórica&text=s%20de%20sensores.,eléctricas%20se%20requiere%20la%20sensórica.>
 29. Cortés Osorio, J., Mendoza Vargas, J., & Muriel Escobar, J. (2009). Criterios de selección de las herramientas de desarrollo para microcontroladores pic. *Scientia Et Technica*, 3(43). <https://doi.org/10.22517/23447214.2301>
 30. PIC16F628A. TECmikro Ecuador [en línea]. [sin fecha] [consultado el 7 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://tecmikro.com/mcu-pic-atmel/82-pic16f628a.html>
 31. Introduction to PIC16F628a - The Engineering Projects. *The Engineering Projects* [en línea]. [sin fecha] [consultado el 11 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://www.theengineeringprojects.com/2018/07/introduction-to-pic16f628a.html>
 32. Gallego Becerra, H., Orozco Gallego, H., & Cortés Bermúdez, C. (2007). Los microcontroladores pic16f877 y su aplicación en prácticas de laboratorio. *Scientia Et Technica*, 1(37). <https://doi.org/10.22517/23447214.4145>

33. Aqeel, A. (2018, 5 noviembre). Introduction to PIC16F877. The Engineering Projects. Recuperado 10 de diciembre de 2021, de <https://www.theengineeringprojects.com/2018/11/introduction-to-pic16f877.html>
34. Tecnopura. (2019, 26 octubre). Módulo sensor receptor IR infrarrojo 38kHz / Diodo LED VS1838B. Recuperado 18 de diciembre de 2021, de <https://www.tecnopura.com/producto/modulo-sensor-receptor-ir-infrarrojo-38khz-diodo-led-vs1838b/>
35. Winbond Electronics Corp, Hoja de datos: ISD1400 Series, 2004
36. ELEK FIT FREAKNS, (2000)). Ultrasonic Ranging Module HC - SR04
37. Microchip. (2021, mayo 14-diciembre 20). MPLAB® X IDE | Microchip Technology [Conjunto de datos]. <https://www.microchip.com/en-us/tools-resources/develop/mplab-x-ide>

ANEXOS

ANEXO N°1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

DESARROLLO DE UN PROTECTOR FACIAL CON TECNOLOGÍA ULTRASÓNICA Y DETECCIÓN IR PARA LA MEJORA DEL DESPLAZAMIENTO DE PERSONAS INVIDENTES – COVID 19						
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	DISEÑO METODOLÓGICO
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	DEPENDIENTES			Tipo y diseño de investigación
¿En qué medida el desarrollo de un protector facial con tecnología ultrasónica y detección IR mejorará el desplazamiento de personas invidentes – COVID 19?	Desarrollar un protector facial con tecnología ultrasónica y detección IR para la mejora del desplazamiento de personas invidentes – COVID 19	El desarrollo de un protector facial con tecnología ultrasónica y detección IR mejorará el desplazamiento de personas invidentes – COVID 19	MEJORA DEL DESPLAZAMIENTO DE PERSONAS INVIDENTES – COVID 19	Seguridad vial	Seguridad vial activa - Factor humano	La investigación es de tipo aplicada ya que tiene como característica dar una solución sobre un problema en particular. El diseño de la investigación es experimental cuasi experimental
				Reducción de accidentes peatonales	Discapacidad visual	Método de investigación El presente trabajo de investigación será diseñado bajo el planteamiento metodológico del enfoque cuantitativo.
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	INDEPENDIENTES	DIMENSIONES	INDICADORES	Población y muestra
¿En qué medida el desarrollo de un protector facial con tecnología ultrasónica y detección IR mejorará la seguridad vial de personas invidentes – COVID 19?	Desarrollar un protector facial con tecnología ultrasónica y detección IR para mejorar la seguridad vial de personas invidentes – COVID 19	El desarrollo de un protector facial con tecnología ultrasónica y detección IR mejorará la seguridad vial de personas invidentes – COVID 19	DESARROLLO DE UN PROTECTOR FACIAL CON TECNOLOGÍA ULTRASÓNICA Y DETECCIÓN IR	Sensor ultrasónico	Distancia	La población de estudio estará conformada por un grupo de personas mayores de 18 años de edad del distrito de Ventanilla – Callao con dificultad visual. En este trabajo se realizará el método de muestreo no probabilístico
						Lugar de estudio y periodo desarrollado Distrito de Lima - 2021
¿En qué medida la aplicación de un sensor infrarrojo ayudará en el desplazamiento de personas invidentes – COVID 19?	Aplicar un sensor infrarrojo para ayudar en el desplazamiento de personas invidentes – COVID 19	La aplicación de un sensor infrarrojo ayudará en el desplazamiento de personas invidentes – COVID 19		Sensor infrarrojo	Radiación electromagnética Infrarroja	Técnicas de recolección de datos El instrumento a utilizar para las mediciones serán los sensores infrarrojo y ultrasónico La técnica de recolección de datos que se utilizará en la presente investigación será la encuesta y la observación
						Análisis y procesamiento de datos Se realizará un análisis de medición para observar la efectividad del dispositivo a desarrollar y se expresará mediante análisis estadístico gráfico.

ANEXO Nº2: PROGRAMACIÓN EN LENGUAJE ASSEMBLER DEL RECEPTOR DESARROLLADO EN MPLAB

Programación

```
.***** COMENTARIOS *****
;
;* PROGRAMA INFRARROJO RECEPCION
;* FECHA: 04 NOVIEMBRE 2021
;
.*****
;
.***** DEFINICIONES *****
;
.*****
;
;* SE DEFINE EL MICROCONTROLADOR
;
.*****
;
        LIST P=16F877A      ; DEFINE EL PIC
        INCLUDE <P16F877A.INC>
        __CONFIG 0x3F31
;
.*****
;
;* REGISTROS GENERALES
;
.*****
;
CNT1 EQU 0x20 ; CONTADOR 1
CNT2 EQU 0x21 ; CONTADOR 2
CNT3 EQU 0x22 ; CONTADOR 3
TEMP1 EQU 0x23
TEMP2 EQU 0x24
TEMPX EQU 0x25
TEMPY EQU 0x26
;
.*****
;
;* SE DEFINE FLAGS DE PORTB
;
.*****
;
buzz EQU 5
;
.*****
;
.***** VECTOR DE RESET *****
;
.*****
;
        ORG 0x000
        nop
```

```

        goto inicio ; PROGRAMA PRINCIPAL
;*****
;***** RUTINAS *****
;*****
;* RUTINA DE CODIFICACION
;*****
sond  addwf  PCL,F
      goto  snd0  ; (W) = 0
      goto  snd1  ; (W) = 1
      goto  snd2  ; (W) = 2
      goto  snd3  ; (W) = 3
      goto  snd4  ; (W) = 4
      goto  snd5  ; (W) = 5
      goto  snd6  ; (W) = 6
      goto  snd7  ; (W) = 7
      goto  snd8  ; (W) = 8
      goto  snd9  ; (W) = 9
      goto  sndA  ; (W) = 10
      goto  sndB  ; (W) = 11
      goto  sndC  ; (W) = 12
      goto  sndD  ; (W) = 13
      goto  sndE  ; (W) = 14
      goto  sndF  ; (W) = 15
snd0  bsf   PORTB,buzz
      movlw .10
      call  ms_n10
      bcf   PORTB,buzz
      movlw .10
      call  ms_n10
      bsf   PORTB,buzz
      movlw .10
      call  ms_n10
      bcf   PORTB,buzz
      return
snd1  bsf   PORTB,buzz

