



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y COMUNICACIONES

Tema:

“PROTOTIPO DE UNA CALCULADORA BRAILLE PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO“.

Proyecto de Trabajo de Graduación Modalidad: Proyecto de Investigación previo la obtención del título de Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones.

SUBLÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Sistemas Embebidos

AUTOR: Christian Fabricio Pérez Rivera

TUTOR: Ing. Mg. Geovanni Danilo Brito Moncayo

AMBATO – ECUADOR

Octubre 2016

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del Trabajo de Investigación sobre el tema: “PROTOTIPO DE UNA CALCULADORA BRAILLE PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO”, del señor Christian Fabricio Pérez Rivera estudiante de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, considero que el informe investigativo reúne los requisitos suficientes para que continúe con los trámites y consiguiente aprobación de conformidad con el numeral 7.2 de los Lineamientos Generales para la aplicación de Instructivos de las Modalidades de Titulación de las Facultades de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, octubre 2016

EL TUTOR

Ing. Giovanni Brito, Mg

AUTORÍA

El presente Proyecto de Investigación titulado: “PROTOTIPO DE UNA CALCULADORA BRAILLE PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO”, es absolutamente original, auténtico y personal, en tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, octubre 2016

Pérez Rivera Christian Fabricio

CC: 1804182176

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este Trabajo de Titulación como un documento disponible para la lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos de mi Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además autorizo su reproducción dentro de las regulaciones de la Universidad.

Ambato, octubre 2016

Pérez Rivera Christian Fabricio

CC: 1804182176

APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA

La Comisión Calificadora del presente trabajo conformada por los Señores Docentes Ing. Patricio Córdova e Ing. Tatiana Zambrano , revisaron y aprobaron el Informe Final del Proyecto de Investigación titulado “PROTOTIPO DE UNA CALCULADORA BRAILLE PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO”, presentado por el señor Christian Fabricio Pérez Rivera de acuerdo al numeral 9.1 de los Lineamientos Generales para la aplicación de Instructivos de las Modalidades de Titulación de las Facultades de la Universidad Técnica de Ambato.

Ing. José Vicente Morales Lozada

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Patricio Córdova

DOCENTE CALIFICADOR

Ing. Tatiana Zambrano

DOCENTE CALIFICADOR

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación a Dios por haber permitido alcanzar una de mis metas, y nunca haber dejado que me rinda en la mitad del camino, a mis padres quienes han depositado su confianza en mí y me han brindado su apoyo durante mi vida personal y estudiantil sin dejarme vencer de las adversidades que se me presentaban y sobre todo por el esfuerzo que han realizado para poder salir adelante.

Christian Fabricio Pérez Rivera

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios por darme fortaleza durante toda mi vida de estudios y haberme guiado por el mejor camino.

A mi madre Vilma que siempre ha estado pendiente de mí brindándome su amor y ayudándome con sus consejos para ser una buena persona.

A mi padre Nelson que me ha enseñado a ser una persona responsable y seguir siempre adelante a pesar de los problemas.

A mi hermana Tania la que me ha guiado durante mi carrera y me apoyado incondicionalmente.

A mi tutor Ing. Geovanni Brito por brindarme su colaboración para la culminación del Presente Proyecto.

A la Universidad Técnica de Ambato en especial a los docentes de la Facultad de Ingeniería en Sistema, Electrónica e Industrial que aportaron con los conocimientos necesarios para formar mi vida profesional y personal.

A mis familiares y amigos que siempre han estado en los buenos y malos momentos brindándome su apoyo.

Christian Fabricio Pérez Rivera

ÍNDICE

APROBACIÓN DEL TUTOR	i
AUTORÍA	ii
DERECHOS DE AUTOR	iii
APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
GLOSARIO DE TÉRMINOS	xvi
INTRODUCCIÓN	xviii
CAPÍTULO I	1
EL PROBLEMA	1
1.1 TEMA	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.3 JUSTIFICACIÓN	3
1.4 OBJETIVOS	4
GENERAL	4
ESPECÍFICOS	4
CAPÍTULO II	5
MARCO TEÓRICO	5
2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	5

2.2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	7
2.2.1	DISCAPACIDAD.....	7
2.2.2	TIPOS DE DISCAPACIDAD	7
2.2.3	DISCAPACIDAD MOTRIZ	7
2.2.4	DISCAPACIDAD SENSORIAL.....	8
2.2.5	DISCAPACIDAD COGNITIVO – INTELECTUAL	8
2.2.6	DISCAPACIDAD PSICOSOCIAL.....	8
2.2.7	DISCAPACIDAD SENSORIAL VISUAL	8
2.2.8	SISTEMA BRAILLE	9
2.2.9	ESTRUCTURA DEL SISTEMA BRAILLE	10
2.2.10	VOCALES ACENTUADAS	13
2.2.11	REPRESENTACIÓN DE NÚMEROS	14
2.2.12	SIGNOS DE OPERACIONES ARITMÉTICAS ELEMENTALES.....	15
2.2.13	TIFLOTECNOLOGÍA	15
2.2.14	TECNOLOGÍAS ADAPTADAS PARA DISCAPACITADOS VISUALES ..	16
2.2.15	INSTRUMENTOS EMPLEADOS PARA LA LECTO – ESCRITURA BRAILLE.....	17
2.2.16	DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS BRAILLE.....	19
2.2.17	SISTEMA EMBEDIDO	22
2.2.18	COMPONENTES DE UN SISTEMA EMBEBIDO.....	22
2.2.19	CARACTERÍSTICAS DE UN SISTEMA EMBEBIDO	24
2.2.20	ÁREAS DE APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS EMBEBIDOS	25
2.2.21	HARDWARE LIBRE.....	25
2.2.22	REQUERIMIENTOS DEL HARDWARE LIBRE	26
2.3	PROPUESTA DE SOLUCIÓN	28

CAPÍTULO III	29
3.1. MODALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	29
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	29
3.3. RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	30
3.4. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	30
3.5. DESARROLLO DEL PROYECTO	30
 CAPÍTULO IV	 32
DESARROLLO DE LA PROPUESTA	32
INTRODUCCIÓN	32
4.1 DISEÑO DEL PROTOTIPO	33
4.1.1 DIAGRAMA DE BLOQUES.....	33
4.2 SELECCIÓN DE HARDWARE Y SOFTWARE.....	35
4.2.1 HARDWARE	35
4.2.2 INGRESO DE DATOS	36
4.2.3 SELECCIÓN DE TARJETA DE CONTROL.....	37
4.2.4 SELECCIÓN DE MÓDULO DE AUDIO	40
4.2.5 SELECCIÓN DE ELEMENTOS ADICIONALES	45
4.2.6 SOFTWARE.....	46
4.2.7 ENTORNO DE DESARROLLO INTEGRADO IDE.....	46
4.2.8 SOFTWARE PROTEUS	47
4.2.9 GRABADOR DE AUDIO.....	48
4.3 DISEÑO DEL CIRCUITO ESQUEMATICO	51
4.4 CONEXIÓN EN LA PLACA DE PRUEBAS (PROTOBOARD).....	53
4.5 DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA EMBEBIDO	57
4.6 PROGRAMACIÓN	58
4.7 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA EMBEBIDO	59

4.8	IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA EMBEBIDO.....	60
4.9	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.....	68
4.10	PRESUPUESTO.....	71
CAPITULO V		72
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		72
5.1	CONCLUSIONES	72
5.2	RECOMENDACIONES.....	73
BIBLIOGRAFÍA		74
ANEXOS		77
ANEXO A: Entrevista		77
ANEXO B: Programación		79
ANEXO C: Manual de Usuario		90
ANEXO D: Diseño de Placas Electrónicas		96
ANEXO E: Hoja de Datos Arduino Mega R3		98
ANEXO F: Hoja de Datos shield MP3		100
ANEXO G: Hoja de Datos LCD.....		101

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Simbología Numérica en Código Braille	14
Tabla 2.2. Simbología de operaciones aritméticas elementales en Código Braille.....	15
Tabla 2.3: Características de un Sistema Embebido.....	25
Tabla 4.1. Plataformas Hardware Libre	36
Tabla 4.2: Tarjetas Arduino.....	38
Tabla 4.3: Cuadro comparativo de módulos reproductores de audio	41
Tabla 4.4. Características del módulo VS1053	42
Tabla 4.5: Elementos adicionales	46
Tabla 4.6: Conexión teclado Matricial	54
Tabla 4.7: Conexión Shield Mp3.....	54
Tabla 4.8: Conexión LCD	55
Tabla 4.9: Presupuesto Final del Proyecto	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Cajetín Braille [13].....	10
Figura 2.2: Dimensiones de las celdas Braille [16].....	11
Figura 2.3: Primera serie del alfabeto [15].....	11
Figura 2.4: Segunda serie del alfabeto [15].....	11
Figura 2.5: Tercera serie del alfabeto [15]	12
Figura 2.6: Cuarta serie del alfabeto [15].....	12
Figura 2.7: Quinta serie del alfabeto [15].....	12
Figura 2.8: Sexta serie del alfabeto [15].....	12
Figura 2.9: Séptima serie del alfabeto [15].....	13
Figura 2.10: Alfabeto Braille [17]	13
Figura 2.11: Vocales Acentuadas en Braille [18].....	13
Figura 2.12: Carácter prefijo [19].....	14
Figura 2.13: Papel para impresión de Código Braille [22].....	17
Figura 2.14: Regleta Braille [22].....	18
Figura 2.15: Pauta Braille [22]	18

Figura 2.16: Máquina para personas con discapacidad visual [22].....	19
Figura 2.17: Línea Braille [22].....	19
Figura 2.18: Sintetizadores de Voz [22].....	20
Figura 2.19: Dispositivo Easy link [23]	20
Figura 2.20: Dispositivo Alva Bc680 [23]	21
Figura 2.21: Dispositivo Owasys 22c [23].....	21
Figura 2.22: Sistema Embebido [24].....	22
Figura 2.23: Estructura de un Sistema Embebido [24].....	24
Figura 2.24: Placa de Hardware Libre [26]	26
Figura 4.1: Diagrama de bloques del Sistema Embebido.....	34
Figura 4.2: Diagrama Físico del Sistema Embebido	35
Figura 4.3: Teclado matricial 5x5.....	37
Figura 4.4: Esquema Arduino Mega 2560 R3 [28]	40
Figura 4.5: Conexión de dispositivos al bus SPI [31]	44
Figura 4.6: Memoria microSD [33].....	44
Figura 4.7: Audífonos [34]	45
Figura 4.8: Pantalla LCD 16x2 [35]	45
Figura 4.9: Entorno de Desarrollo Integrado.....	47
Figura 4.10: Entorno Grafico DSpeech	48
Figura 4.11: Primer paso en la configuración.....	49
Figura 4.12: Segundo paso en la selección de voz	49
Figura 4.13: Tercer Paso Introducir Texto a ser reproducido.....	50
Figura 4.14: Cuarto Paso Reproducir Texto	50
Figura 4.15: Quinto paso guardar archivo de audio	51
Figura 4.16: Sexto paso dar un nombre al archivo de audio	51
Figura 4.17: Simulación del Sistema Embebido	52
Figura 4.18: Teclado Matricial	53
Figura 4.19: Conexión arduino mega r3 y Shield Mp3	55
Figura 4.20: Conexión LCD	56
Figura 4.21: Implementación Circuito Final	56
Figura 4.22: Flujograma del Sistema Embebido	57
Figura 4.23: Funcionamiento del Sistema Embebido.....	59
Figura 4.24: Circuito de Procesamiento de Datos	61
Figura 4.25: Circuito de ingreso de datos.....	61

Figura 4.26: Dimensiones de cada tecla del Sistema Embebido	62
Figura 4.27: Dimensiones del soporte de la Batería.....	63
Figura 4.28: Dimensiones de la Carcasa	63
Figura 4.29: Impresora 3D y material PLA.....	64
Figura 4.30: Cortadora Láser.....	64
Figura 4.31: Conexión de Circuitos.....	65
Figura 4.32: Ubicación de las placas Electrónicas	65
Figura 4.33: Ubicación de la placa de procesamiento de Datos	66
Figura 4.34: Ubicación de cada una de las teclas Braille	66
Figura 4.35: Mini Jack de 3mm salida audífonos.....	67
Figura 4.36: Botón de Encendido y colocación de Batería	67
Figura 4.37: Conector Jack y Usb	67
Figura 4.38: Resultado Final del Prototipo.....	68
Figura 4.39: Reconocimiento de cada tecla Braille	69
Figura 4.40: Primera prueba de Funcionamiento del Dispositivo	69
Figura 4.41: Reconocimiento de cada tecla Braille	70
Figura 4.42: Segunda prueba de Funcionamiento del Dispositivo.....	70
Figura D.1: Diseño de la placa del teclado matricial.....	96
Figura D.2: Diseño de la placa de procesamiento de Datos	97

RESUMEN

La mayor dificultad de las personas con discapacidad visual es la imposibilidad de acceder a la información, y de no poder contar con dispositivos diseñados específicamente para ellos.

El presente proyecto de investigación permite el desarrollo de un prototipo de Calculadora Braille el cual está encaminado a reforzar el aprendizaje en personas no videntes, este dispositivo está compuesto por una unidad de procesamiento de datos, una base de datos de archivos de audio, y una interfaz que representa los símbolos matemáticos. El proyecto se llevó a cabo en la Universidad Técnica de Ambato en la cual existen dos estudiantes con discapacidad visual.

El dispositivo permite realizar operaciones matemáticas básicas con reproducción de voz de manera automática tanto de los valores ingresados como el valor del resultado obtenido.

La metodología utilizada para el diseño está centrada en los requerimientos de las personas con discapacidad visual, el prototipo cumple con las características adecuadas como el teclado en Sistema Braille, facilidad de manejar el dispositivo, reproducción de voz automática y fácil de transportar de un lugar a otro.

PALABRAS CLAVE: Discapacidad, Braille, Dispositivo, Audio, Interfaz, Teclado.

ABSTRACT

The greatest difficulty of visually impaired people is the lack of access to information, and not being able to have devices designed specifically for them.

This research project allows the development of a prototype calculator Braille which aims to reinforce learning in blind people, this device comprises a processing unit data , a database of audio files, and interface that represents mathematical symbols . The project was carried out at the Technical University of Ambato in which there are two visually impaired students.

The device can perform basic math operations with voice playback automatically both the values entered as the value of the result.

The methodology used for the design is focused on the needs of people with visual disabilities , the prototype meets appropriate as Braille keyboard, ease of handling the device , playback automatic and easy voice to carry from one place to features other.

KEYWORDS: Disability , Braille , device, Audio, Interface , Keyboard.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

- **Abaco:** Se trata de un cuadro construido con madera que dispone de 10 alambres o cuerdas dispuestos de manera paralela. Cada uno de estos alambres o cuerdas, a su vez, cuenta con 10 bolas que pueden moverse. El ábaco, es un instrumento que ayuda a realizar cuentas y cálculos simples.
- **Calculadora:** es un dispositivo que se utiliza para realizar cálculos aritméticos.
- **Discapacidad:** término genérico que incluye déficit, limitaciones en la actividad y restricciones en la participación. Indica los aspectos negativos de la interacción entre un individuo (con una condición de salud) y sus factores contextuales (factores ambientales y personales) “.
- **Hardware Libre:** Se llama hardware libre, hardware de código abierto, electrónica libre o máquinas libres a aquellos dispositivos de hardware cuyas especificaciones y diagramas esquemáticos son de acceso público, ya sea bajo algún tipo de pago, o de forma gratuita.
- **Módulo de audio:** es un dispositivo capaz de reproducir sonidos grabados previamente en una tarjeta de memoria externa.
- **PCB:** por sus siglas en inglés Printed Circuit Board, significa Tarjeta de Circuito Impreso, es una placa que sirve para colocar componentes electrónicos y a la vez establecer conexiones eléctricas entre ellos.
- **Procesador:** es un circuito electrónico integrado que funciona en forma central, siendo considerado el cerebro de un ordenador.
- **Protoboard:** es una especie de tablero con orificios, en la cual se pueden insertar componentes electrónicos y cables para armar circuitos. Como su nombre lo indica, esta tableta sirve para experimentar con circuitos electrónicos, con lo que se asegura el buen funcionamiento del mismo.