```

```

movlw .15
call  ms_n10
bcf   PORTB,buzz
movlw .15
call  ms_n10
bsf   PORTB,buzz
movlw .15
call  ms_n10
bcf   PORTB,buzz
return
snd2  bsf   PORTB,buzz
movlw .20
call  ms_n10
bcf   PORTB,buzz
movlw .20
call  ms_n10
bsf   PORTB,buzz
movlw .20
call  ms_n10
bcf   PORTB,buzz
return
snd3  bsf   PORTB,buzz
movlw .25
call  ms_n10
bcf   PORTB,buzz
movlw .25
call  ms_n10
bsf   PORTB,buzz
movlw .25
call  ms_n10
bcf   PORTB,buzz
return
snd4  bsf   PORTB,buzz
movlw .30
call  ms_n10

```

```

    bcf    PORTB,buzz
    movlw .30
    call   ms_n10
    bsf    PORTB,buzz
    movlw .30
    call   ms_n10
    bcf    PORTB,buzz
    return
snd5  bsf    PORTB,buzz
    movlw .35
    call   ms_n10
    bcf    PORTB,buzz
    movlw .35
    call   ms_n10
    bsf    PORTB,buzz
    movlw .35
    call   ms_n10
    bcf    PORTB,buzz
    return
snd6  bsf    PORTB,buzz
    movlw .40
    call   ms_n10
    bcf    PORTB,buzz
    movlw .40
    call   ms_n10
    bsf    PORTB,buzz
    movlw .40
    call   ms_n10
    bcf    PORTB,buzz
    return
snd7  bsf    PORTB,buzz
    movlw .45
    call   ms_n10
    bcf    PORTB,buzz
    movlw .45

```

```

    call    ms_n10
    bsf    PORTB,buzz
    movlw .45
    call    ms_n10
    bcf    PORTB,buzz
    return
snd8  bsf    PORTB,buzz
    movlw .50
    call    ms_n10
    bcf    PORTB,buzz
    movlw .50
    call    ms_n10
    bsf    PORTB,buzz
    movlw .50
    call    ms_n10
    bcf    PORTB,buzz
    return
snd9  bsf    PORTB,buzz
    movlw .55
    call    ms_n10
    bcf    PORTB,buzz
    movlw .55
    call    ms_n10
    bsf    PORTB,buzz
    movlw .55
    call    ms_n10
    bcf    PORTB,buzz
    return
sndA  bsf    PORTB,buzz
    movlw .60
    call    ms_n10
    bcf    PORTB,buzz
    movlw .60
    call    ms_n10
    bsf    PORTB,buzz

```

```

        movlw .60
        call  ms_n10
        bcf   PORTB,buzz
        return
sndB   bsf   PORTB,buzz
        movlw .65
        call  ms_n10
        bcf   PORTB,buzz
        movlw .65
        call  ms_n10
        bsf   PORTB,buzz
        movlw .65
        call  ms_n10
        bcf   PORTB,buzz
        return
sndC   bsf   PORTB,buzz
        movlw .70
        call  ms_n10
        bcf   PORTB,buzz
        movlw .70
        call  ms_n10
        bsf   PORTB,buzz
        movlw .70
        call  ms_n10
        bcf   PORTB,buzz
        return
sndD   bsf   PORTB,buzz
        movlw .75
        call  ms_n10
        bcf   PORTB,buzz
        movlw .75
        call  ms_n10
        bsf   PORTB,buzz
        movlw .75
        call  ms_n10

```

```

        bcf    PORTB,buzz
        return
sndE   bsf    PORTB,buzz
        movlw .80
        call  ms_n10
        bcf    PORTB,buzz
        movlw .80
        call  ms_n10
        bsf    PORTB,buzz
        movlw .80
        call  ms_n10
        bcf    PORTB,buzz
        return
sndF   bsf    PORTB,buzz
        movlw .85
        call  ms_n10
        bcf    PORTB,buzz
        movlw .85
        call  ms_n10
        bsf    PORTB,buzz
        movlw .85
        call  ms_n10
        bcf    PORTB,buzz
        return
;*****
;* RUTINA DE RETARDO: 10 MILISEGUNDOS CRISTAL DE 4 MHz
;*****
ms_10   clrwdt
        movlw .13
        movwf CNT2
        clrf  CNT1
d1      decfsz CNT1,F
        goto d1
        decfsz CNT2,F
        goto d1

```

```

return
;*****
;* RUTINA DE RETARDO: N * 10 MILISEGUNDOS
;*****

ms_n10    movwf CNT3
d2        call   ms_10
          decfsz CNT3,F
          goto  d2
          return
;*****
;***** PROGRAMA PRINCIPAL *****
;*****
;***** CONFIGURACIONES *****
;*****
inicio    bsf    STATUS,RP0 ; BANK 1
          movlw B'00010000'
          movwf TRISA      ; CONFIGURA PUERTO A
          movlw B'00000000'
          movwf   TRISB      ; CONFIGURA PUERTO B
          movlw B'00000000'
          movwf   TRISD      ; CONFIGURA PUERTO D
          movlw B'00000000'
          movwf   TRISE      ; CONFIGURA PUERTO E
          movlw B'00000111'
          movwf   OPTION_REG  ; CONFIGURA TMR0
          movlw .207          ; 300 BAUDIOS
          movwf SPBRG         ; Fosc/(16(X+1))
          movlw B'00000000'
          movwf TXSTA         ; MODO ASINCRONO, HIGH SPEED
          bcf    STATUS,RP0 ; BANK 0
          bsf    RCSTA,SPEN; Enable (RC7/RX y RC6/TX)
          bsf    RCSTA,CREN   ; !!! HABILITA RECEPCION CONTINUA
;*****
;* SCANEEO INICIAL

```

```

*****
,
    bsf    PORTB,buzz
    movlw 0xFF
    movwf PORTD
    movlw .20
    call   ms_n10
    bcf    PORTB,buzz
    clrf   PORTD
    movlw .20
    call   ms_n10
    bsf    PORTB,buzz
    movlw 0xFF
    movwf PORTD
    movlw .20
    call   ms_n10
    bcf    PORTB,buzz
    clrf   PORTD
    movlw .20
    call   ms_n10
*****
,* ESPERA PRIMER DATO TEMPX
*****
,
scan bsf    RCSTA,CREN      ; !!! HABILITA RECEPCION CONTINUA
    btfsc  RCSTA,FERR
    goto   err1
    btfsc  RCSTA,OERR
    goto   err1
    btfss  PIR1,RCIF
    goto   scan
nop
    nop
    bsf    RCSTA,CREN
    goto   scan
END

```

ANEXO N°3: PROGRAMACIÓN EN LENGUAJE ASSEMBLER DEL TRANSMISOR DERROLLADO EN IDE DE MPLAB

```
;* TINFRA628
;* PROGRAMA USADO EN EL MODULO TRASMISOR INFRARROJO
;* PARA ENVIAR EL MENSAJE, EL MENSAJE
;* ENVIA 1 BYTE CON EL CODIGO DE LOS 4 MICROSWITCHES.
;* 04 NOVIEMBRE 2021
;
;_____
LIST P=16F628A      ; DEFINE EL PIC
INCLUDE <P16F628A.INC>
__CONFIG 0x3F21
;
;_____
BANCO_0 MACRO
    BCF STATUS,RP0
    BCF STATUS,RP1
    ENDM
BANCO_1 MACRO
    BSF STATUS,RP0
    BCF STATUS,RP1
    ENDM
;
;_____
CONT1    EQU 20H
L        EQU 21H
M        EQU 22H
P        EQU 23H
CONT2    EQU 24H
BAND EQU 25H
SIGNO    EQU 26H
CARA1    EQU 27H
CARA2    EQU 28H
```

```

TEMP EQU 29H
CNT1 EQU 2AH
CNT2 EQU 2BH
CNT3 EQU 2CH

;
;_____
    ORG 0x000
    goto inicio

;
;_____
;_____RUTINAS _____
;
;_____
;* RUTINA DE RETARDO: 10 MILISEGUNDOS CRISTAL DE 4 MHz
;
;_____
ms_10    movlw .13
         movwf CNT2
         clrf  CNT1
d1       decfsz CNT1,F
         goto d1
         decfsz CNT2,F
         goto d1
         return

;
;_____
;* RUTINA DE RETARDO: N * 10 MILISEGUNDOS
;
;_____
ms_n10   movwf CNT3
d2       call  ms_10
         decfsz CNT3,F
         goto d2
         return

;
;_____

```

;* PROGRAMA PRINCIPAL

:

```
inicio clrf   PORTA
      clrf   PORTB
      clrf   BAND
      BANCO_1
      movlw B'00011110'      ;RA1..RA4 entradas
      movwf TRISA           ; salida RA0,1; entrada RA2
      movlw 0x04
      movwf VRCON           ; deshabilita referencia
      movlw B'00000010' ;B1/RX entrada, B2/TX salida,
      movwf TRISB           ;B3/CCP1 salida
      movlw B'00000111'
      movwf OPTION_REG
      movlw .25
      movwf PR2             ;T de PWM 38 Khz
      movlw .207            ;x=207(10)=cf(16) en formula de baud rate
      movwf SPBRG           ;para 300 bauds, modo sincrono
      movlw 0x00            ;BRG=0, SYNC=0, TXEN=0, TX9=0
      movwf TXSTA           ;baja Vel., Asin, no Hab. Tx, 8 bits de datos
      BANCO_0
```

:

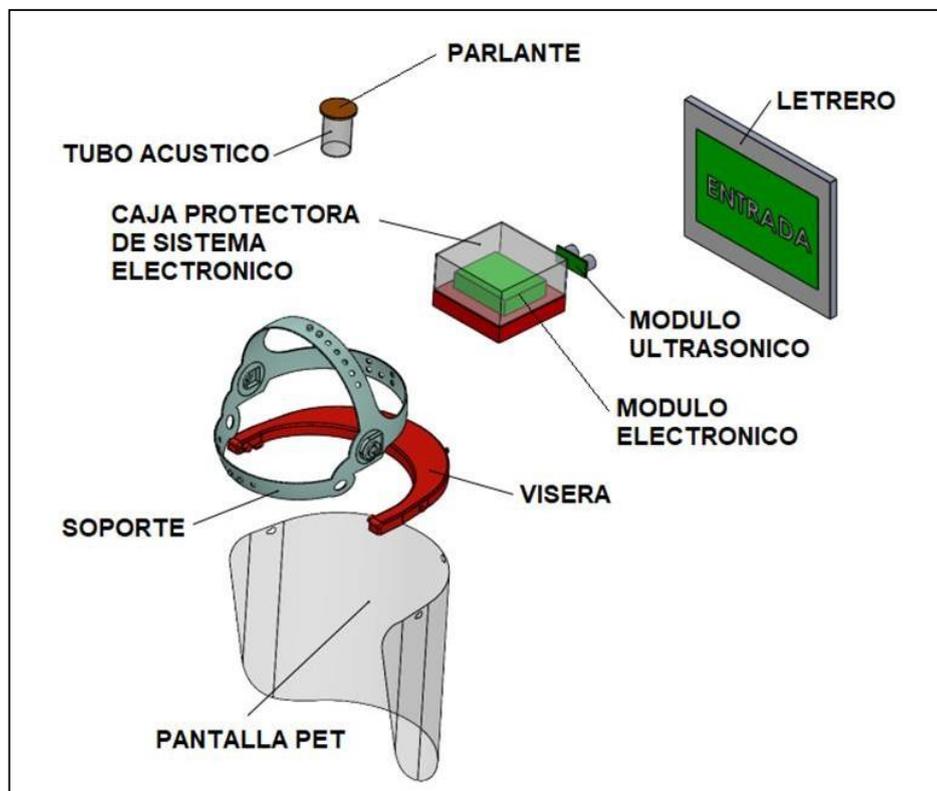
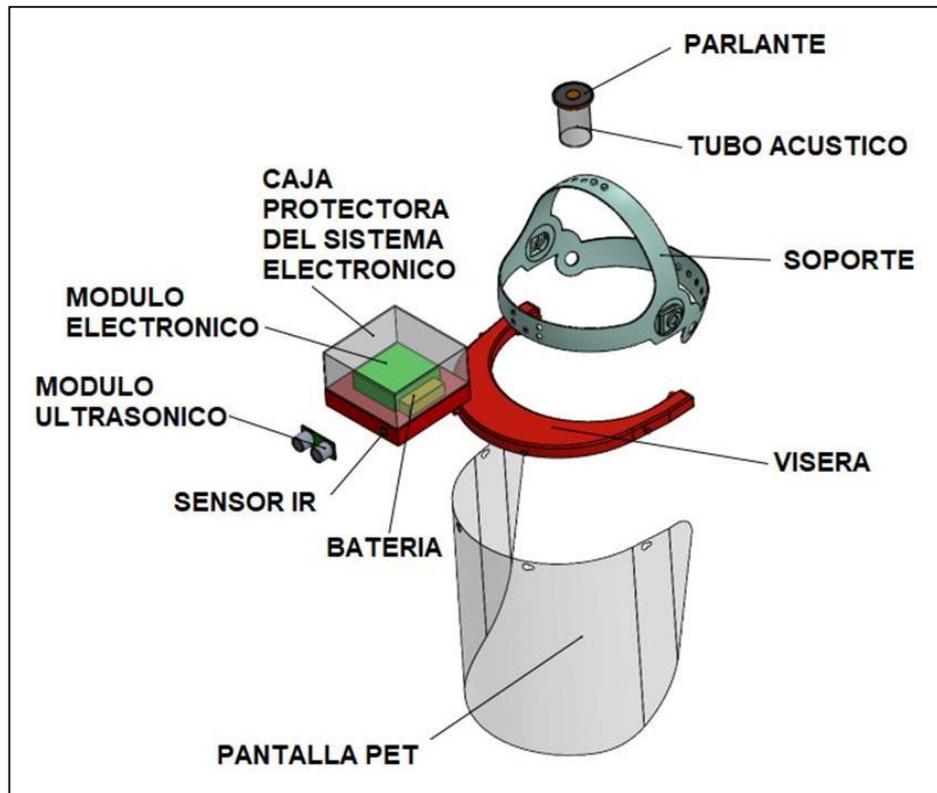
```
      movlw 0x07
      movwf CMCON           ; DESHABILITA COMPARADOR
      movlw .13
      movwf CCPR1L         ; 50% DUTY CYCLE PWM
      movlw B'00001100'
      movwf CCP1CON        ; MODO PWM
      movlw B'00000100'
```

```

    movwfT2CON          ; PRESCALA 1:1, TIMER2 ON HABILITA
PWM
    movlw 0x00
    movwfRCREG
    movwfTXREG
    movlw 0x80
    movwfRCSTA          ; BIT 7 SPEN A UNO, NO NECESITA
RECIBIR
;
;-----
;* LEE DATO DE LOS DIPSWITCH
;
;-----
g1  movfwPORTA          ; ENVIA ESTADO DE SW EN PUERTO A
    movwf CARA1
    rrf  CARA1
    swapf CARA1,W
    movwf CARA2
    movfwCARA1
    andlw B'00001111'
    movwf CARA1
    movfwCARA2
BANCO_0
    return
    END

```

ANEXO Nº4: DISEÑO 3D DEL PROTOTIPO DEL PROTECTOR FACIAL DE TECNOLOGÍA ULTRASÓNICA Y SEÑALIZACIÓN IR



ANEXO N°5: MODELO DE CUESTIONARIO ANÓNIMO DE SATISFACCIÓN

Cuestionario anónimo de satisfacción		
Sexo:	M	F
Edad:		
Discapacidad Visual:		

* Responder en una escala del 1 al 5 las preguntas que a continuación se formulan, donde 1 es el menor grado de evaluación y 5 es la máxima calificación