- **Sistema:** conjunto ordenado de normas y procedimientos que regulan el funcionamiento de un grupo o colectividad.
- **Sistema Braille:** es un alfabeto especialmente ideado para los Invidentes, consta de un sistema de lectura y escritura por medio de puntos.
- **Sistema Embebido:** un sistema embebido o integrado es un sistema computacional especializado, que puede formar parte de otro sistema, realiza funciones específicas de monitoreo o control y en ocasiones su función no depende de la intervención del ser humano.
- **Software:** es el equipamiento lógico o soporte lógico de un sistema informático, que comprende el conjunto de los componentes lógicos necesarios que hacen posible la realización de tareas específicas.
- **SPI:** El Bus SPI (del inglés Serial Peripheral Interface) es un estándar de comunicaciones, usado principalmente para la transferencia de información entre circuitos integrados en equipos electrónicos.
- **Teclado Matricial:** es un simple arreglo de botones conectados en filas y columnas, de modo que se pueden leer varios botones con el mínimo número de pines requeridos.
- **Tiflotecnología:** es el conjunto de técnicas, conocimientos y recursos para procurar a las personas con discapacidad visual los medios oportunos para la correcta utilización de la tecnología.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad las personas con discapacidad visual presentan inconvenientes al momento de poder acceder a la información, aspecto fundamental en las necesidades de cualquier persona. Una solución dada a esta dificultad es el código Braille, que permite percibir de forma táctil la representación de caracteres, permitiendo la lectura de libros y brindando la posibilidad de acceder a la información.

En el presente proyecto se implementa un Prototipo de una calculadora Braille para personas con discapacidad visual en la Universidad Técnica de Ambato, construido con placas de hardware libre. Este prototipo funciona mediante un teclado que está escrito en código Braille, una unidad de procesamiento de datos y un módulo de reproducción de audio.

El trabajo investigativo se ejecutó en 5 capítulos:

En el primer capítulo se propone el problema que presentan las personas con discapacidad visual de no disponer de dispositivos electrónicos, estableciendo la solución al mismo, contiene objetivos a cumplir al finalizar el proyecto y finalmente se establece la duración y el lugar exacto a realizarse el proyecto.

En el segundo capítulo se exponen antecedentes investigativos sobre el tema a desarrollarse, conceptos básicos necesarios para el desarrollo del proyecto, siendo los más importantes Sistema Braille, representación de números y signos matemáticos, Sistema embebido y características de hardware libre.

En el tercer capítulo, se expone la modalidad de investigación, tipos de investigación realizadas y los pasos necesarios para el desarrollo del prototipo propuesto.

En el cuarto capítulo se desarrolla la propuesta de solución del problema planteado, los requerimientos del dispositivo, diseño y pruebas de funcionamiento del prototipo, se incluye el presupuesto del prototipo.

En el quinto capítulo se establecen las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 TEMA

“PROTOTIPO DE UNA CALCULADORA BRAILLE PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO”.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) en el mundo hay aproximadamente 285 millones de personas con discapacidad visual, de las cuales 39 millones son ciegas y 246 millones presentan baja visión, además aproximadamente el 90% de la carga mundial de discapacidad visual se concentra en los países de ingresos bajos, el 82% de las personas que padecen ceguera tienen 50 años o más. [1]

El Plan Nacional para el Buen Vivir 2013 – 2017 (PNBV), como instrumento máximo de planificación nacional y definición de política pública, plantea una serie de políticas y lineamientos sobre discapacidad, inclusión, grupos de atención y equidad que, de manera articulada, apuntan a generar cambios profundos en los patrones socioculturales, económicos para el grupo de personas objeto de la presente agenda. [2]

En el Ecuador, de acuerdo al VI Censo de Población y V de Vivienda (INEC, 2001), el porcentaje de la población ecuatoriana que señala tener discapacidad fue de 4.7%, datos que en el transcurso de una década ascendió a 5.6%, según los datos del VII

Censo de Población y VI Vivienda (INEC, 2010). Por otro lado, el estudio “Ecuador: la discapacidad en cifras” (CONADIS - INEC, 2005), establece que el 12.14% de la población ecuatoriana tiene algún tipo de discapacidad; y, el estudio bio-psico-social Misión Solidaria Manuela Espejo, da cuenta de 294.803 personas con discapacidad. [3]

El 37.9% de la población con discapacidad no tiene ningún nivel de instrucción. El 42% ha cursado alguna vez la escuela primaria; el 10.5% ha cursado alguna vez la secundaria y apenas el 1.8% accedió a la educación universitaria. De los datos correspondientes, el 6.1% asistió a escuelas de educación especial y el 0.5% de la población con discapacidades a escuelas con programas de integración. [4]

Según el Consejo de Discapacidades en la Provincia de Tungurahua existen 1249 personas con discapacidad visual de las cuales 869 están radicadas en la ciudad de Ambato. [5]

Según Datos obtenidos por parte de Dirección de Bienestar Estudiantil y Asistencia Universitaria (DIBESAU) de la Universidad Técnica de Ambato y de acuerdo a los datos obtenidos de la Biblioteca General se tiene un total de 2 alumnos con discapacidad visual y 15 de baja visión, este análisis llevó a determinar la necesidad de construcción de una calculadora Braille debido a que presentan inseguridad al momento de ejercer algún tipo de transacción en su vida diaria.

Área Académica: Física y Electrónica

Líneas de Investigación: Sistemas Electrónicos

Sublíneas de Investigación: Sistemas Embebidos

Delimitación espacial: La investigación se desarrolló en la Universidad Técnica de Ambato.

Delimitación temporal: La investigación se desarrolló desde el mes de Enero hasta el mes de Octubre del 2016, a partir de la aprobación por parte del Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial.

1.3 JUSTIFICACIÓN

La discapacidad como la disminución o la falta de visión es un problema que cambia la percepción del mundo de la persona. Todos los seres humanos tienen la costumbre de depender casi por completo de la vista está nos informa el tamaño, la forma, el color, la posición, la distancia y velocidad a la que se desplazan los objetos. Uno de los principales problemas es el no poder acceder a dispositivos diseñados precisamente para personas con este tipo de discapacidad haciéndolos sentir inferiores hacia el resto de personas, de igual manera se tiene el problema que no poseen una educación adecuada por la falta de instrumentos necesarios por lo que genera un índice de personas sin poder superarse en la sociedad.

La presente investigación, permitió contribuir tanto en el aspecto educativo como en lo social a las personas invidentes de la Universidad Técnica de Ambato, ya que en el desarrollo de sus carreras es necesario la utilización de herramientas matemáticas que contribuyen a su formación.

Este tipo de dispositivo para las personas de discapacidad visual, es una herramienta necesaria hoy en día, ya que por la complejidad que existe en realizar diferentes operaciones matemáticas no pueden integrarse al mundo de los negocios y de la educación, con este dispositivo las personas con deficiencia visual tendrían más fuentes de trabajo y un mayor desenvolvimiento por sí mismos y a la vez pudiendo elevar su estado anímico.

Los beneficiarios conforman el conjunto de todas las personas que poseen deficiencia visual, sin embargo para el desarrollo de este dispositivo se tomó en cuenta a dos estudiantes con discapacidad visual de la Universidad Técnica de Ambato.

El impacto social de este dispositivo es muy significativo, debido a que ya no es una época en que las personas con discapacidad visual estaban acostumbradas a depender de alguien más, hoy en día muchas personas invidentes se dedican a actividades productivas, ya que la ley exige la contratación de un 4% de personas discapacitadas del total de trabajadores de cada empresa. [4]

La factibilidad de la presente investigación, fue realizable debido a que los diferentes componentes electrónicos que se necesita para la ejecución pueden ser adquiridos sin ninguna dificultad.

1.4 OBJETIVOS

GENERAL

- Implementar un Prototipo de una Calculadora Braille para personas con Discapacidad Visual en la Universidad Técnica De Ambato.

ESPECIFICOS

- Análisis del Lenguaje Braille.
- Determinación de requerimientos de operaciones matemáticas básicas en su vida diaria de las personas invidentes.
- Selección de hardware y software para el diseño del prototipo de una calculadora Braille.
- Construcción del prototipo de una calculadora Braille.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Al realizar una investigación bibliográfica en repositorios digitales se pudo conseguir proyectos relacionados con este tema, los cuales sirvieron para un mejor análisis generando así un apoyo en el desarrollo del tema propuesto.

En la Universidad Politécnica Salesiana, Facultad de Ingenierías se desarrolló el proyecto “Sistema Braille con reproducción Auditiva mediante un chip de voz ISD 1110P orientado para el aprendizaje de niños no videntes”, el cual consiste en un prototipo basado en un tablero que consta de todas las letras del abecedario con su respectivo código Braille. Cada uno de las letras consta de un pulsante que está conectado a un microcontrolador que permite la reproducción de los sonidos. Se tomó como referencia el patrón de entrenamiento de los niños y cómo estos aprendían de manera cotidiana. Además con el fin de mejorar el sistema de aprendizaje se creó un teclado con adaptación a un parlante para que reproduzca cada sonido, de esta manera conseguir el aprendizaje y mejorar la audición. [6]

En la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba se encontró un artículo de investigación: “Anotador Braille Parlante” donde se planteó la realización de un prototipo de anotador electrónico Braille portátil, el cual consiste en el ingreso de texto mediante un teclado Braille, que luego debe descargarse en una PC para ser reproducido por un software especial de síntesis de voz. Este

aparato fue sometido a pruebas en instituciones educativas para discapacitados visuales, en donde el resultado mostro que los usuarios requieren de un entorno o método de revisión directo de los textos ingresados al equipo, para cumplir con esta necesidad se planteó la incorporación de tecnología de síntesis de voz al anotador Braille electrónico. [7]

En la Universidad Católica Andrés Bello ciudad de Caracas en Venezuela se desarrolló un “Teclado Táctil Braille”. El proyecto se diseñó e implementó para contribuir con la inclusión de las personas con discapacidades visuales en el mundo de la tecnología, incorporando un mecanismo que permita la configuración entre el modo QWERTY y el modo Braille con un reproductor de voz sintetizado. El modo QWERTY presenta el relieve de pines que, según la distribución de teclas de un teclado estándar para computadoras, representan los caracteres del alfabeto Braille, mientras que el modo Braille presenta solo seis teclas para caracterizar los seis puntos del símbolo generador del alfabeto Braille, permitiendo así generar caracteres mediante la escritura acumulativa. La configuración de estos modos se manipula a través de un switch incorporado en el dispositivo. Este proyecto alcanzó buenos resultados contribuyendo con el aprendizaje del alfabeto Braille. [8]

En la Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE), Carrera de Ingeniería en Electrónica, Automatización y Control se desarrolló el proyecto “Diseño e implementación de un kit de aplicaciones para personas con discapacidad visual utilizando la plataforma Android SDK” el cual consiste de dos herramientas muy importantes, la primera es un sintetizador de voz proporcionado por la empresa Google llamado TTS y la segunda es un conjunto de funciones denominas Gesture proporcionadas por el API de Android, la aplicación tuvo como objetivo cubrir funciones básicas de un teléfono celular, es decir manipular llamadas telefónicas, mensajes de texto y contactos en el celular, además se añadió la sub aplicación que permitirá al usuario el reconocimiento de colores blanco, azul, rojo, verde, negro, celeste, café, amarillo, violeta, gris y naranja en prendas de vestir además correrá cuando el usuario la elija y en cualquier dispositivo con versión 2.1 o mayor. [9]

2.2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.2.1 DISCAPACIDAD

En la actualidad es posible hallar concurrencia de diferentes perspectivas y enfoques sobre discapacidad en cada país. Ello es debido no sólo a las diferentes culturas, sino también a los diferentes niveles de compromiso de entidades, ciudadanos y gobiernos para crear entornos accesibles y para garantizar la inserción socio-laboral de este colectivo, entre otras razones. [10]

Sin embargo, en 2001, la Organización Mundial de la Salud, con el objetivo de ofrecer una mayor unificación del concepto de discapacidad, establece una segunda Clasificación Internacional, la Clasificación Internacional del Funcionamiento de la Salud, en la que ofrece la siguiente definición:

“Término genérico que incluye déficit, limitaciones en la actividad y restricciones en la participación. Indica los aspectos negativos de la interacción entre un individuo (con una condición de salud) y sus factores contextuales (factores ambientales y personales) “. [10]

2.2.2 TIPOS DE DISCAPACIDAD

La discapacidad pueden subdividirse en cuatro modalidades diferentes: física, psíquica, sensorial e intelectual. Dentro de estos tipos las discapacidades se pueden manifestar en diferentes grados, y a su vez, se pueden coincidir varios trastornos en una misma persona. [11]

2.2.3 DISCAPACIDAD MOTRIZ

Es una condición de vida que afecta el control y movimiento del cuerpo, generando alteraciones en el desplazamiento, equilibrio, manipulación, habla y respiración de las personas, limitando su desarrollo personal y social. Ésta se presenta cuando existen alteraciones en los músculos, huesos, articulaciones o médula espinal, así como por alguna afectación del cerebro en el área motriz impactando en la movilidad de la persona. [12]

2.2.4 DISCAPACIDAD SENSORIAL

Es aquella que comprende cualquier tipo de deficiencia visual, auditiva, o ambas, así como de cualquier otro sentido, y que ocasiona algún problema en la comunicación o el lenguaje (como la ceguera y la sordera), ya sea por disminución grave o pérdida total en uno o más sentidos. [12]

2.2.5 DISCAPACIDAD COGNITIVO – INTELECTUAL

Es aquella caracterizada por una disminución de las funciones mentales superiores tales como la inteligencia, el lenguaje y el aprendizaje, entre otras, así como de las funciones motoras. Esta discapacidad incluye a las personas que presentan dificultades para aprender, realizar algunas actividades de la vida diaria, o en la forma de relacionarse con otras personas. Ejemplo de lo anterior son el síndrome de down y el autismo. [12]

2.2.6 DISCAPACIDAD PSICOSOCIAL

Se define como aquella que puede derivar de una enfermedad mental y está compuesta por factores bioquímicos y genéticos. No está relacionada con la discapacidad cognitivo-intelectual y puede ser temporal o permanente. Algunos ejemplos son la depresión, la esquizofrenia, el trastorno bipolar, entre otros. [12]

2.2.7 DISCAPACIDAD SENSORIAL VISUAL

La discapacidad visual es la carencia o afectación del canal visual de adquisición de la información.

La Organización Nacional de Ciegos Españoles (ONCE) considera como persona ciega la persona que, desde ninguno de los dos ojos, puede contar los dedos de una mano a 4,50 metros de distancia, con gafas correctamente graduadas. [10]

Se consideran diferentes grados de limitación [10]:

Ceguera:

- ✓ **Ceguera Total:** ausencia total de visión o como máximo percepción luminosa.

- ✓ **Ceguera Parcial:** Visión reducida, que permite la orientación en la luz y percepción de masas uniformes. Estas restas visuales facilitan el desplazamiento y la aprehensión del mundo externo.

Baja Visión:

- ✓ **Baja visión severa:** visión reducida que permite distinguir volúmenes, escribir y leer muy de cerca y distinguir algunos colores.
- ✓ **Baja visión moderada:** Permite una lectoescritura si se adaptan unas ayudas pedagógicas y/o ópticas adecuadas.