Sección N°1: Seguridad Vial	Respuesta
1) ¿Qué tan cómodo se siente al portar el prototipo de protector facial en su cabeza?	<input type="text"/>
2) ¿En qué medida sintió que su seguridad aumentó al oír y seguir las señalizaciones?	<input type="text"/>
3) ¿En qué grado el protector le brindó información precisa acerca de los obstáculos?	<input type="text"/>
4) ¿En qué medida siente seguro de que no se caiga el protector al momento de caminar?	<input type="text"/>
5) ¿En qué medida se sintió seguro de no colisionar con las paredes y/o personas alrededor?	<input type="text"/>

Sección N°2: Desplazamiento	Respuesta
1) ¿En qué medida el protector le permitió caminar en largos pasajes?	<input type="text"/>
2) ¿En qué medida el protector le permitió recorrer trayectorias de esquina?	<input type="text"/>
3) ¿En qué medida el protector le permitió subir y bajar escaleras?	<input type="text"/>
4) ¿En qué medida el protector reaccionó a cambios de dirección espacial?	<input type="text"/>
5) De la escala del 1 al 5 ¿En qué grado se sintió cómodo durante los recorridos del circuito?	<input type="text"/>

ANEXO N°6: MODELO DE GUÍA DE OBSERVACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL PROTECTOR FACIAL

GUÍA DE OBSERVACIÓN DE FUNCIONAMIENTO DE DISPOSITIVO

NOMBRE DEL DISPOSITIVO	PROTECTOR FACIAL ELECTRÓNICO
OBSERVADOR	
FECHA DE OBSERVACIÓN	

INSTRUCCIONES:

Observe los parámetros del dispositivo y marcar con una "X" según corresponda, en caso cumpla con o sin observaciones, marcar "SI", en caso contrario marcar "NO". En cada caso brindar una descripción breve del desarrollo.

Nº	ACCIONES A EVALUAR*	REGISTRO DE CUMPLIMIENTO		OBSERVACIONES
		SI	NO	
1	Arranque del dispositivo al encender			
2	Respuesta del detector IR			
3	Respuesta del transmisor			
4	Respuesta del receptor			
5	Respuesta del sensor ultrasónico			
6	Reacción al alternar de escenarios			
7	Respuesta del aparato sonador			
8	Duración de la bocina			

*Las acciones a evaluar se basan en el funcionamiento correcto del dispositivo a fin de testear cada etapa funcional del dispositivo

ANEXO N°7: DATASHEET DE ISD1400



ChipCorder®
TECHNOLOGY BY ISD

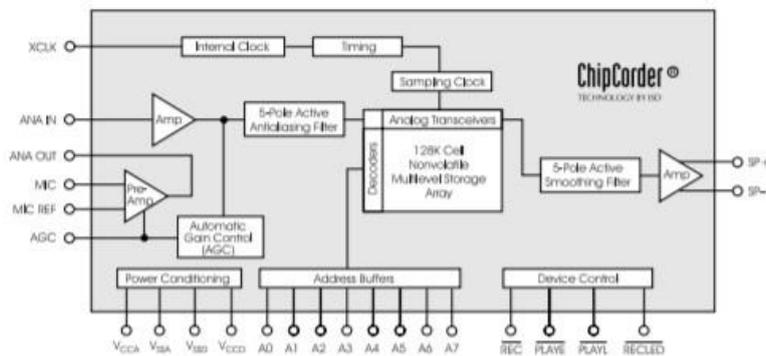
ISD1400 Series Single-Chip Voice Record/Playback Devices 16- and 20-Second Durations

GENERAL DESCRIPTION

Information Storage Devices' ISD1400 ChipCorder® series provides high-quality, single-chip record/playback solutions to short-duration messaging applications. The CMOS devices include an on-chip oscillator, microphone preamplifier, automatic gain control, antialiasing filter, smoothing filter, and speaker amplifier. A minimum record/playback subsystem can be configured with a microphone, a speaker, several passives, two push-buttons, and a power source.

Recordings are stored in on-chip nonvolatile memory cells, providing zero-power message storage. This unique, single-chip solution is made possible through ISD's patented multilevel storage technology. Voice and audio signals are stored directly into memory in their natural form, providing high-quality, solid-state voice reproduction.

Figure: ISD1400 Series Block Diagram



DETAILED DESCRIPTION

SPEECH/SOUND QUALITY

The ISD1400 series includes devices offered at 6.4 and 8.0 KHz sampling frequencies, allowing the user a choice of speech quality options. The speech samples are stored directly into on-chip nonvolatile memory without the digitization and compression associated with other solutions. Direct analog storage provides a very true, natural sounding reproduction of voice, music, tones, and sound effects not available with most solid-state digital solutions.

DURATION

To meet end system requirements, the ISD1400 series offers single-chip solutions at 16 and 20 seconds.

EEPROM STORAGE

One of the benefits of ISD's ChipCorder technology is the use of on-chip nonvolatile memory, providing zero-power message storage. The message is retained for up to 100 years typically without power. In addition, the device can be re-recorded typically over 100,000 times.

BASIC OPERATION

The ISD1400 ChipCorder series devices are controlled by a single record signal, \overline{REC} , and either of two push-button control playback signals, \overline{PLAYE} (edge-activated playback), and \overline{PLAYL} (level-activated playback). The ISD1400 parts are configured for simplicity of design in a single-message application. Using the address lines will allow multiple message applications. Device operation is explained on page 15.

AUTOMATIC POWER-DOWN MODE

At the end of a playback or record cycle, the ISD1400 series devices automatically return to a low-power standby mode, consuming typically 0.5 μ A. During a playback cycle, the device powers down automatically at the end of the message. During a record cycle, the device powers down immediately after \overline{REC} is released HIGH.

ADDRESSING (OPTIONAL)

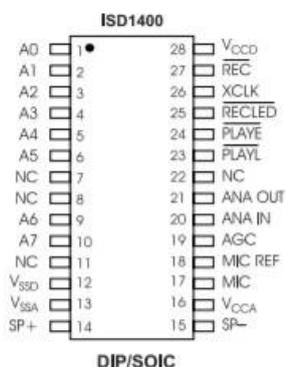
In addition to providing simple message playback, the ISD1400 series provides a full addressing capability.

The ISD1400 series storage array has 160 distinct addressable segments, providing the following resolutions. See Application Information for ISD1400 address tables.

Table 1: Device Playback/Record Durations

Part Number	Minimum Duration (Seconds)
ISD1416	100 ms
ISD1420	125 ms

Figure 1: ISD1400 Series Pinouts



NOTE: NC means must Not Connect.

PIN DESCRIPTION

NOTE The $\overline{\text{REC}}$ signal is debounced for 50 ms on the rising edge to prevent a false retriggering from a push-button switch.

VOLTAGE INPUTS (V_{CCA}, V_{CCD})

Analog and digital circuits internal to the ISD1400 series use separate power buses to minimize noise on the chip. These power buses are brought out to separate pins on the package and should be tied together as close to the supply as possible. It is important that the power supply be decoupled as close as possible to the package.

GROUND INPUTS (V_{SSA}, V_{SSD})

Similar to V_{CCA} and V_{CCD}, the analog and digital circuits internal to the ISD1400 series use separate ground buses to minimize noise. These pins should be tied together as close as possible to the device.

RECORD (REC)

The $\overline{\text{REC}}$ input is an active-LOW record signal. The device records whenever $\overline{\text{REC}}$ is LOW. This signal must remain LOW for the duration of the recording. $\overline{\text{REC}}$ takes precedence over either playback ($\overline{\text{PLAYE}}$ or $\overline{\text{PLAYL}}$) signal. If $\overline{\text{REC}}$ is pulled LOW during a playback cycle, the playback immediately ceases and recording begins.

A record cycle is completed when $\overline{\text{REC}}$ is pulled HIGH or the memory space is filled.

An end-of-message marker (EOM) is internally recorded, enabling a subsequent playback cycle to terminate appropriately. The device automatically powers down to standby mode when $\overline{\text{REC}}$ goes HIGH.