2.2.8 SISTEMA BRAILLE

El sistema Braille es un alfabeto especialmente ideado para los Invidentes, consta de un sistema de lectura y escritura por medio de puntos. El inventor de dicho sistema fue Louis Braille (1809- 1852) Cuando a la joven edad de 15 años por un accidente quedo ciego. La forma de leer el alfabeto Braille es mover la mano de izquierda a derecha pasando por cada línea. En promedio los lectores de Braille pueden leer de 104 a 125 palabras por minuto. [13]

En el año de 1825, Luis Braille presento a sus colegas del Instituto de Jóvenes ciegos de París su primera versión del sistema de lectura y escritura en relieve. En este momento se iniciaba una era en la que el acceso de los ciegos a la cultura escrita comenzaba a ser una realidad. Hasta entonces, y a pesar de que ya se venían utilizando algunos recursos didácticos que nunca llegaron a ser rentables, la educación de los ciegos cuando se daba, se producía única y exclusivamente a través de la experiencia directa o de la comunicación oral de determinadas informaciones. Con la invención del código de lecto-escritura en relieve que lleva su nombre “Sistema Braille”, Louis Braille proporciono a las personas con graves problemas de visión la posibilidad de acceder a la información escrita, posibilidad que hasta entonces les había sido negada. [14]

El sistema Braille está basado en la combinación de seis puntos que se distribuyen en distintas posiciones dentro de un pequeño espacio rectangular, denominado celdilla. Este espacio consta de dos columnas, cada una de las cuales está formada

por tres puntos. Estos seis puntos forman el denominado signo generador, y a cada uno de ellos se le asigna una determinada numeración. [14]

A partir de las distintas combinaciones de estos seis puntos, se obtienen $2^6 = 64$ combinaciones diferentes. Pero dado que estas posibilidades no son suficientes para responder a todas las necesidades de representación gráfica, otros muchos signos se obtienen mediante la combinación de dos o más de estas 64 combinaciones. [14]

2.2.9 ESTRUCTURA DEL SISTEMA BRAILLE

La estructura del Sistema Braille se basa en la combinación de 6 puntos con los q se puede formar 64 combinaciones, con ellos se consigue una signografía completa y suficiente para la representación gráfica del alfabeto.

En la Figura 2.1 se presenta al signo completo que se le llama “Signo generador”, cajetín completo o signo universal del Sistema. El cajetín vacío se utiliza para separar las palabras.

A cada uno de los puntos del signo generador se le asigna un número. A los tres puntos de la columna de la izquierda se les asignan los números 1,2 y 3 de arriba abajo; y a los puntos de la columna derecha se les asignan los números 4,5 y 6 también de arriba abajo. [15]

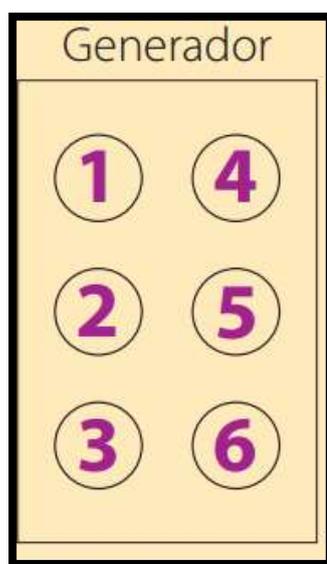


Figura 2.1: Cajetín Braille [13]

En la Figura 2.2 se pueden apreciar las distancias aproximadas entre puntos de una celda y entre celdas Braille. La altura de estos puntos, aproximadamente 0,5 mm,

le confiere el relieve característico a los caracteres Braille. También podemos hallar versiones en un tamaño mayor, especialmente pensadas para personas ciegas que tienen problemas en la percepción táctil, así como para quienes se están iniciando en la lectura Braille. [16]

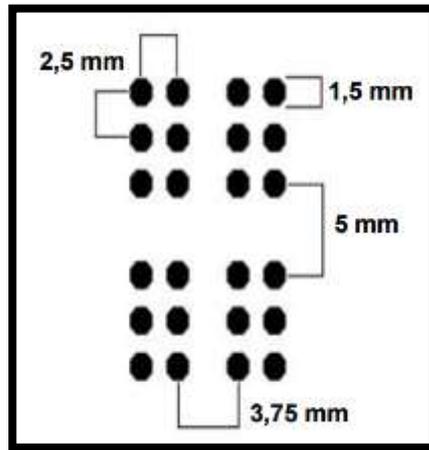


Figura 2.2: Dimensiones de las celdas Braille [16]

Luis Braille distribuyó el sistema Braille en siete series de signos.

- ✓ **1.ª Serie.** Está formada por los diez signos conseguidos de la combinación de los cuatro puntos situados en la parte superior (1, 2, 4, 5). Representan las diez primeras letras del alfabeto. Lo cual se presenta en la siguiente Figura 2.3.

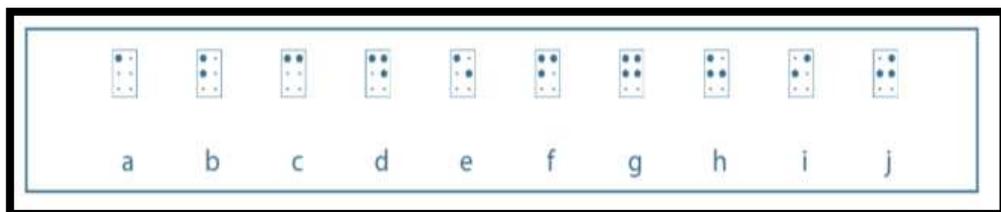


Figura 2.3: Primera serie del alfabeto [15]

- ✓ **2.ª Serie.** Está formada por los siguientes diez signos y se forman con la serie anterior, más el punto 3 (1, 2, 3, 4, 5). Representa las diez siguientes letras del alfabeto como se presenta en la siguiente Figura 2.4.

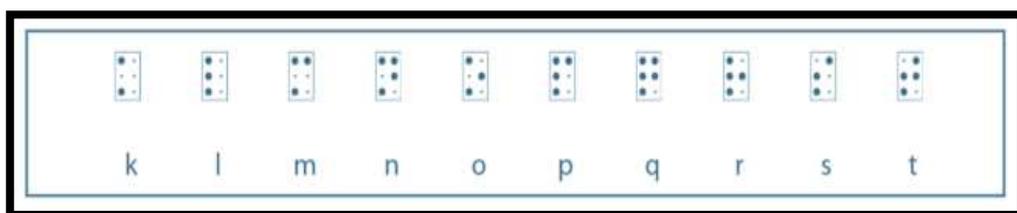


Figura 2.4: Segunda serie del alfabeto [15]

- ✓ **3.ª Serie.** Se forma con la combinación de la 2.ª serie añadiendo, además, el punto 6 (1, 2, 3, 4, 5, 6). Representa las diez siguientes letras del alfabeto lo cual se ilustra en la siguiente Figura 2.5.

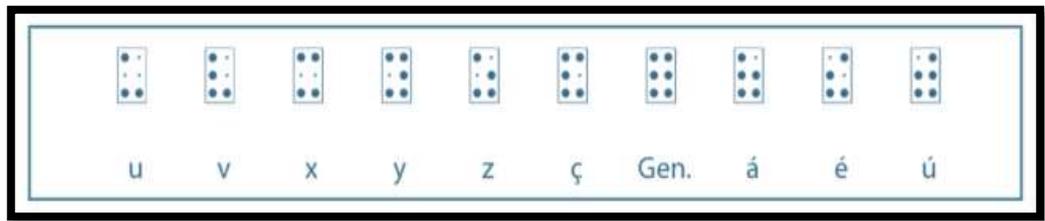


Figura 2.5: Tercera serie del alfabeto [15]

- ✓ **4.ª Serie.** Se forma con la combinación de la 1.ª serie añadiendo, además, el punto 6 (1, 2, 4, 5, 6). La cual se ilustra en la siguiente Figura 2.6.

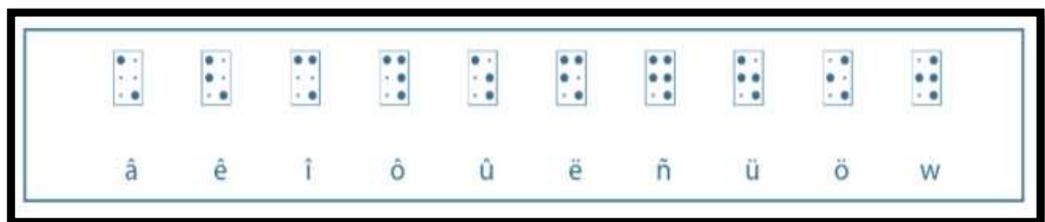


Figura 2.6: Cuarta serie del alfabeto [15]

- ✓ **5.ª Serie.** Se obtiene desplazando todos los puntos de la 1.ª serie un espacio hacia abajo en el cajetín (2, 3, 5, 6). Lo cual se muestra en la siguiente Figura 2.7.

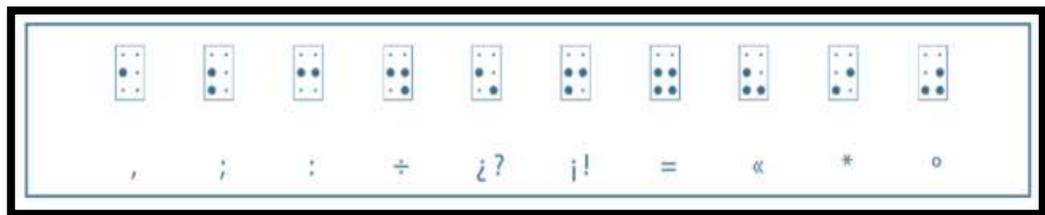


Figura 2.7: Quinta serie del alfabeto [15]

- ✓ **6.ª Serie.** Se forma al combinar el punto 3 junto a todas las posibles combinaciones de los puntos de la columna de la derecha del “signo generador” (exceptuando los ya obtenidos en anteriores series). Lo cual se presenta en la siguiente Figura 2.8.

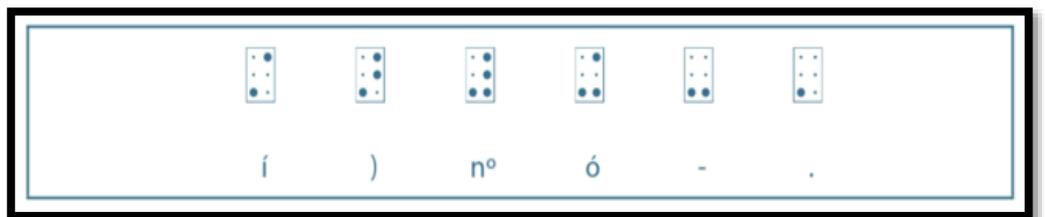


Figura 2.8: Sexta serie del alfabeto [15]

- ✓ **7.ª Serie.** Está formada igual que la serie anterior pero sin el punto 3, solo 4, 5 y 6. Lo cual se presenta en la siguiente Figura 2.9.

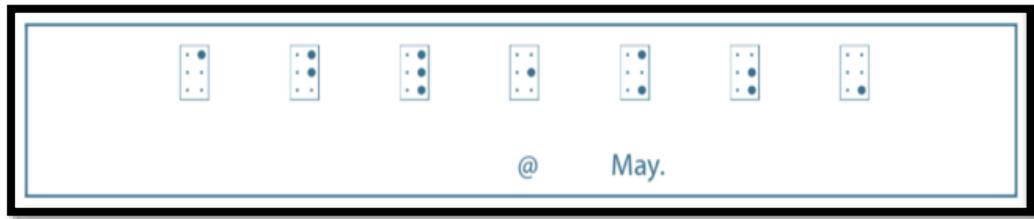


Figura 2.9: Séptima serie del alfabeto [15]

A partir de estas siete series del código Braille obtenemos el alfabeto con su respectiva simbología que se ilustra en la siguiente Figura 2.10:

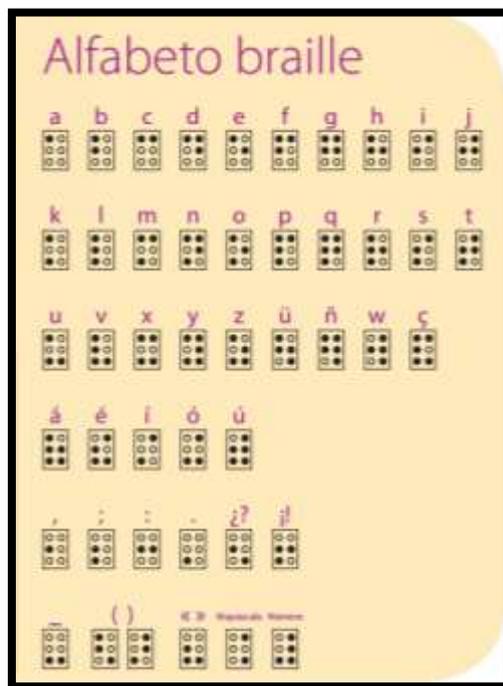


Figura 2.10: Alfabeto Braille [17]

2.2.10 VOCALES ACENTUADAS

Ya que no es posible colocar una tilde encima de los puntos correspondientes a las vocales se tuvo que inventar un nuevo símbolo para cada una. La simbología del acento Braille se presenta en la siguiente figura 2.11. [18]

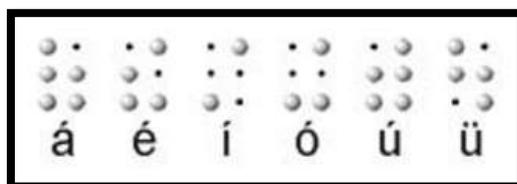


Figura 2.11: Vocales Acentuadas en Braille [18]

2.2.11 REPRESENTACIÓN DE NÚMEROS

Para su escritura se utilizan las diez primeras letras del alfabeto precedidas del carácter (3, 4, 5, 6), que actúa como prefijo para todas las cifras del número. A continuación se ilustra en la Figura 2.12 el carácter prefijo que se antepone a cada número (3, 4, 5, 6). [19]

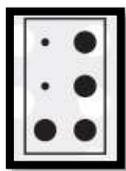


Figura 2.12: Carácter prefijo [19]

En la Tabla 2.1 se muestra los números en el Sistema Braille

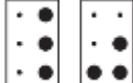
Tabla 2.1: Simbología Numérica en Código Braille [19]

Signo Braille	Puntos Braille	Significado
	3456-1	1
	3456-12	2
	3456-14	3
	3456-145	4
	3456-15	5
	3456-124	6
	3456-1245	7
	3456-125	8
	3456-24	9
	3456-245	0

2.2.12 SIGNOS DE OPERACIONES ARITMÉTICAS ELEMENTALES

La simbología de las operaciones aritméticas elementales se representa a través de la siguiente tabla 2.2.

Tabla 2.2. Simbología de operaciones aritméticas elementales en Código Braille [19]

Signo Braille	Puntos Braille	Signo	Significado
	235	+	Suma
	36	-	Resta
	236	X	Aspas de Multiplicación
	3	.	Punto de Millar
	256	: , / , _	División
	2356	=	Igual a
	456-356	%	Tanto por ciento
	1246-156	√	Raíz Cuadrada

2.2.13 TIFLOTECNOLOGÍA

La Tiflotecnología (del griego tiflos, que significa ciego) es el conjunto de técnicas, conocimientos y recursos para procurar a las personas con discapacidad visual los medios oportunos para la correcta utilización de la tecnología. Proporciona los instrumentos auxiliares, ayudas o adaptaciones tecnológicas, creadas o adaptadas

específicamente para posibilitar a las personas con ceguera, discapacidad visual o sordo ceguera la correcta utilización de la tecnología, contribuyendo a su autonomía personal y plena integración social, laboral y educativa. [20]

Existen una gran variedad de dispositivos tiflotécnicos, que se agrupan en dos grupos:

Los que facilitan o permiten el acceso a la información del ordenador (sistemas de reconocimiento óptico o inteligente de caracteres, sistemas de reconocimiento táctil, revisores de pantalla, etc.)

Los que pueden conectarse al ordenador para intercambiar información, aun cuando también funcionan de forma autónoma y tienen su propia utilidad (sistemas portátiles de almacenamiento y procesamiento de la información, impresoras Braille, aparatos de reproducción y grabación, calculadoras parlantes, diccionarios y traductoras parlantes, periódicos electrónicos adaptados para personas con discapacidad visual, programas de gestión bibliotecaria y de acceso a Internet, ampliación de la imagen, códigos de barras comprimidos para información de consumo y audio descripción, etc.) [20]

2.2.14 TECNOLOGÍAS ADAPTADAS PARA DISCAPACITADOS VISUALES

En las últimas décadas y más ahora, en el siglo XXI las nuevas tecnologías complementadas con el Sistema Braille, permiten que las personas ciegas puedan ser usuarias, como todos los ciudadanos, de los más avanzados sistemas digitales de comunicación: Internet, correo electrónico, sistemas ofimáticos, telefonía móvil, estrechando así la brecha digital que hace pocos años parecía insalvable. Con el correr de los años, el Braille se ha convertido en un sistema universal. Con él se puede escribir en cualquier idioma y permite representar signos de cualquier disciplina científica: matemáticas, física, química. [17]

Hoy en día existe una gran variedad de productos nuevos para los discapacitados visuales. Algunos de estos productos están disponibles con proveedores de artículos especiales, mientras que otros están disponibles en la internet. Existen productos que cuentan con la ayuda de sonido, otros que son táctiles así como visuales para las personas con deficiencia visual. Las principales Tecnologías adaptadas para discapacitados visuales se dividen en: [21]

- **Software para discapacitados Visuales**
 - Lectores de Pantalla
 - Sintetizadores de Voz
- **Hardware para discapacitados Visuales**
 - Teclado Braille
 - Bastón para prevenir obstáculos.

2.2.15 INSTRUMENTOS EMPLEADOS PARA LA LECTO – ESCRITURA BRAILLE

Los problemas más importantes que se encuentran en su desenvolvimiento escolar y social están relacionados con:

- El almacenamiento de información, acceso a la información.
 - Trabajo.
 - Actividades de la vida diaria.
 - Ocio y tiempo libre.
- **Textos**
Están impresos por máquinas rotativas especiales. El papel tiene una textura algo más gruesa que el normal. Suelen estar impresos a doble cara “en interpunto” (como se denomina en términos brailísticos). Algunos textos, sobre todo los escolares pueden llevar gráficos en relieve, estos pueden estar plastificados con la ayuda de una maquina llamada “Thermoform”, “Horno Fuser”. [22]

En la figura 2.13 se puede visualizar el papel utilizado por máquinas rotativas:

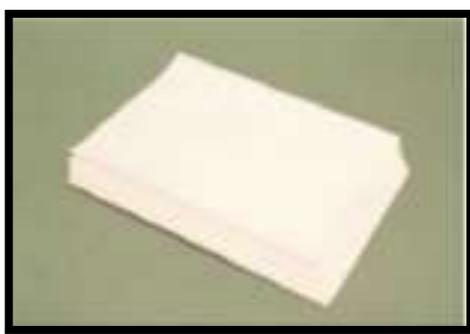


Figura 2.13: Papel para impresión de Código Braille [22]

- **Regleta**

Escritura manual consta de dos partes: una base con superficie en forma de surcos, sobre la que se coloca el papel; y otra parte en la que existen 2, 3 o más filas de ranuras o ventanitas (del tamaño del signo generador), que sirven para guiar el punzón. La escritura se realiza de derecha a izquierda esto es un problema para las auto correcciones, que le causan problemas adicionales en su aprendizaje lecto - escritor. Se perfora con un punzón. [22]

En la Figura 2.14 podemos visualizar la regleta la cual sirve para guiar al punzón.

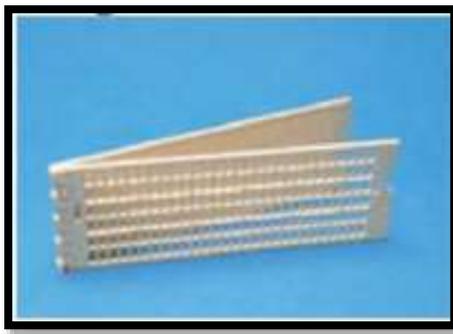


Figura 2.14: Regleta Braille [22]

- **Pauta**

En la Figura 2.15 podemos visualizar el instrumento para el aprendizaje de personas con discapacidad visual el cual es conocido como Pauta este sistema tiene el mismo funcionamiento que la regleta, sin embargo su tamaño es mayor, su base puede ser de tamaño folio, y la rejilla (donde existen dos filas de ventanitas para formar el signo generador). Se perfora con un punzón. [22]

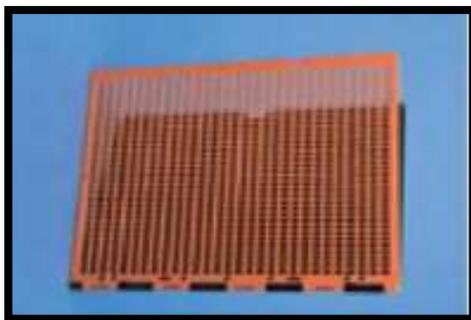


Figura 2.15: Pauta Braille [22]

2.2.16 DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS BRAILLE

- **Máquina**

Ocasionalmente ocasionan menos problemas de manejo y aprendizaje, pero la manual ha de aprenderse, una vez asentado el código, puesto que es útil para tomar notas puntualmente. Tienen un teclado específico, formado por 6 teclas (1 por punto del signo generador), más uno de avance de espacio, más uno de cambio de línea más otra de retroceso como se muestra en la figura 2.16.

Aparecen en sentido de izquierda a derecha (mejor para corrección) eliminando “la reversibilidad”. Entre los modelos más usados encontramos dos la “Perkins” de Estados Unidos que por estructura, rendimiento y dureza es la más empleada en el mundo, y la “Blista” europea, de menor consistencia y menos popular. [22]



Figura 2.16: Máquina para personas con discapacidad visual [22]

- **Línea Braille**

Está compuesta por un teclado para su uso y de varios cajetines (los hay de n° variable), en los que aparece en Sistema Braille, por medio de unos vástagos, la información que está en cualquier momento en pantalla. Esta línea reproduce el texto, según la demanda del usuario.



Figura 2.17: Línea Braille [22]

- **Sintetizadores de Voz**

Con ellos se verbaliza la información del ordenador que aparece en pantalla, entre los más usados: “Cibervox”, “Habla”.



Figura 2.18: Sintetizadores de Voz [22]

- **Easy Link**

En la Figura 2.19 podemos visualizar el Easy Link el cual es un teclado/pantalla pequeño que se conecta a diferentes dispositivos electrónicos vía Bluetooth. Cuenta con 12 celdas Braille, teclas de navegación y un joystick que permite leer y navegar a través del contenido que generalmente se vería en una pantalla. [23]



Figura 2.19: Dispositivo Easy link [23]

- **Alva BC680**

Como se ilustra en la Figura 2.20 en esta pantalla para las personas sin visión cuenta con 80 celdas Braille y ofrece conexión simultánea a dos dispositivos electrónicos, bien sea un computador o un smartphone, a través de un puerto USB o vía Bluetooth.

Las celdas Braille pueden dividirse según la preferencia de cada persona: por ejemplo, 30 celdas para el smartphone y 50 para el computador. Además, cuenta con teclas para navegar con el dedo pulgar y botones inteligentes para facilitar su uso. Funciona como teclado y pantalla al mismo tiempo. [23]



Figura 2.20: Dispositivo Alva Bc680 [23]

- **Owasys 22c**

Conocido como el celular sin pantalla, el Owasys 22c funciona únicamente con el audio: el celular dice en voz alta y clara quién está llamando, lee y entiende los mensajes que llegan y los que quieren ser enviados desde el dispositivo. Cuenta con características similares a las de uno tradicional: vibrador, bloqueo de teclado, mute, hora y fecha, entre otros. [23]

En figura 2.21 se puede ilustrar el dispositivo Owasys 22c.



Figura 2.21: Dispositivo Owasys 22c [23]

2.2.17 SISTEMA EMBEDIDO

Un sistema embebido o integrado es un sistema computacional especializado, que puede formar parte de otro sistema, realiza funciones específicas de monitoreo o control y en ocasiones su función de no depende de la intervención del ser humano.

Como muestra la figura 2.22 consta de uno o varios microprocesadores y circuitos integrados, además está diseñado para realizar una o varias tareas específicas que se usan frecuentemente en un sistema de computación en tiempo real.

Estos sistemas poseen una amplia gama de dispositivos que regularmente son usados para controlar equipos, algunos de estos sistemas embebidos incluyen un sistema operativo, pero muchos son tan especializados que toda la lógica puede implementarse en un solo programa. [24]



Figura 2.22: Sistema Embebido [24]

2.2.18 COMPONENTES DE UN SISTEMA EMBEBIDO

Los Sistemas Embebidos suelen tener en una de sus partes una computadora con características especiales conocida como microcontrolador que viene a ser el cerebro del sistema. Este no es más que un microprocesador que incluye interfaces de entrada/salida en el mismo chip. Normalmente estos sistemas poseen una interfaz externa para efectuar un monitoreo del estado y hacer un diagnóstico del sistema. [25]

Por lo general, los Sistemas Embebidos se pueden programar directamente en el lenguaje ensamblador del microcontrolador o microprocesador incorporado sobre

el mismo, o también, utilizando los compiladores específicos que utilizan lenguajes como C o C++ y en algunos casos, cuando el tiempo de respuesta de la aplicación no es un factor crítico, también pueden usarse lenguajes interpretados como Java. [25]

Los componentes de un sistema embebido, se detallan a continuación [24]:

- ✓ **Procesador** es un circuito electrónico integrado que funciona en forma central y que es justamente el de mayor complejidad de todo sistema informático, siendo considerado el cerebro de un ordenador, además controla las operaciones que se efectúan en un sistema computacional, formando la unidad central de proceso.
- ✓ **Memoria** es un dispositivo o sistema dedicado a almacenar datos. Se trata de pequeñas tarjetas electrónicas basadas en el uso de celdas de almacenamiento tipo NAND, las cuales permiten guardar datos por largos periodos de tiempo sin necesidad de tener alimentación eléctrica durante ese periodo de tiempo.
- ✓ **Periféricos** son todos los dispositivos electrónicos o unidades externas a un sistema informático, que permiten la entrada o salida de datos.

Los periféricos pueden clasificarse en 3 categorías principales:

- Periféricos de entrada.
 - Periféricos de salida.
 - Periféricos de entrada/salida.
-
- ✓ **Software** es el equipamiento lógico o soporte lógico de un sistema informático, que comprende el conjunto de los componentes lógicos necesarios que hacen posible la realización de tareas específicas.

Un software está compuesto por diferentes elementos mencionados a continuación:

- Inicialización y configuración
- El sistema operativo
- El entorno en tiempo de ejecución
- El software de las aplicaciones

- Gestión de errores
 - Depuración y soporte de mantenimiento.
- ✓ **Algoritmo** es un conjunto de instrucciones que realizadas en orden conducen a obtener la solución de un problema. Por lo tanto podemos decir que es un conjunto ordenado y finito de pasos que nos permite solucionar un problema. Los algoritmos son independientes de los lenguajes de programación, en cada problema el algoritmo puede escribirse y luego ejecutarse en un lenguaje de diferente programación.

Como se visualiza en la figura 2.23 se presenta la estructura de un sistema embebido.

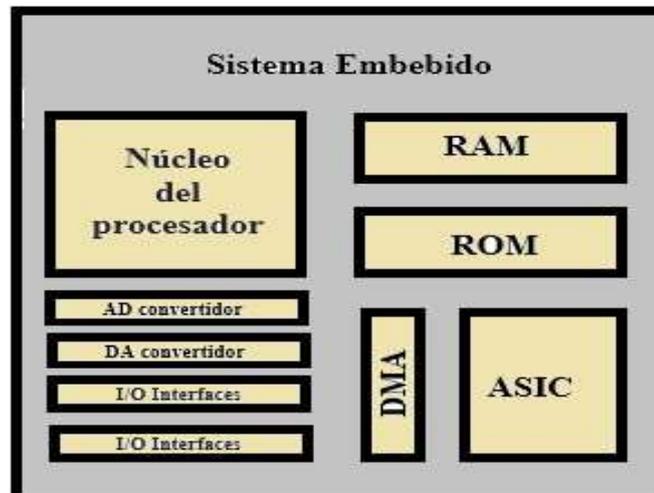


Figura 2.23: Estructura de un Sistema Embebido [24]

2.2.19 CARACTERÍSTICAS DE UN SISTEMA EMBEBIDO

Las principales características de un Sistema Embebido son el bajo costo y consumo de potencia. Dado que muchos sistemas embebidos son concebidos para ser producidos en miles o millones de unidades, el costo por unidad es un aspecto importante a tener en cuenta en la etapa de diseño. [25]

Las características más comunes que poseen los sistemas embebidos se ilustran en la tabla 2.3:

Tabla 2.3: Características de un Sistema Embebido [24]

Características	Descripción
Fiabilidad	Es la probabilidad de que un dispositivo realice adecuadamente su función prevista durante un período determinado, bajo condiciones operativas específicas, por ejemplo condiciones de presión, temperatura, velocidad, tensión, etc.
Mantenimiento	Es el conjunto de técnicas utilizadas para asegurar el correcto y continuo uso de equipos, maquinaria, instalaciones y servicios a fin de evitar averías, es decir aumento de su fiabilidad.
Disponibilidad	Se refiere a la continuidad de acceso a los elementos de información almacenados y procesados en un sistema informático.
Seguridad	Es la disciplina que se ocupa de diseñar normas, procedimientos, métodos y técnicas, orientados a proveer condiciones de confidencialidad, integridad y disponibilidad, para el procesamiento de datos en sistemas informáticos

2.2.20 ÁREAS DE APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS EMBEBIDOS

La siguiente lista describe las principales aplicaciones que utilizan sistemas embebidos [24]:

- Electrónica del automóvil
- Telecomunicaciones
- Sector de la salud:
- Seguridad
- Robótica.

2.2.21 HARDWARE LIBRE

Es el hardware que proporciona su diseño de tal manera que cualquier persona pueda entender su funcionamiento, modificar su estructura o incluso

comercializarlo de una manera libre, además los diseños fuente del hardware deberán estar en un formato apropiado para poder realizar modificaciones sobre el original. Normalmente el hardware libre debe estar formado de materiales y componentes de fácil adquisición en el mercado, programas de código abierto, información detallada del hardware, procesos normados y herramientas de fuentes libres con el fin de facilitar el uso del hardware, la figura 2.24 ilustra una placa de hardware libre. [26]

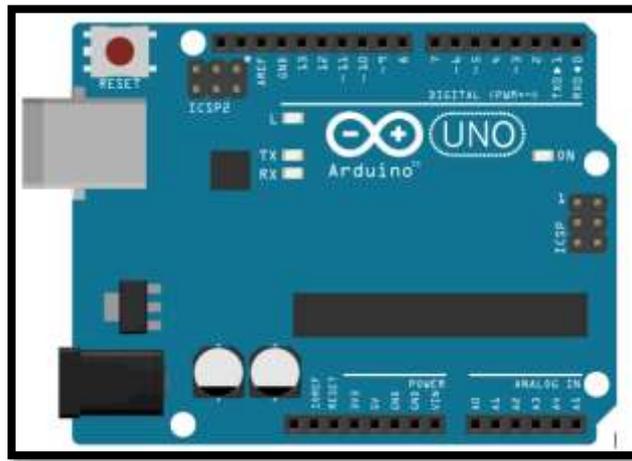


Figura 2.24: Placa de Hardware Libre [26]

2.2.22 REQUERIMIENTOS DEL HARDWARE LIBRE

A continuación se detallan los componentes requeridos para que un hardware sea considerado libre:

✓ **Documentación**

El hardware libre debe incluir la documentación mediante ficheros que contengan la información del diseño, permitiendo así modificar y redistribuir el hardware de acuerdo a los intereses del desarrollador. Cuando no es posible proporcionar la información de una manera física se deberá especificar la manera de adquirir la documentación, esta puede ser comercializada pero el valor de adquisición deberá ser sensato, de preferencia se recomienda que la descarga se pueda realizar en forma online y gratuita.