PLAYBACK, EDGE-ACTIVATED (PLAYE)

When a LOW-going transition is detected on this input signal, a playback cycle begins. Playback continues until an EOM is encountered or the end of the memory space is reached. Upon completion of the playback cycle, the device automatically powers down into standby mode. Taking $\overline{\text{PLAYE}}$ HIGH during a playback cycle will not terminate the current cycle.

PLAYBACK, LEVEL-ACTIVATED (PLAYL)

When this input signal transitions from HIGH to LOW, a playback cycle is initiated. Playback continues until $\overline{\text{PLAYL}}$ is pulled HIGH, an EOM marker is detected, or the end of the memory space is reached. The device automatically powers down to standby mode upon completion of the playback cycle.

NOTE In playback, if either $\overline{\text{PLAYE}}$ or $\overline{\text{PLAYL}}$ is held LOW during EOM or OVF, the device will still enter standby and the internal oscillator and timing generator will stop. However, the rising edge of $\overline{\text{PLAYE}}$ and $\overline{\text{PLAYL}}$ are not debounced and any subsequent falling edge (particularly switch bounce) present on the input pins will initiate another playback.

RECORD LED OUTPUT (RECLED)

The output RECLED is LOW during a record cycle. It can be used to drive an LED to provide feedback that a record cycle is in progress. In addition, RECLED pulses LOW momentarily when an EOM is encountered in a playback cycle.

MICROPHONE INPUT (MIC)

The microphone input transfers its signal to the on-chip preamplifier. An on-chip Automatic Gain Control (AGC) circuit controls the gain of this preamplifier from -15 to 24 dB. An external microphone should be AC coupled to this pin via a series capacitor. The capacitor value, together with the internal 10 K Ω resistance on this pin, determine the low-frequency cutoff for the ISD1400 series passband. See Application Information for additional information on low-frequency cutoff calculations.

MICROPHONE REFERENCE (MIC REF)

The MIC REF input is the inverting input to the microphone preamplifier. This provides a noise-canceling or common-mode rejection input to the device when connected differentially to a microphone.

AUTOMATIC GAIN CONTROL (AGC)

The AGC dynamically adjusts the gain of the preamplifier to compensate for the wide range of microphone input levels. The AGC allows the full range of sound, from whispers to loud sounds, to be recorded with minimal distortion. The "attack" time is determined by the time constant of a 5 K Ω internal resistance and an external capacitor (C6 on the schematic in Figure 4) connected from the AGC pin to V_{SSA} analog ground. The "release" time is determined by the time constant of an external resistor (R5) and an external capacitor (C6) connected in parallel between the AGC Pin and V_{SSA} analog ground. Nominal values of 470 K Ω and 4.7 μ F give satisfactory results in most cases.

ANALOG OUTPUT (ANA OUT)

This pin provides the preamplifier output to the user. The voltage gain of the preamplifier is determined by the voltage level at the AGC pin.

ANALOG INPUT (ANA IN)

The ANA IN pin transfers the input signal to the chip for recording. For microphone inputs, the ANA OUT pin should be connected via an external capacitor to the ANA IN pin. This capacitor value, together with the 3.0 K Ω input impedance of ANA IN, is selected to give additional cutoff at the low-frequency end of the voice passband. If the desired input is derived from a source other than a microphone, the signal can be fed, capacitively coupled, into the ANA IN pin directly.

EXTERNAL CLOCK INPUT (XCLK)

The external clock input for the ISD1400 devices has an internal pull-down device. The ISD1400 is configured at the factory with an internal sampling clock frequency that guarantees its minimum nominal record/playback time. For instance, an ISD1420 operating within specification will be observed to always have a minimum of 20 seconds of recording time. The sampling frequency is then maintained to a variation of ± 2.25 percent over the commercial temperature and operating voltage ranges, while still maintaining the minimum specified recording duration. This will result in some devices having a few percent more than nominal recording time.

The internal clock has a ± 5 percent tolerance over the industrial temperature and voltage range. A regulated power supply is recommended for industrial temperature parts. If greater precision is required, the device can be clocked through the XCLK pin as follows:

Table 2: External Clock Sample Rates

Part Number	Sample Rate	Required Clock
ISD1416	8.0 KHZ	1024 KHZ
ISD1420	6.4 KHZ	819.2 KHZ

These recommended clock rates should not be varied because the antialiasing and smoothing filters are fixed, and aliasing problems can occur if the sample rate differs from the one recommended. The duty cycle on the input clock is not critical, as the clock is immediately divided by two internally. **If the XCLK is not used, this input should be connected to ground.**

SPEAKER OUTPUTS (SP+, SP-)

The SP+ and SP- pins provide direct drive for loudspeakers with impedances as low as 16 Ω . A single output may be used, but, for direct-drive loudspeakers, the two opposite-polarity outputs provide an improvement in output power of up to four times over a single-ended connection. Furthermore, when SP+ and SP- are used, a speaker-coupling capacitor is not required. A single-ended connection will require an AC-coupling capacitor between the SP pin and the speaker. The speaker outputs are in a high-impedance state during a record cycle, and held at V_{SSA} during power down.

ADDRESS INPUTS (A0–A7)

The Address Inputs have two functions, depending upon the level of the two Most Significant Bits (MSB) of the address.

If either of the two MSBs is LOW, the inputs are all interpreted as address bits and are used as the start address for the current record or playback cycle. The address pins are inputs only and do not output internal address information as the operation progresses. Address inputs are latched by the falling edge of PLAYE, PLAYL, or REC.

OPERATIONAL MODES

The ISD1400 series is designed with several built-in operational modes provided to allow maximum functionality with a minimum of additional components, described in detail below. The operational modes use the address pins on the ISD1400 devices, but are mapped outside the valid address range. When the two Most Significant Bits (MSBs) are HIGH (A6 and A7), the remaining address signals are interpreted as mode bits and not as address bits. Therefore, operational modes and direct addressing are not compatible and cannot be used simultaneously.

There are two important considerations for using operational modes. First, all operations begin initially at address 0, which is the beginning of the ISD1400 address space. Later operations can begin at other address locations, depending on the operational mode(s) chosen. In addition, the address pointer is reset to 0 when the device is changed from record to playback but not from playback to record when A4 is HIGH in Operational Mode.

Second, an Operational Mode is executed when any of the control inputs, PLAYE, PLAYL, or REC, go LOW and the two MSBs are HIGH. This Operational Mode remains in effect until the next LOW-going control input signal at which point the current address/mode levels are sampled and executed.

NOTE The two MSBs are on pins 9 and 10 for each ISD1400 series device.

Infrared Receiver Module 红外线接收器

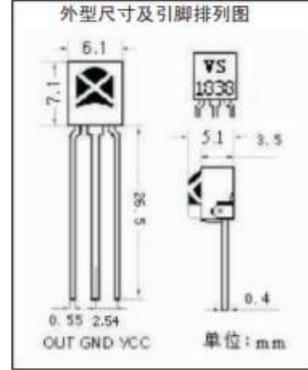
型号: VS1838B

1. 特性

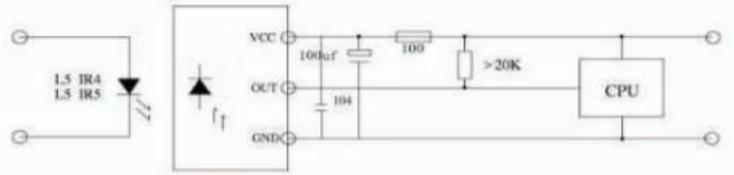
- 小型设计;
- 内置专用 IC;
- 宽角度及长距离接收;
- 抗干扰能力强;
- 能抵御环境光线干扰;
- 低电压工作;

2. 应用:

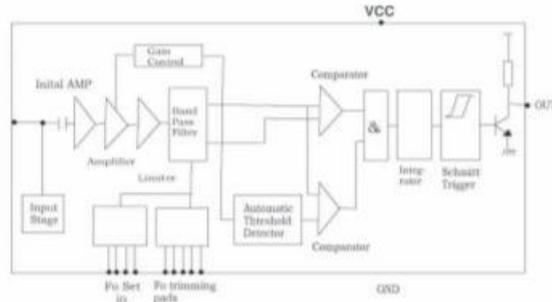
- 视听器材(音响, 电视, 录影机, 碟机)
- 家用电器(冷器机, 电风扇, 电灯)
- 其它无线电器遥控产品;



3. 应用电路图:



4. 原理图:



Infrared Receiver Module 红外线接收器

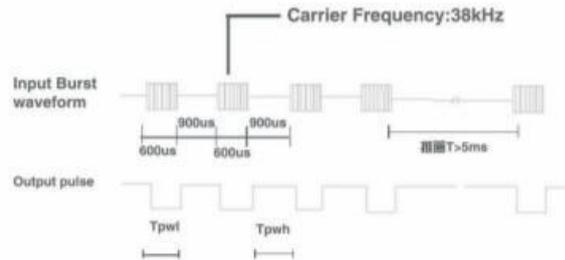
型号: VS1838B

光电参数 (T=25℃ Vcc=5v f_c=38KHZ)

参数	符号	测试条件	Min	Typ	Max	单位
工作电压	Vcc		2.7		5.5	V
接收距离	L	L51R=300MA (测试信号)	18	20		M
载波频率	f _c		38K			HZ
接收角度	θ1/2	距离衰减 1/2		+/-45		Deg
BMP 宽度	F _m	-3Db andwidth	2	3.3	5	kHz
静态电流	I _{cc}	无信号输入时	—	0.4	1.5	mA
低电平输出	V _a	V _{in} =0V Vcc=5V		0.2	0.4	V
高电平输出	V _m	Vcc=5V	4.5			V
输出脉冲 宽度	T _m	V _{in} =500 μVp-p	500	600	700	μs
	T _m	V _{in} =50mVp-p	500	600	700	μs

*在光轴上测试,以宽度为 600/900 μs 为发射脉冲,在 5CM 之接收范围内,取 50 次接收脉冲之平均值

5. 测试波型:



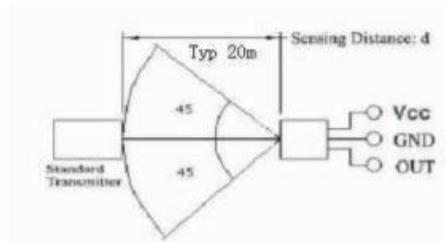
6. 极限参数:

项目	符号	规格	单位
供应电压	Vcc	6.0	v
工作温度	Topr	-20-85	℃
储存温度	Tstg	-40-125	℃
焊接温度	Tsol	240	℃

Infrared Receiver Module 红外线接收器

型号: VS1838B

7. 接收角度:



8. 推荐使用条件:

项目	符号	Min	Typ	Max	单位
工作电压	Vcc	2.7	-----	5.5	V
输入频率	FM		38		kHz
工作温度	Topr	-20	25	80	℃

9. 使用注意

- 1) 在无任何外加压力及影响品质的环境下储存及使用;
- 2) 在无污染性气体或海风(含盐份)的环境下储存及使用;
- 3) 在低湿度环境下储存及使用;
- 4) 在规定的条件下焊接引线管脚, 焊接后, 请勿施加外力;
- 5) 请勿清洗本产品, 使用前, 请先用静电带将作业员及电烙铁连接落地线;



PIC16F627A/628A/648A

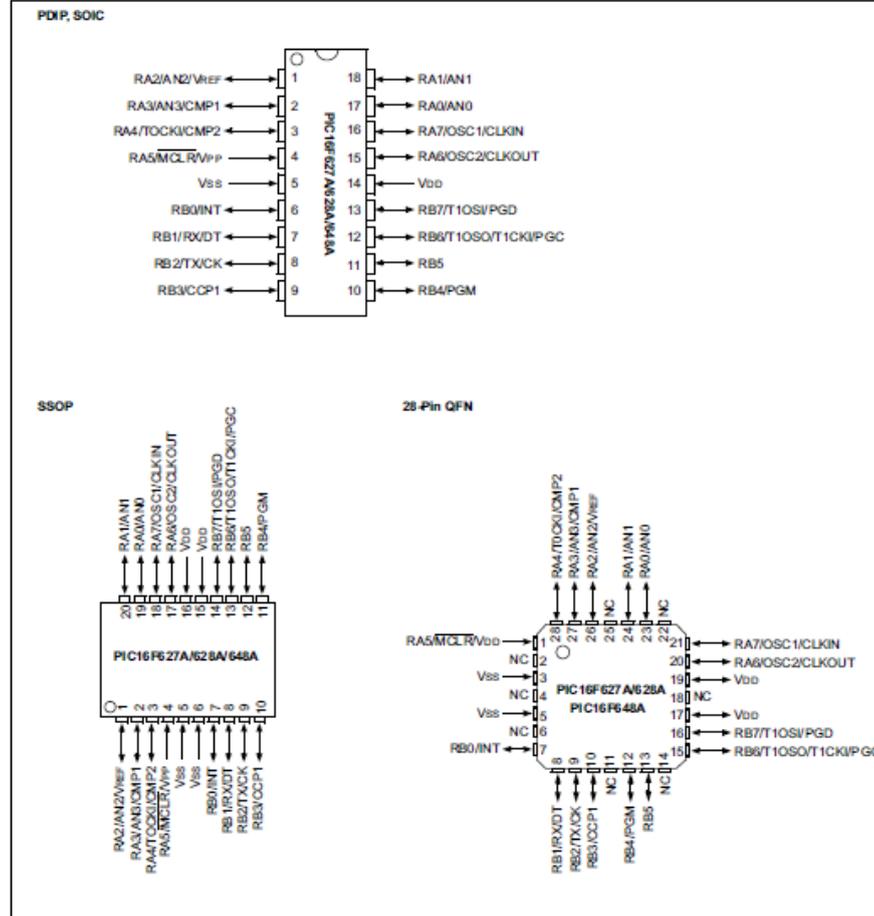
Data Sheet

FLASH-Based

8-Bit CMOS Microcontrollers

PIC16F627A/628A/648A

Pin Diagrams



PIC16F627A/628A/648A

1.0 GENERAL DESCRIPTION

The PIC16F627A/628A/648A are 18-Pin FLASH-based members of the versatile PIC16CXX family of low cost, high performance, CMOS, fully-static, 8-bit microcontrollers.

All PICmicro[®] microcontrollers employ an advanced RISC architecture. The PIC16F627A/628A/648A have enhanced core features, eight-level deep stack, and multiple internal and external interrupt sources. The separate instruction and data buses of the Harvard architecture allow a 14-bit wide instruction word with the separate 8-bit wide data. The two-stage instruction pipeline allows all instructions to execute in a single-cycle, except for program branches (which require two cycles). A total of 35 instructions (reduced instruction set) are available, complemented by a large register set.

PIC16F627A/628A/648A microcontrollers typically achieve a 2:1 code compression and a 4:1 speed improvement over other 8-bit microcontrollers in their class.

PIC16F627A/628A/648A devices have integrated features to reduce external components, thus reducing system cost, enhancing system reliability and reducing power consumption.

The PIC16F627A/628A/648A has 8 oscillator configurations. The single-pin RC oscillator provides a low cost solution. The LP oscillator minimizes power consumption, XT is a standard crystal, and INTOSC is a self-contained precision two-speed internal oscillator. The

HS is for High-Speed crystals. The EC mode is for an external clock source.

The SLEEP (Power-down) mode offers power savings. Users can wake-up the chip from SLEEP through several external interrupts, internal interrupts and RESETS.

A highly reliable Watchdog Timer with its own on-chip RC oscillator provides protection against software lock-up.