Uno de los aspectos importantes es que los archivos del diseño del hardware presenten formatos que permitan su modificación un ejemplo de archivos no

válidos son la captura de imágenes que limitan la modificación o mejoramiento del diseño, además existen archivos que de forma intencional buscan ocultar partes del diseño. [26]

✓ **Alcance**

La documentación proporcionada sobre el hardware debe ser clara y específica, presentando todas las partes que forman el diseño para evitar que el hardware tenga conflictos de licencia y pueda ser usada por cualquier persona. [26]

✓ **Sistema Informático**

Cuando el diseño del hardware libre requiere de un sistema informático para su uso, la licencia requiere que se cumplan con ciertos requerimientos que se mencionan a continuación:

a) Las interfaces de entrada y salida del Hardware contarán con la documentación suficiente, para así tener la posibilidad de que algún desarrollador cree un sistema informático de código abierto, que permita operar y configurar al dispositivo para distintas aplicaciones. [26]

b) El software informático y sus paquetes de herramientas posean una licencia de código abierto certificada por la OSI. [26]

✓ **Derivaciones del hardware libre original**

La licencia proporcionada por el diseñador permitirá modificar el diseño original, además la distribución del nuevo diseño se establecerá bajo los mismos parámetros que la licencia original, esta licencia incluye libre construcción, distribución y uso de los diseños creados a partir del proyecto original. [26]

✓ **Libre redistribución**

La licencia del hardware libre no puede prohibir la venta o repartición de la documentación del diseño. La licencia menciona que no se podrá hacer reclamos de pago por derechos de autoría sobre la venta de los diseños ya sea el proyecto original o derivados del mismo. [26]

✓ **Autoría**

Es opcional que los documentos sobre los derechos de copyright de los dispositivos cuenten con los datos de autoría sin embargo los dispositivos derivados pueden contar con la autoría de quien los modifico. [26]

✓ **Distribución de la licencia**

Los derechos de licencia se aplican a todas las personas ya sea en el producto original o una derivación sin la necesidad de ejecutar una licencia adicional. [26]

2.3 PROPUESTA DE SOLUCIÓN

Con la implementación de un prototipo de calculadora Braille con reproducción de voz, para personas con discapacidad visual se les permite mayor autonomía en el aprendizaje de las operaciones matemáticas y brinda mayor seguridad en las transacciones económicas que ellos realicen.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. MODALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

Se realizó una investigación aplicada, el proyecto estuvo orientado a una solución específica a un problema que corresponde a necesidades de un grupo de personas con discapacidad visual.

De igual manera se realizó una investigación bibliográfica - documental mediante libros, revistas científicas, aportes científicos y publicaciones electrónicas para tener diferentes enfoques con respecto al tema de investigación, de esta manera se recopiló información valiosa que sirvió como sustento investigativo del proyecto, ampliando teorías, conceptualizaciones y criterios de diversos autores, acorde a los requerimientos del proyecto.

Adicionalmente se aplicó una investigación de campo, ya que fue necesario tomar información específica del lugar en el cual va a ser implementado el prototipo, realizando un estudio sistemático de los hechos donde se genera el problema, lo cual fue útil en el desarrollo de la investigación y sirvió como aporte para cumplir los objetivos planteados inicialmente.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

El estudio de la presente investigación se la realizó con dos estudiantes no videntes de la Universidad Técnica de Ambato.

3.3. RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Para la Investigación “Prototipo De Una Calculadora Braille para Personas con Discapacidad Visual en la Universidad Técnica de Ambato” se utilizó entrevistas, las cuales fueron ejecutadas en conjunto con la Dirección de Bienestar Estudiantil y Asistencia Universitaria (DIBESAU), dicho departamento tiene a su cargo las personas con discapacidad visual.

Para la recolección de información también se tomó en cuenta diferentes fuentes bibliográficas, repositorios de publicaciones y se acudió a diversos lugares de información como internet, archivos, bibliotecas, librerías, videotecas, institutos de investigación, Internet y guía del tutor para el desarrollo de la parte técnica, registrando una descripción concreta y concisa de los avances que se obtuvieron durante el desarrollo del proyecto de investigación. Para ello fue importante tener presente las diversas fuentes que nos pueden ser útiles en la tarea de conseguir información para nuestra investigación.

3.4. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

Para la realización del procesamiento y análisis de datos se llevó a cabo lo siguiente:

- Estudio de las limitaciones que tienen las personas con discapacidad visual.
- Revisión y mejoramiento de la información de acuerdo a los resultados del prototipo
- Análisis e interpretación de Resultados

3.5. DESARROLLO DEL PROYECTO

Para el Desarrollo del proyecto se llevó a cabo las siguientes actividades:

1. Identificación de los símbolos y números matemáticos utilizados en lenguaje Braille.
2. Análisis de los principales requerimientos en la vida diaria de las operaciones matemáticas básicas en personas con discapacidad visual.
3. Selección de los componentes electrónicos que cumplan con las necesidades del prototipo de la calculadora Braille.

4. Selección de un Lenguaje de Programación para el desarrollo del proyecto.
5. Selección del Circuito reproductor de audio
6. Programación de los dispositivos del prototipo propuesto.
7. Implementación del prototipo
8. Pruebas de Funcionamiento del dispositivo electrónico por personas no videntes y Corrección de Errores.
9. Análisis de Resultados y Conclusiones.

CAPÍTULO IV

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto trata sobre la implementación de un prototipo de calculadora Braille el cual tiene como objetivo facilitar las operaciones matemáticas básicas, además cuenta con alertas de voz de cada tecla presionada y de su respuesta obtenida después de una operación realizada, el diseño está basado en un teclado en Sistema Braille que introduce datos y realizar con ellos las operaciones deseadas. Este proyecto está orientado para ayudar a las personas con discapacidad visual en la Universidad Técnica de Ambato brindando mayor seguridad y accesibilidad a un dispositivo electrónico.

ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS

Mediante las entrevistas realizadas a los estudiantes con discapacidad visual de la Universidad Técnica de Ambato, estos presentaron los siguientes requerimientos:

- El Señor Santiago Gutiérrez estudiante de séptimo semestre de Psicología Educativa de la Facultad de Ciencias Humanas y de la Educación manifestó que tiene problemas y mucha dificultad al realizar operaciones matemáticas básicas sobre todo cuando las cantidades son más grandes por lo que utiliza el ábaco como sistema de ayuda para realizar sus cálculos y éste no dispone de las suficientes filas, además manifestó que sería de gran ayuda disponer de una calculadora la cuál le permita conocer la tecla presionada al igual que su respuesta.

- El Señor Andrés Ramírez estudiante de primer semestre de Educación Básica de la Facultad de Ciencias Humanas y de la Educación manifestó que durante su vida estudiantil ha sido difícil adaptarse a las calculadoras que existen en el mercado debido a que el teclado es uno de sus mayores inconvenientes por no poder contar con cada una de sus teclas en el Sistema Braille, por lo que no tuvo más alternativas que usar una computadora con la ayuda de algún familiar, sin embargo al momento de trasladarse de un lugar a otro no dispone de ningún dispositivo portátil, por lo cual le gustaría poder tener algún sistema electrónico teniendo en cuenta los inconvenientes que presenta en su vida diaria.

Luego de Realizar las entrevistas que se encuentran en el anexo A se pudo conocer las necesidades y determinar los principales requerimientos que se detallan a continuación:

- Dispositivo Portátil capaz de poder movilizar de un lugar a otro sin ningún inconveniente.
- Sistema de Ingreso de Datos a través de un teclado en código Braille para mayor facilidad en cada uno de los usuarios.
- Sistema de procesamiento de datos para ejecutar las operaciones ingresadas por el teclado.
- Sistema de salida de información en forma audible

4.1 DISEÑO DEL PROTOTIPO

4.1.1 DIAGRAMA DE BLOQUES

El prototipo está formado por varios subsistemas, los mismos que se presentan a través de un diagrama de bloques, con el fin de brindar mayor comprensión en el funcionamiento el cual se puede visualizar en la figura 4.1

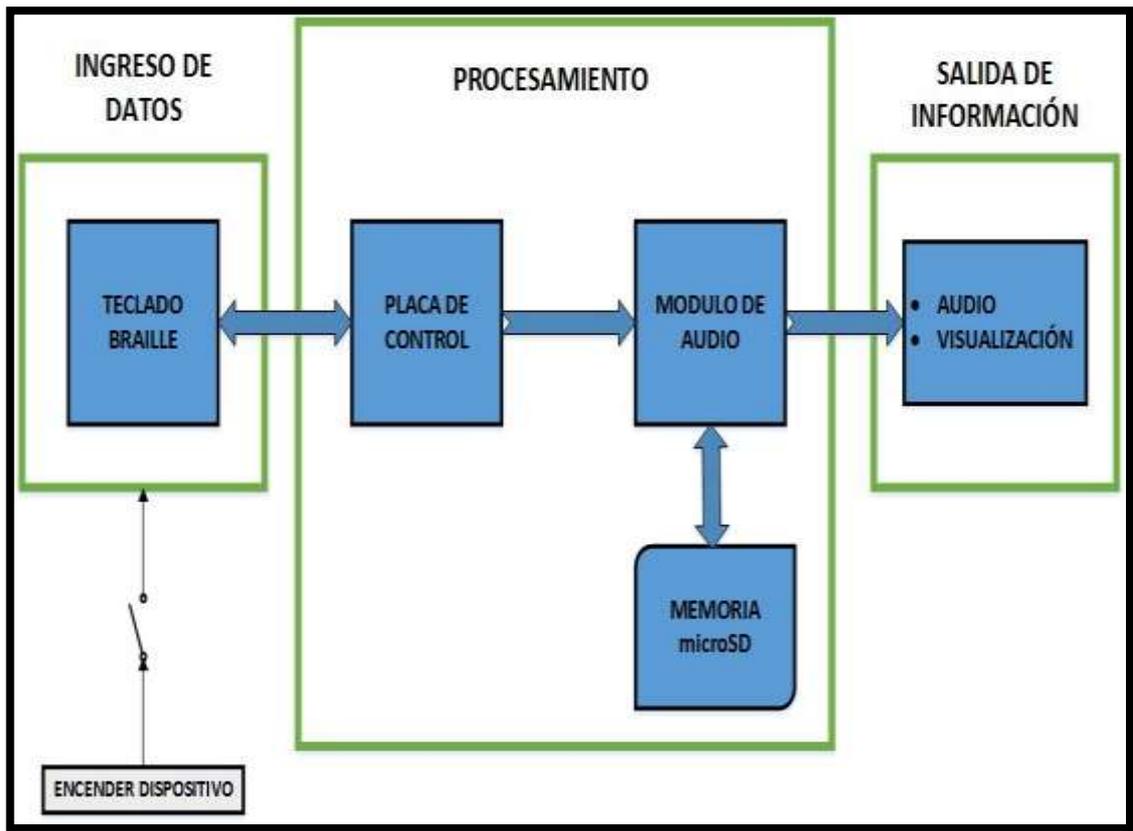


Figura 4.1: Diagrama de bloques del Sistema Embebido

Elaborado por Investigador

En la figura 4.1 se puede observar el funcionamiento del prototipo el cual consta de un interruptor de activación y desactivación. En el caso de activación el dispositivo es energizado, una vez activado el dispositivo se debe ingresar los datos a través de un teclado diseñado en código Braille los mismos que se van a visualizar en un pantalla LCD (Liquid Crystal Display). En la etapa de procesamiento en primer lugar interviene la placa de control la cual es la encargada de realizar los cálculos y el control de los datos ingresados, a la vez la placa de procesamiento se comunica a través de la comunicación SPI (Serial Peripheral Interface) con el módulo de audio, el cual busca el sonido en la memoria microSD para enviarla a la etapa de Salida de información en forma audible.

En la figura 4.2 se muestra el diagrama físico del sistema embebido en el que se ilustra los elementos electrónicos que forman parte de cada una de las etapas.

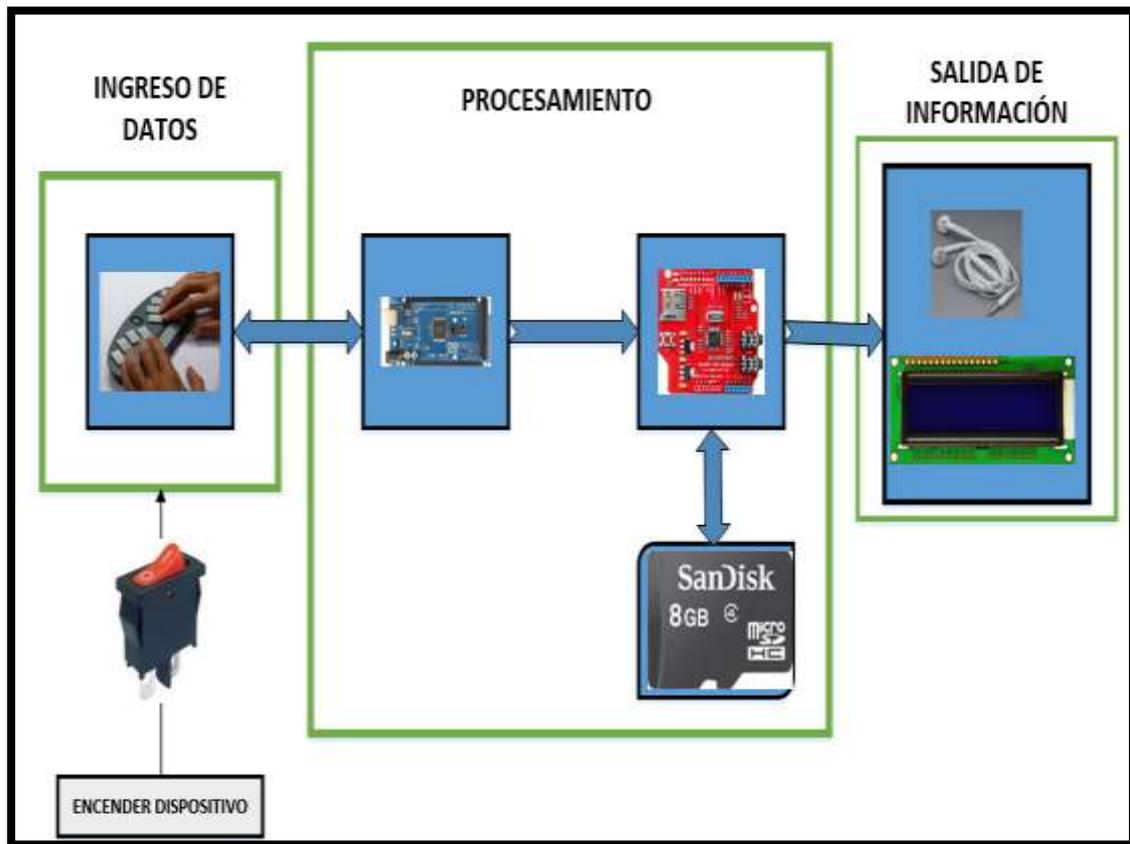


Figura 4.2: Diagrama Físico del Sistema Embebido

Elaborado por Investigador

4.2 SELECCIÓN DE HARDWARE Y SOFTWARE

Antes de proceder a la implementación del dispositivo se realizó el estudio y selección de los diferentes componentes. A continuación se detalla los parámetros para seleccionar el software y el hardware que permitió escoger cada uno de los componentes electrónicos de acuerdo a las características que poseen y los requerimientos establecidos por los usuarios.