Table 1-1 shows the features of the PIC16F627A/628A/648A mid-range microcontroller families.

A simplified block diagram of the PIC16F627A/628A/648A is shown in Figure 3-1.

The PIC16F627A/628A/648A series fits in applications ranging from battery chargers to low power remote sensors. The FLASH technology makes customizing application programs (detection levels, pulse generation, timers, etc.) extremely fast and convenient. The small footprint packages makes this microcontroller series ideal for all applications with space limitations. Low cost, low power, high performance, ease of use and I/O flexibility make the PIC16F627A/628A/648A very versatile.

1.1 Development Support

The PIC16F627A/628A/648A family is supported by a full-featured macro assembler, a software simulator, an in-circuit emulator, a low cost in-circuit debugger, a low cost development programmer and a full-featured programmer. A Third Party "C" compiler support tool is also available.

TABLE 1-1: PIC16F627A/628A/648A FAMILY OF DEVICES

		PIC16F627A	PIC16F628A	PIC16F648A	PIC16LF627A	PIC16LF628A	PIC16LF648A
Clock	Maximum Frequency of Operation (MHz)	20	20	20	4	4	4
	FLASH Program Memory (words)	1024	2048	4096	1024	2048	4096
Memory	RAM Data Memory (bytes)	224	224	256	224	224	256
	EEPROM Data Memory (bytes)	128	128	256	128	128	256
	Timer module(s)	TMR0, TMR1, TMR2					
Peripherals	Comparator(s)	2	2	2	2	2	2
	Captures/Comparators/PWM modules	1	1	1	1	1	1
	Serial Communications	USART	USART	USART	USART	USART	USART
	Internal Voltage Reference	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
	Interrupt Sources	10	10	10	10	10	10
Features	I/O Pins	16	16	16	16	16	16
	Voltage Range (Volts)	3.0-5.5	3.0-5.5	3.0-5.5	2.0-5.5	2.0-5.5	2.0-5.5
	Brown-out Reset	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
	Packages	18-pin DIP, SOIC, 20-pin SSOP, 28-pin QFN					

All PICmicro[®] Family devices have Power-on Reset, selectable Watchdog Timer, selectable Code Protect and high I/O current capability. All PIC16F627A/628A/648A Family devices use serial programming with clock pin RB6 and data pin RB7.

PIC16F627A/628A/648A

2.0 PIC16F627A/628A/648A DEVICE VARIETIES

A variety of frequency ranges and packaging options are available. Depending on application and production requirements, the proper device option can be selected using the information in the PIC16F627A/628A/648A Product Identification System, at the end of this data sheet. When placing orders, please use this page of the data sheet to specify the correct part number.

2.1 FLASH Devices

FLASH devices can be erased and re-programmed electrically. This allows the same device to be used for prototype development, pilot programs and production.

A further advantage of the electrically erasable FLASH is that it can be erased and reprogrammed in-circuit, or by device programmers, such as Microchip's PICSTART[®] Plus, or PRO MATE[®] II programmers.

2.2 Quick-Turnaround-Production (QTP) Devices

Microchip offers a QTP Programming Service for factory production orders. This service is made available for users who chose not to program a medium to high quantity of units and whose code patterns have stabilized. The devices are standard FLASH devices but with all program locations and configuration options already programmed by the factory. Certain code and prototype verification procedures apply before production shipments are available. Please contact your Microchip Technology sales office for more details.

2.3 Serialized Quick-Turnaround- Production (SQTPSM) Devices

Microchip offers a unique programming service where a few user-defined locations in each device are programmed with different serial numbers. The serial numbers may be random, pseudo-random or sequential.

Serial programming allows each device to have a unique number, which can serve as an entry-code, password or ID number.

PIC16F627A/628A/648A

3.0 ARCHITECTURAL OVERVIEW

The high performance of the PIC16F627A/628A/648A family can be attributed to a number of architectural features commonly found in RISC microprocessors. To begin with, the PIC16F627A/628A/648A uses a Harvard architecture, in which program and data are accessed from separate memories using separate buses. This improves bandwidth over traditional von Neumann architecture where program and data are fetched from the same memory. Separating program and data memory further allows instructions to be sized differently than 8-bit wide data word. Instruction opcodes are 14-bits wide making it possible to have all single word instructions. A 14-bit wide program memory access bus fetches a 14-bit instruction in a single cycle. A two-stage pipeline overlaps fetch and execution of instructions. Consequently, all instructions (35) execute in a single-cycle (200 ns @ 20 MHz) except for program branches.

Table 3-1 lists device memory sizes (FLASH, Data and EEPROM).

TABLE 3-1: DEVICE MEMORY LIST

Device	Memory		
	FLASH Program	RAM Data	EEPROM Data
PIC16F627A	1024 x 14	224 x 8	128 x 8
PIC16F628A	2048 x 14	224 x 8	128 x 8
PIC16F648A	4096 x 14	256 x 8	256 x 8
PIC16LF627A	1024 x 14	224 x 8	128 x 8
PIC16LF628A	2048 x 14	224 x 8	128 x 8
PIC16LF648A	4096 x 14	256 x 8	256 x 8

The PIC16F627A/628A/648A can directly or indirectly address its register files or data memory. All Special Function Registers, including the program counter, are mapped in the data memory. The PIC16F627A/628A/648A have an orthogonal (symmetrical) instruction set that makes it possible to carry out any operation, on any register, using any Addressing mode. This symmetrical nature and lack of 'special optimal situations' make programming with the PIC16F627A/628A/648A simple yet efficient. In addition, the learning curve is reduced significantly.

The PIC16F627A/628A/648A devices contain an 8-bit ALU and working register. The ALU is a general purpose arithmetic unit. It performs arithmetic and Boolean functions between data in the working register and any register file.

The ALU is 8-bit wide and capable of addition, subtraction, shift and logical operations. Unless otherwise mentioned, arithmetic operations are two's complement in nature. In two-operand instructions, typically one operand is the working register (W register). The other operand is a file register or an immediate constant. In single operand instructions, the operand is either the W register or a file register.

The W register is an 8-bit working register used for ALU operations. It is not an addressable register.

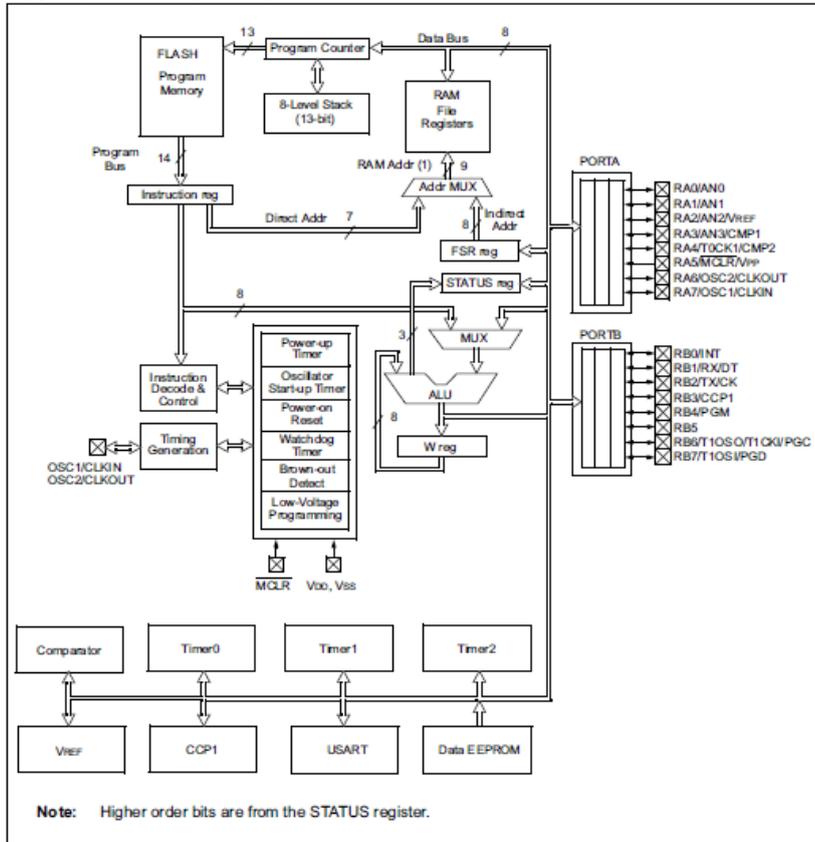
Depending on the instruction executed, the ALU may affect the values of the Carry (C), Digit Carry (DC), and Zero (Z) bits in the STATUS register. The C and DC bits operate as a Borrow and Digit Borrow out bit, respectively, bit in subtraction. See the `SUBLW` and `SUBWF` instructions for examples.