4.2.1 HARDWARE

Existen diversos tipos de hardware que se han ido desarrollando con el avance de la tecnología, sin embargo para el desarrollo de este proyecto se ha seleccionado el hardware libre debido a la información y libertad que ofrece, a continuación se presenta un análisis de las distintas plataformas de hardware libre existentes, en la tabla 4.1 se indica las principales características que poseen cada plataforma:

Tabla 4.1. Plataformas Hardware Libre

Características	OSWarrior DK	SKYPIC	Arduino	Netduino
Microcontrolador	S08AC60 de Freescale Semiconductor	16f87x y 18fxxx	Atmegaxx8	AT91SAM7X51 2 ATMEL
Voltaje de Operación	5V	Entre 5 y 6 voltios	(3.3 a 5)V	Entre 7.5 y 12 voltios
Corriente Salida	40 mA	40 mA	(40 a 130) mA	8 mA
Posee E/S digitales	Si	Si	Si	Si
Posee Entradas Analógicas	Si	Si	Si	Si
Memoria Flash	64 KB	8 KB	(2.32 , 512) KB	128 KB
SRAM	2 KB	0.368 KB	(2, 2.5, 8, 96) KB	60 KB
Velocidades de Reloj	40 MHz	20 MHz	(16 y 84) MHz	48 MHz
Tipo de USB	USBDM	No posee	Mini USB y Estándar	USB Estándar

Elaborado por Investigador

Para la implementación de este proyecto se ha seleccionado la plataforma Arduino debido a que cumple con las mejores características tales como:

- La velocidad de reloj es superior al resto de plataformas.
- Dispone de dos tipos de voltaje de operación.
- Posee dos tipos de conexión USB a diferencia de las demás.
- Mayor fuente de información respecto a las demás.

4.2.2 INGRESO DE DATOS

Para el ingreso de datos al sistema embebido, está formado por un teclado matricial de 5x5 (5 filas y 5 columnas) como se ilustra en la figura 4.3 el cual dispone de una capacidad total de 25 pulsadores, donde se utilizaron 21 en el prototipo en los que se encuentran todos los números y símbolos matemáticos requeridos por el usuario.

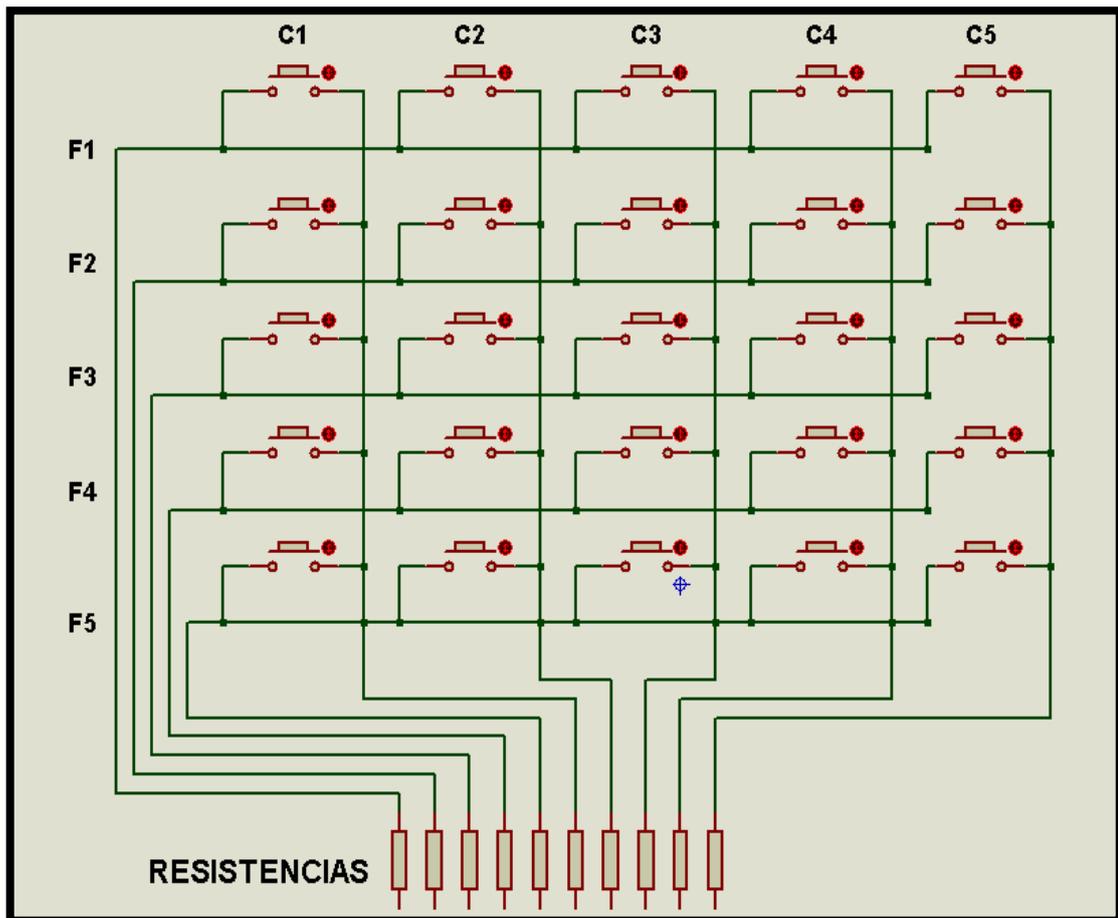


Figura 4.3: Teclado matricial 5x5

Elaborado por Investigador

En la figura 4.3 se visualiza el teclado matricial en donde F representa las filas y C las columnas formando una matriz de 5x5 de esta forma se pueden leer las 25 teclas utilizando solamente 10 pines en lugar de los 25 que serían necesarios en otro tipo de configuración.

Para el diseño se utilizaron pulsadores normalmente abiertos y resistencias Pull-up de 4.7 K Ω .

4.2.3 SELECCIÓN DE TARJETA DE CONTROL

En la plataforma arduino de hardware libre encontramos gran variedad de tarjetas de control que varían desde la capacidad hasta el tamaño. En la tabla 4.2 se muestran las características principales de las tarjetas de control que se consideraron para la selección de la que mejor se acople a las necesidades del sistema Electrónico.

Tabla 4.2: Tarjetas Arduino

Tarjeta	Arduino Uno	Arduino Mega R3	Arduino Zero	Arduino Leonardo
				
Microcontrolador	ATmega328	ATmega2560	ATSAMD21G 18, 32-Bit ARM Cortex M0+	Atmega32u4
Voltaje	5V	5V	3.3V	5V
Voltaje Entrada (Recomendado)	7 – 12V	7 – 12V	-----	7 – 12V
Voltaje Entrada (limites)	6 – 20V	6 – 20V	-----	6 – 20V
E/S digitales	14 pines digitales (6 salidas PWM)	54 pines digitales (14 salidas PWM)	14 pines digitales (12 salidas PWM)	20 pines digitales (7 salidas PWM)
Entradas análogas	6	16	6	12
Memoria Flash	32k	256k	256KB	32 KB
Velocidad de Reloj	16 MHz	16 MHz	48 MHz	16 MHz
Corriente de I/O Pin	40 Ma	20 mA	7 mA	40mA
EEPROM	1 KB	4 KB	16 KB	1 KB
SRAM	2 KB	8 KB	32 KB	2.5 KB

Elaborado por Investigador

En base a las características que presenta la tabla 4.2, el modelo seleccionado para el desarrollo del sistema embebido fue la tarjeta Arduino Mega R3, debido que tiene mayor cantidad de pines, un mayor espacio en memoria, y requerimientos necesarios para la programación. En el Anexo E se presenta la hoja de datos del Arduino Mega R3.

Características Específicas del Arduino Mega 2560 R3

✓ Energía

Arduino Mega puede ser alimentado a través de conexión USB o con una fuente de alimentación externa. [27]

La alimentación externa puede venir con un adaptador de CA a CC (pared) o por una batería. El adaptador se puede conectar a un enchufe de 2.1mm centropositivo en el conector de alimentación de la placa. La batería se puede insertar en los cabezales de pin GND y Vin del conector de alimentación de la placa arduino [27]

✓ Memoria

Atmega 2560 tiene 256 KB de memoria flash para el almacenamiento de código (de los cuales 8 KB se utiliza para el gestor de arranque), 8 KB de SRAM y 4 KB de EEPROM (que puede ser leído y escrito con la librería EEPROM). [27]

✓ Entrada y Salida

Cada uno de los 54 pines digitales en Arduino Mega se puede utilizar como una entrada o salida, funcionan a 5 voltios. Cada pin puede proporcionar o recibir un máximo de 40 mA. Además, algunos pines tienen funciones especializadas:

✓ SPI:

50 (MISO), 51 (MOSI), 52 (SCK), 53 (SS). Estos pines admiten la comunicación SPI utilizando la librería SPI. Los pines SPI también se desglosan en la cabecera ICSP, que es físicamente compatible con el arduino mega. [27]

✓ Comunicación

El Arduino Mega2560 tiene una serie de pines para comunicarse con un ordenador, otro Arduino u otros microcontroladores. El Atmega 2560 ofrece cuatro hardware UART para TTL (5V) de comunicación serie. Una biblioteca Software Serial permite la comunicación en serie en cualquiera de los pines digitales del Mega 2560. El Atmega 2560 también soporta la comunicación SPI. [27]

En la Figura 4.4 se presenta el diagrama de pines de Arduino Mega 2560 R3.

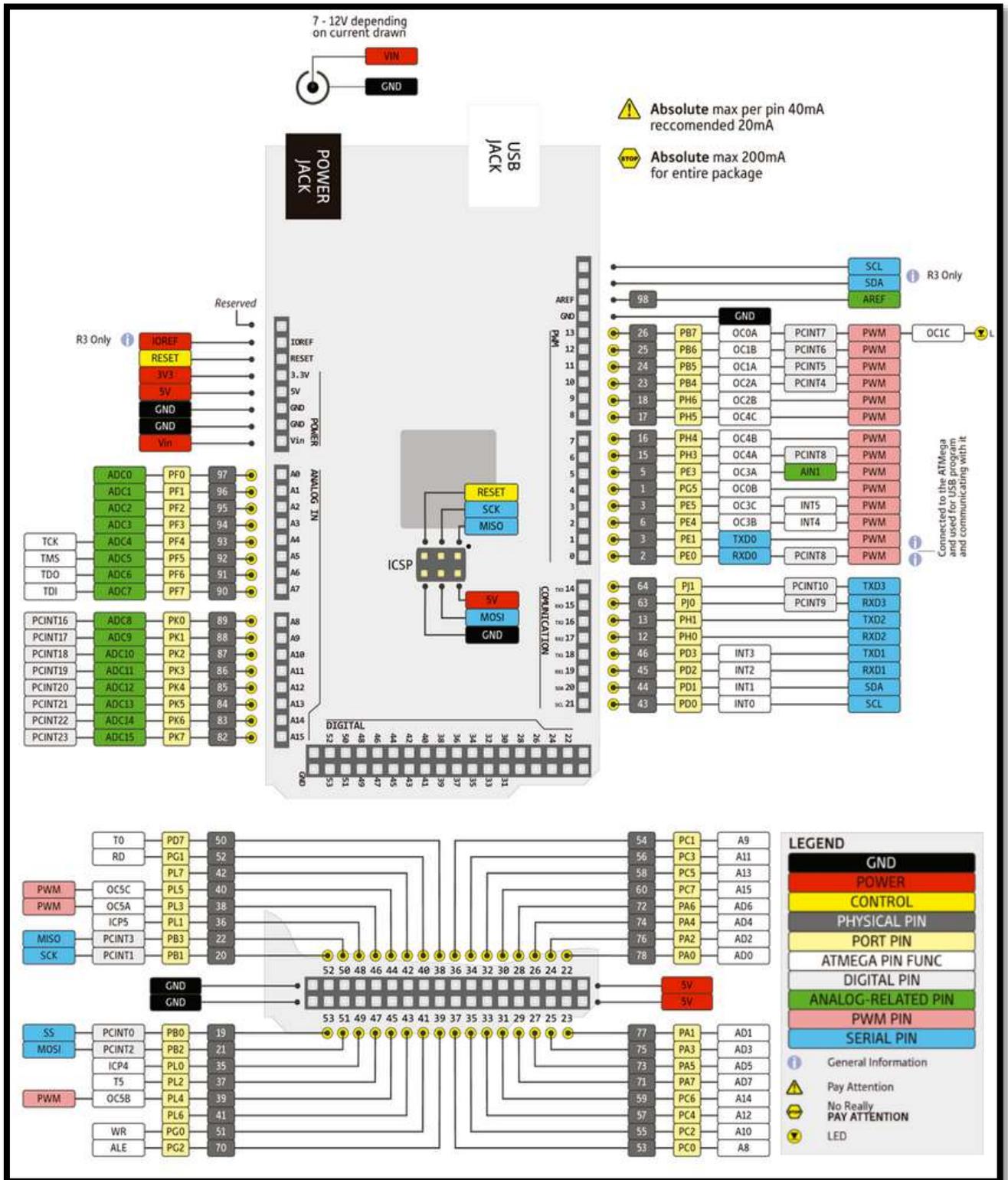


Figura 4.4: Esquema Arduino Mega 2560 R3 [28]

4.2.4 SELECCIÓN DE MÓDULO DE AUDIO

Un módulo de audio es un dispositivo capaz de reproducir sonidos grabados previamente en una tarjeta de memoria externa. La reproducción de estos sonidos

puede ser controlada desde una tarjeta en nuestro caso Arduino Mega R3, utiliza una comunicación serial o incluso puede manejarse en forma directa a través de pulsadores.

En el mercado existe una gran variedad de módulos de audio, por lo cual se optó realizar una comparación entre sus características y ver que el que mejor satisfaga las necesidades del proyecto, lo cual se puede visualizar en la Tabla 4.3.

Tabla 4.3: Cuadro comparativo de módulos reproductores de audio

MÓDULO	Formato de archivos	Capacidad de Memoria externa (SD)	Compatible	Modos de Trabajo
 <p>WTV020SD-16P</p>	.ad4	2 GB	Arduino	En forma Serial y Estándar
 <p>WTV020SD-16S</p>	.ad4	1 GB	Microcontroladores	Serial, key, estándar y en forma directa
 <p>WTM-SD V1.3</p>	.mp3	2 GB	Pic y Arduino	Serial, Paralelo, estándar, y modo Key
 <p>WTR-SD</p>	.wav	1 GB	Pic y Arduino	Serial, modo key y estándar
 <p>VS1053</p>	.Ogg orbis .mp3 .aac .wma .audio midi	64 GB	Pic y Arduino	Interfaz SPI

Elaborado por Investigador

De acuerdo a la tabla 4.3 el modulo reproductor que se ajusta a las necesidades del proyecto y es compatible con arduino es el módulo VS1053, debido a que ofrece una cantidad de memoria suficiente y permite manejar diferentes tipos de formato. En el Anexo F se presenta la hoja de datos del módulo VS1053.

En la tabla 4.4 se presenta las características del módulo VS1053:

Tabla 4.4. Características del módulo VS1053

Módulo	Módulo VS1053
Características	<ul style="list-style-type: none"> • Puede reproducir una variedad de formatos de música, soporte para la codificación OGG grabación en tiempo real • Interfaz SPI, las líneas de señal de control se llevó a cabo • Una salida de auriculares y estéreo • Un micrófono para la grabación • Una Interfaz de entrada Line_in • Indicador de encendido • 3.3V y 2.8V LDO de chips AMS-1117 a bordo, proporciona hasta 800mA de corriente • Una sola fuente de alimentación: 5 VDC • Cristal de 12.288 Mhz • Ranura para tarjetas TF • Reproduce formatos Ogg Vorbis / mp3 / acc / Wma/ audio MIDI • Codifica formatos de micro / línea • Decodifica los Formatos Mp3, Mp1, MPEG4, WMA4.0, Flac

Elaborado por Investigador Basado en [29]

✓ **Comunicación entre Arduino y shield MP3**

De acuerdo al modelo del módulo de audio seleccionado VS1053 este posee el modo de comunicación SPI (Serial Peripheral Interface), es una comunicación que

viene incluido en la mayoría de las tarjetas arduino y están conformadas con pines específicos y a la vez son compatibles con diferentes shields que utilicen este tipo de comunicación.