A simplified block diagram is shown in Figure 3-1, and a description of the device pins in Table 3-2.

Two types of data memory are provided on the PIC16F627A/628A/648A devices. Non-volatile EEPROM data memory is provided for long term storage of data such as calibration values, look up table data, and any other data which may require periodic updating in the field. These data are not lost when power is removed. The other data memory provided is regular RAM data memory. Regular RAM data memory is provided for temporary storage of data during normal operation. Data are lost when power is removed.

PIC16F627A/628A/648A

FIGURE 3-1: BLOCK DIAGRAM



ANEXO N°9: DATASHEET DE PIC16F877A



PIC16F87XA

28/40/44-Pin Enhanced Flash Microcontrollers

Devices Included in this Data Sheet:

- PIC16F873A
- PIC16F876A
- PIC16F874A
- PIC16F877A

High-Performance RISC CPU:

- Only 35 single-word instructions to learn
- All single-cycle instructions except for program branches, which are two-cycle
- Operating speed: DC – 20 MHz clock input
DC – 200 ns instruction cycle
- Up to 8K x 14 words of Flash Program Memory,
Up to 368 x 8 bytes of Data Memory (RAM),
Up to 256 x 8 bytes of EEPROM Data Memory
- Pinout compatible to other 28-pin or 40/44-pin PIC16CXXX and PIC16FXXX microcontrollers

Peripheral Features:

- Timer0: 8-bit timer/counter with 8-bit prescaler
- Timer1: 16-bit timer/counter with prescaler, can be incremented during Sleep via external crystal/clock
- Timer2: 8-bit timer/counter with 8-bit period register, prescaler and postscaler
- Two Capture, Compare, PWM modules
 - 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
- Synchronous Serial Port (SSP) with SPI™ (Master mode) and I²C™ (Master/Slave)
- Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter (USART/SCI) with 9-bit address detection
- Parallel Slave Port (PSP) – 8 bits wide with external \overline{RD} , \overline{WR} and \overline{CS} controls (40/44-pin only)
- Brown-out detection circuitry for Brown-out Reset (BOR)

Analog Features:

- 10-bit, up to 8-channel Analog-to-Digital Converter (A/D)
- Brown-out Reset (BOR)
- Analog Comparator module with:
 - Two analog comparators
 - Programmable on-chip voltage reference (VREF) module
 - Programmable input multiplexing from device inputs and internal voltage reference
 - Comparator outputs are externally accessible

Special Microcontroller Features:

- 100,000 erase/write cycle Enhanced Flash program memory typical
- 1,000,000 erase/write cycle Data EEPROM memory typical
- Data EEPROM Retention > 40 years
- Self-reprogrammable under software control
- In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) via two pins
- Single-supply 5V In-Circuit Serial Programming
- Watchdog Timer (WDT) with its own on-chip RC oscillator for reliable operation
- Programmable code protection
- Power saving Sleep mode
- Selectable oscillator options
- In-Circuit Debug (ICD) via two pins

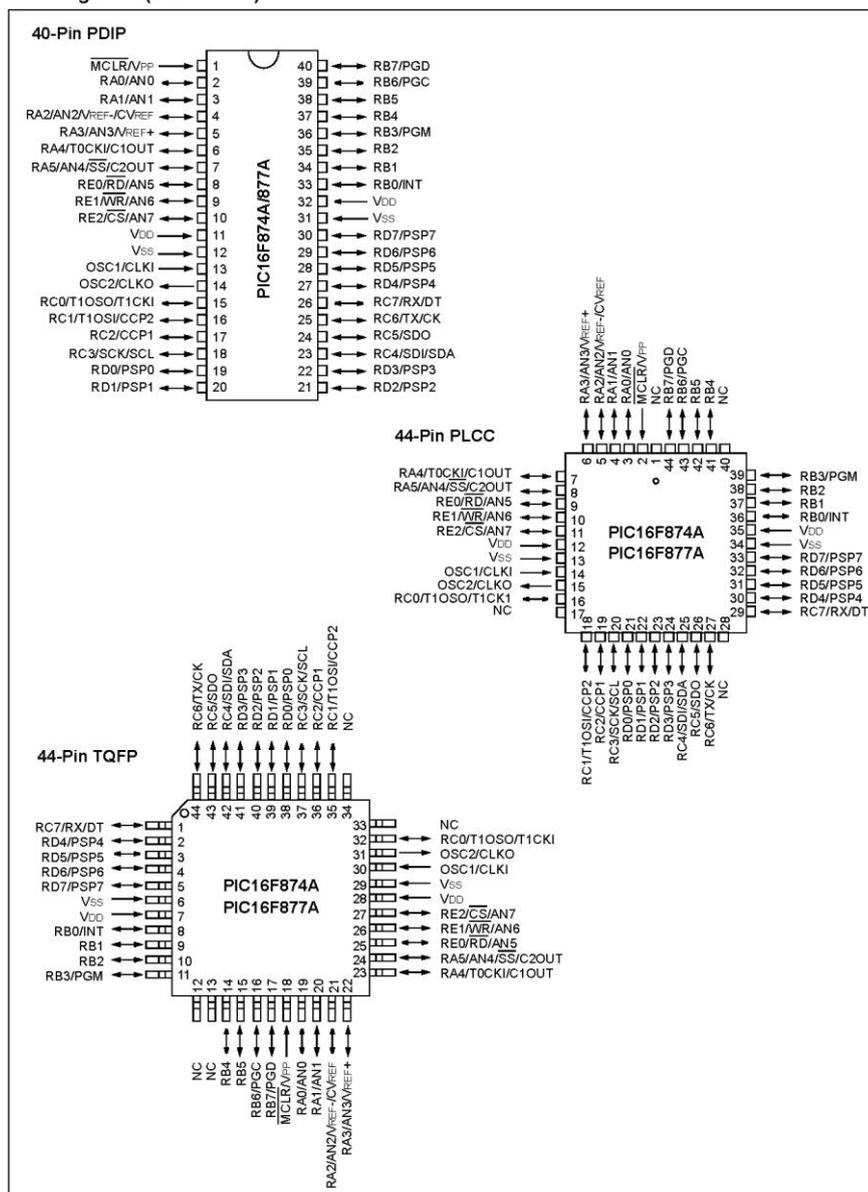
CMOS Technology:

- Low-power, high-speed Flash/EEPROM technology
- Fully static design
- Wide operating voltage range (2.0V to 5.5V)
- Commercial and Industrial temperature ranges
- Low-power consumption

Device	Program Memory		Data SRAM (Bytes)	EEPROM (Bytes)	I/O	10-bit A/D (ch)	CCP (PWM)	MSSP		USART	Timers 8/16-bit	Comparators
	Bytes	# Single Word Instructions						SPI	Master I ² C			
PIC16F873A	7.2K	4096	192	128	22	5	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2
PIC16F874A	7.2K	4096	192	128	33	8	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2
PIC16F876A	14.3K	8192	368	256	22	5	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2
PIC16F877A	14.3K	8192	368	256	33	8	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2

PIC16F87XA

Pin Diagrams (Continued)



PIC16F87XA

Pin Diagrams