SPI (SERIAL PERIPHERAL INTERFACE)

Spi es un bus de tres líneas, sobre el cual se transmiten paquetes de información de 8 bits. Cada una de estas tres líneas porta la información entre los diferentes dispositivos conectados al bus. Cada dispositivo conectado al bus puede actuar como transmisor y receptor al mismo tiempo, por lo que este tipo de comunicación serial es full duplex. Dos de estas líneas transfieren los datos (una en cada dirección) y la tercer línea es la del reloj. Algunos dispositivos solo pueden ser transmisores y otros solo receptores, generalmente un dispositivo que tramite datos también puede recibir. [30]

Los dispositivos conectados al bus son definidos como maestros y esclavos. Un maestro es aquel que inicia la transferencia de información sobre el bus y genera las señales de reloj y control.

Un esclavo es un dispositivo controlado por el maestro. Cada esclavo es controlado sobre el bus a través de una línea selectora llamada Chip Select o Select Slave, por lo tanto es esclavo es activado solo cuando esta línea es seleccionada. Generalmente una línea de selección es dedicada para cada esclavo. [30]

Especificaciones del Bus

- La señal sobre la línea de reloj (SCLK) es generada por el maestro y sincroniza la transferencia de datos.
- La línea MOSI (Master Out Slave In) transporta los datos del maestro hacia el esclavo.
- La línea MISO (Master In Slave Out) transporta los datos del esclavo hacia el maestro. [30]

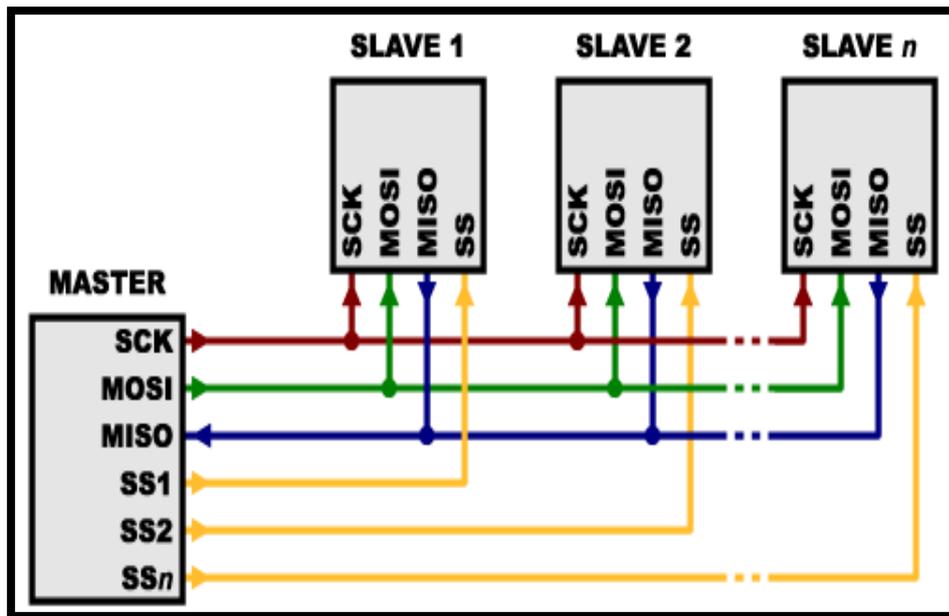


Figura 4.5: Conexión de dispositivos al bus SPI [31]

Cada esclavo es seleccionado por un nivel lógico bajo ('0') a través de la línea (CS= Chip Select o SS Slave Select). Los datos sobre este bus pueden ser transmitidos a una razón de casi cero bits /segundo hasta 1 Mbits/ segundo. Los datos son transferidos en bloques de 8 bits, en donde el bits más significativo (MSB) se transmite primero.

✓ Memoria microSD

SD proviene de las siglas "Secure Digital" o seguridad digital debido a que cuenta con un cifrado en el hardware para protección de datos. Esta memoria está basada en tecnología flash – NAND, la cual se basa en celdas de memoria NAND de tipo no volátil, que permiten conservar información sin necesidad de alimentación eléctrica hasta por 10 años y dependiendo el tipo de chip instalado, soportan como mínimo 10000 ciclos de escritura y borrado de datos. [32]

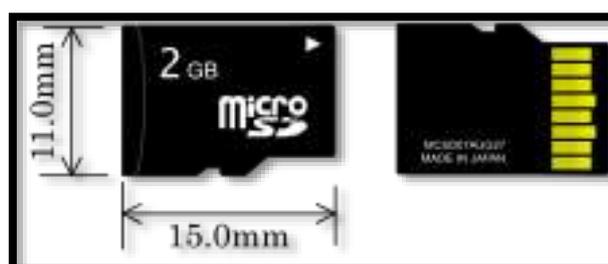


Figura 4.6: Memoria microSD [33]

✓ Salida de Información

La salida de información del sistema electrónico, consiste en la reproducción por alertas de voz de las teclas presionadas y de los resultados obtenidos después de realizar una operación matemática a través de audífonos estéreo como se ilustra en la figura 4.7.



Figura 4.7: Audífonos [34]

El dispositivo también puede ser utilizado por personas videntes por lo que permite visualizar los datos ingresados a través de una pantalla LCD (Liquid Crystal Display) de 16 columnas por dos 2 filas como se ilustra en la figura 4.8. En el Anexo G se muestra la hoja de datos.

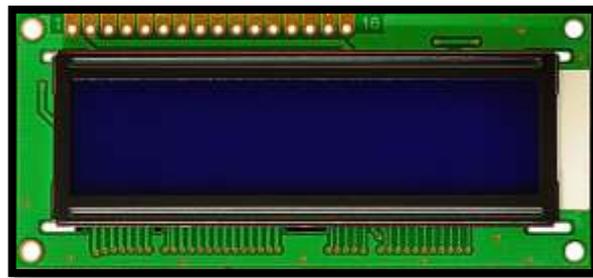


Figura 4.8: Pantalla LCD 16x2 [35]

4.2.5 SELECCIÓN DE ELEMENTOS ADICIONALES

Además del hardware anteriormente seleccionado se utilizaron otros elementos para el desarrollo del prototipo. Estos se listan en la siguiente Tabla 4.5.

Tabla 4.5: Elementos adicionales

Elementos	Características
Tarjeta SD	128 Mb
Pulsadores	De placa
Resistencias	4.7K Ω
Vaquelita	Fibra de Vidrio
Interruptor	On /Off
Auriculares	Medianos
Espadines	Macho y Hembra
Baquelita	Fibra de Vidrio
Estaño	2m

Elaborado por Investigador

4.2.6 SOFTWARE

Para el desarrollo del proyecto se necesita un software tanto para la programación del prototipo, así como el diseño del circuito impreso y la grabación de sonidos para el prototipo.

El software utilizado para la programación de los dispositivos se basa en el hardware seleccionado ya que posee un lenguaje de programación de alto nivel. Por lo cual se ha seleccionado Arduino IDE, el Entorno de Desarrollo Integrado propio del hardware libre.

El software libre nos permite ejecutar, copiar, distribuir, estudiar, cambiar y mejorar el software bajo una determinada licencia libre, al contrario de otros tipos de licencias que son conocidas por imponer muchas restricciones a los usuarios, las libres se caracterizan por conceder derechos o libertades a estos. [36]

4.2.7 ENTORNO DE DESARROLLO INTEGRADO IDE

Este software se instaló en un computador, el instalador se puede descargar desde la página web de arduino donde se dispone de versiones tanto para Windows, Mac OS X y Linux. Para utilizar una placa es necesario instalar los drivers que vienen junto al instalador de arduino.

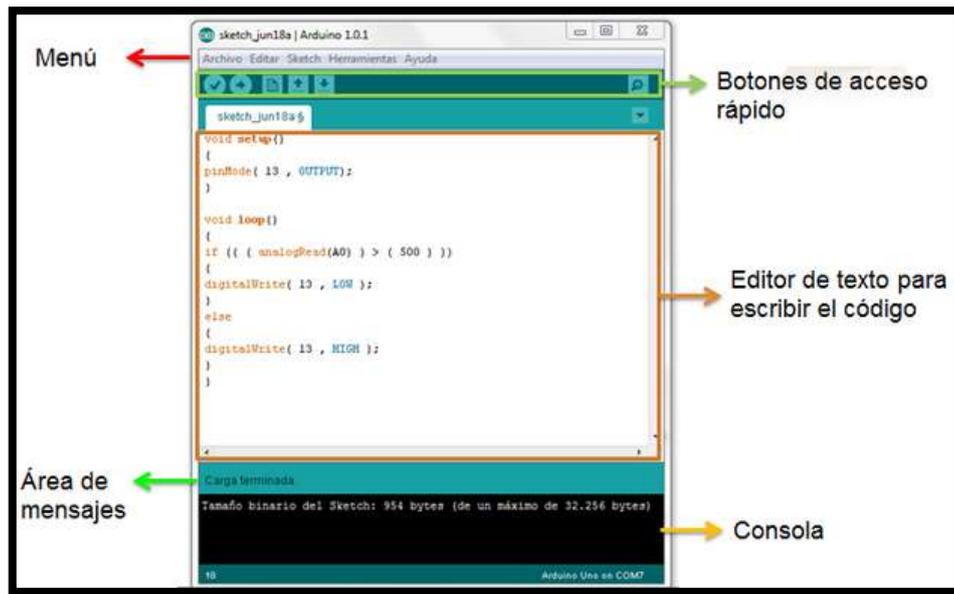


Figura 4.9: Entorno de Desarrollo Integrado

Elaborado por Investigador

A continuación se presentan los pasos para empezar a trabajar con arduino:

1. Descargar el IDE de arduino de la página oficial según el sistema operativo.
2. Para instalar los drivers en la computadora, se debe conectar con el cable USB nuestra placa Arduino a la computadora.
3. Ejecutar el ambiente de Desarrollo Arduino.
4. Seleccionar la pestaña Herramientas y escoger la opción placa para seleccionar con la que se va a trabajar.
5. Seleccionar el puerto COM al que está conectado la placa.
6. Verificar el funcionamiento de la placa a través de los ejemplos.
7. Seleccionar la opción archivo ejemplos basic y cargar el programa blink a la placa
8. Verificar que parpadee el LED de la placa arduino.

4.2.8 SOFTWARE PROTEUS

Para el diseño de los circuitos impreso se utilizó Proteus VSM es una aplicación que permite simular el funcionamiento de diseños electrónicos, para comprobar si los esquemas cumplen con las características de funcionalidad requeridas.

ISIS es un potente programa de diseño electrónico que permite realizar esquemas que pueden ser simulados en el entorno VSM o pasados a un circuito impreso ya en el entorno ARES. [37]

Posee una muy amplia colección de librerías de modelos tanto para dibujar, simular o para las placas. Además, permite la creación de nuevos componentes, su modelización para su simulación, e incluso, la posibilidad de solicitar al fabricante (Lab-center Electronics) que cree un nuevo modelo. [37]

4.2.9 GRABADOR DE AUDIO

El software utilizado en la grabación de los sonidos para el prototipo es DSpeech el cual permite reproducir el audio de un texto escrito. Este software nos permite guardar nuestros archivos en formato .mp3, además de contar con una gama de voces para optar por la que mejor se ajuste a nuestro proyecto.

Otras características que posee este software son las siguientes:

- Modificar el timbre y tono de la voz
- Seleccionar el idioma

En la figura 4.10 se puede visualizar el entorno grafico del software DSpeech



Figura 4.10: Entorno Grafico DSpeech

Elaborado por Investigador

A continuación se muestran los pasos a seguir para la grabación de un sonido utilizando el software DSpeech.

1. Una vez abierto el software se debe seleccionar el idioma. Por lo tanto se recomienda configurar tal como se muestra en la siguiente figura 4.11:

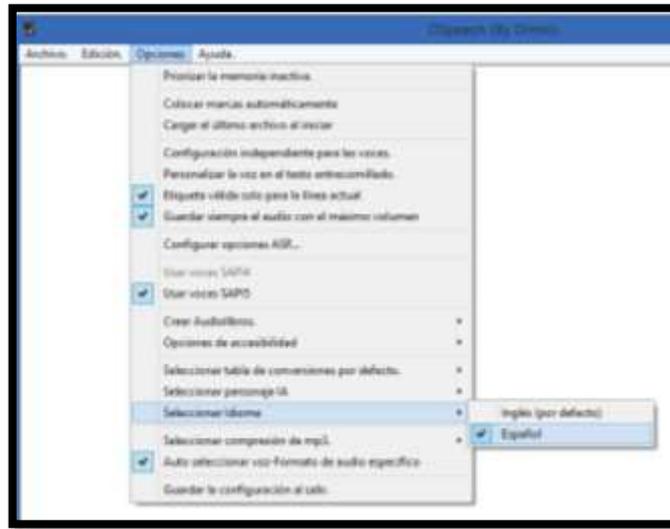


Figura 4.11: Primer paso en la configuración

Elaborado por Investigador

2. El siguiente paso es seleccionar el tipo de voz a la cual se va a reproducir el texto a escribir. Tal como se indica en la figura 4.12.



Figura 4.12: Segundo paso en la selección de voz

Elaborado por Investigador

3. Una vez realizado los pasos anteriores se debe introducir el texto a ser reproducido el cual se muestra en la siguiente figura 4.13.

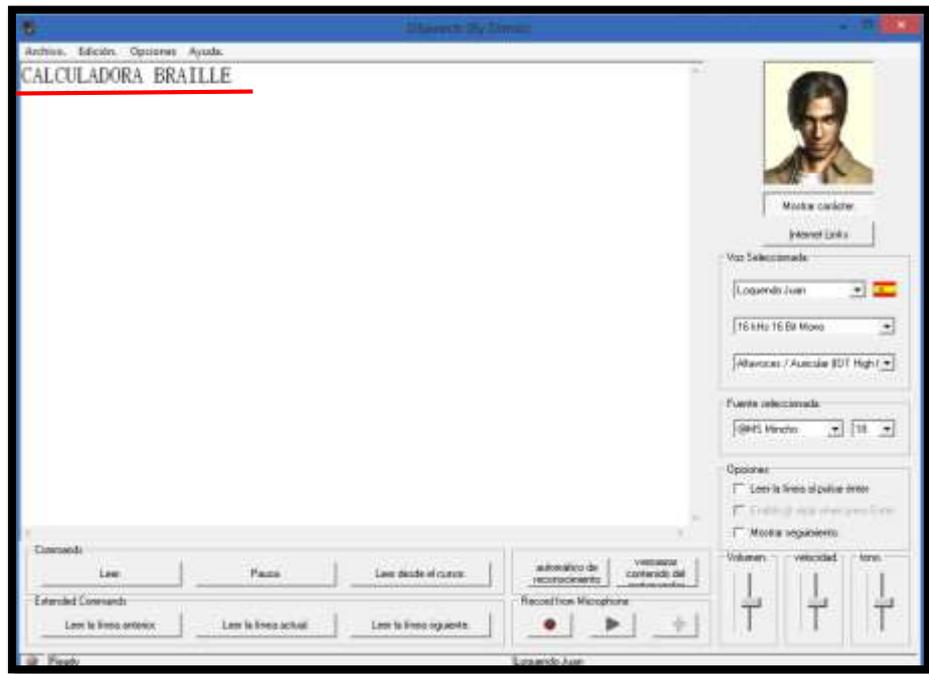


Figura 4.13: Tercer Paso Introducir Texto a ser reproducido

Elaborado por Investigador

4. Si deseamos escuchar el texto introducido se debe dar un click en la parte inferior izquierda en la opción comando y después en leer. En la figura 4.14 se ilustra como poder reproducir el texto ingresado.



Figura 4.14: Cuarto Paso Reproducir Texto

Elaborado por Investigador

5. Para guardar el archivo de audio se debe seleccionar la opción Archivo, posteriormente la opción guardar wav, mp3 u ogg, Como se ilustra en la figura 4.15.

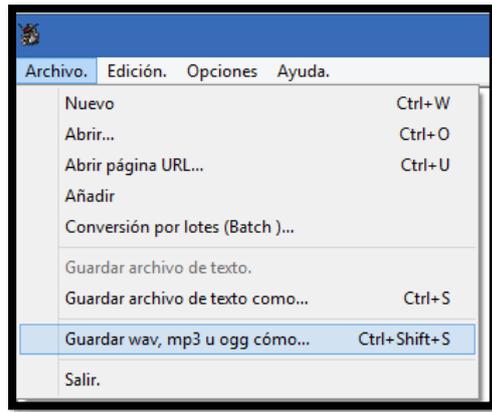


Figura 4.15: Quinto paso guardar archivo de audio

Elaborado por Investigador

- Una vez seleccionado la opción Guardar archivo nos muestra una ventana en la cual se debe escribir el nombre respectivo, como se muestra en la figura 4.16.



Figura 4.16: Sexto paso dar un nombre al archivo de audio

Elaborado por Investigador

Nota: Los archivos de audio se guardaron con nombre de track001 hasta track022, que corresponden a todos los sonidos empleados en el prototipo.

4.3 DISEÑO DEL CIRCUITO ESQUEMATICO

La simulación del sistema embebido se realizó en el software Proteus Isis v7.7 la misma que se ilustra en la siguiente figura 4.17.

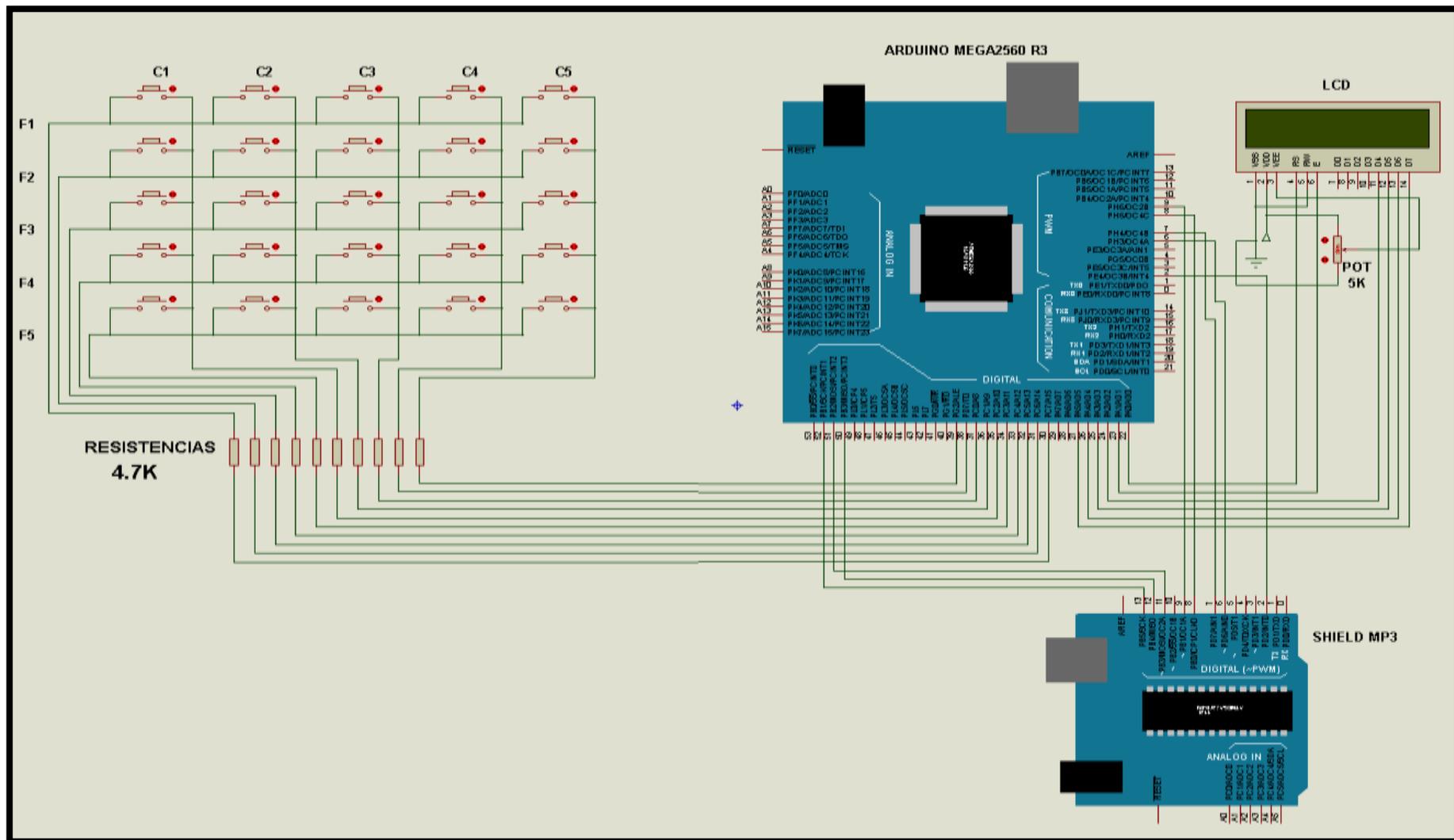


Figura 4.17: Simulación del Sistema Embebido

Elaborado por Investigador

En el Anexo D se presenta el diseño correspondiente de las placas del sistema embebido, el mismo que se desarrolló en el software Ares v7.7.

4.4 CONEXIÓN EN LA PLACA DE PRUEBAS (PROTOBOARD)

En esta sección se muestra de manera detallada las pruebas que se realizó antes de la implementación del dispositivo, para verificar su funcionamiento y el de cada una de las etapas que está compuesto.

Para la implementación del circuito en la protoboard se debe utilizar la simulación realizada la cual se muestra en la Figura 4.17.

- ✓ Primero se realizó la implementación del teclado matricial el cual dispone de 21 pulsadores normalmente abiertos en la figura 4.18 se ilustra el teclado matricial armado en la protoboard.

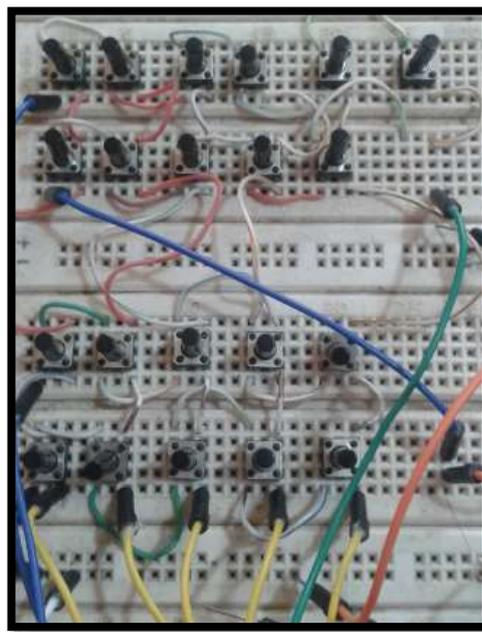


Figura 4.18: Teclado Matricial

Elaborado por Investigador

Una vez implementado el teclado matricial se debe conectar al arduino mega R3 para lo cual se realizó mediante la siguiente configuración que se muestra en la tabla 4.6.

Tabla 4.6: Conexión teclado Matricial

Arduino mega r3	Teclado Matricial
D30	Fila 1
D31	Fila 2
D32	Fila 3
D33	Fila 4
D34	Fila 5
D35	Columna 1
D36	Columna 2
D37	Columna 3
D38	Columna 4
D39	Columna 5

Elaborado por Investigador

- ✓ Como segundo punto se analizó el funcionamiento del arduino mega R3 junto a la shield MP3 como se ilustra en la figura 4.19 y unos auriculares para verificar si la salida de información de los archivos de audio es la correcta. A continuación se muestra en la tabla 4.7 las conexiones realizadas entre estos dos dispositivos:

Tabla 4.7 : Conexión Shield Mp3

Arduino mega r3	Shield mp3 vs1053
Vcc	Vcc
Gnd	Gnd
D2	D2
D6	D6: X_CS
D7	D7: X_DCS
D8	D8: X_RESET
D9	D9: CS
D11	D51: MOSI
D12	D50: MISO
D13	D52: SCK

Elaborado por Investigador

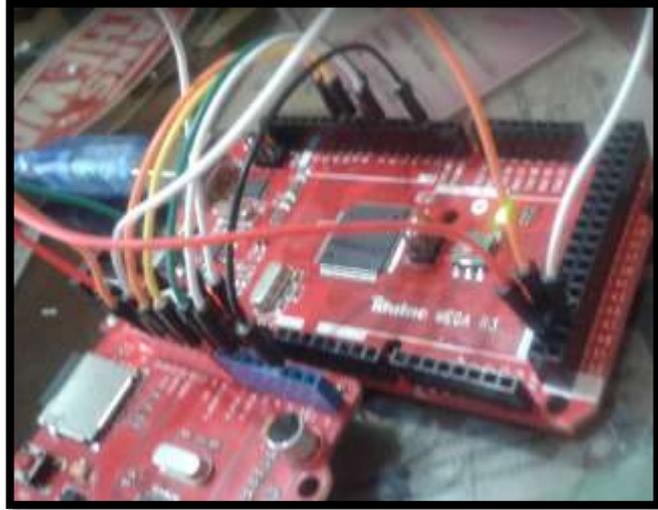


Figura 4.19: Conexión arduino mega r3 y Shield Mp3

Elaborado por Investigador

- ✓ Para la verificación de los datos ingresados se colocó una pantalla LCD (Liquid Crystal Display) de 16x2 la cual se conectó al arduino mega R3 como se muestra en la figura 4.20.

A continuación en la tabla 4.8 se muestra las conexiones realizadas.

Tabla 4.8: Conexión LCD

Arduino mega r3	LCD
Vcc	Vcc
Gnd	Gnd
D22	RS
D23	E
D24	D4
D25	D5
D26	D6
D27	D7

Elaborado por Investigador

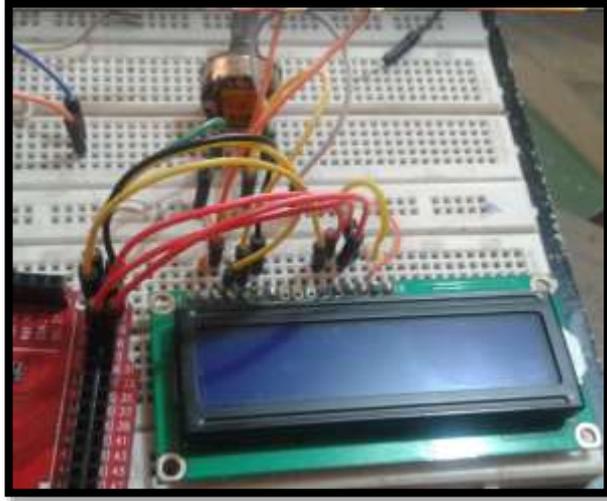


Figura 4.20: Conexión LCD

Elaborado por Investigador

- ✓ Después de haber verificado el funcionamiento de cada uno de los circuitos anteriores se realizó la implementación total en la protoboard la cual se ilustra en la figura 4.21.

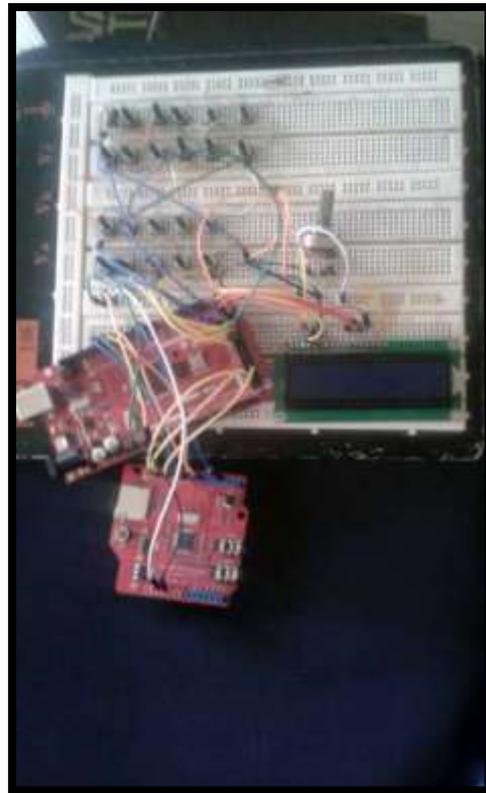


Figura 4.21: Implementación Circuito Final

Elaborado por Investigador

4.5 DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA EMBEBIDO

En la figura 4.22 se muestra el diagrama de flujo el cual representa gráficamente de cómo está elaborado el programa y luego se realiza una breve explicación de los procesos.

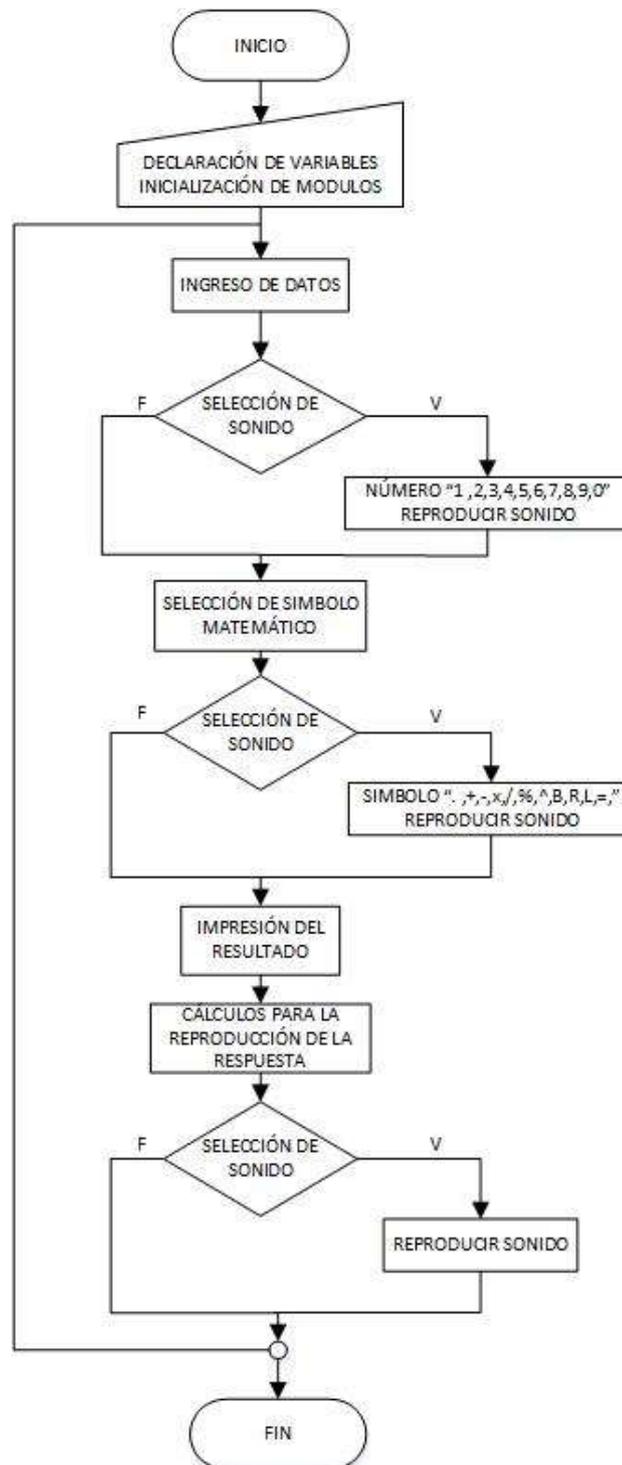


Figura 4.22: Flujograma del Sistema Embebido

Elaborado por Investigador

Al encender el dispositivo se debe esperar un tiempo estimado de 3 segundos antes de su utilización este tiempo de espera se debe a la inicialización de los módulos, una vez establecido estos parámetros se podrá utilizar el dispositivo y el usuario ingresará los datos y símbolos matemáticos, al momento de presionar una tecla se debe esperar que reproduzca el sonido, debido a que si presiona una tecla en el momento que se está reproduciendo el track actual, el dato no será tomado en cuenta y el sonido no será reproducido.

Cuando se haya finalizado de ingresar los datos debemos presionar la tecla igual la que nos permitirá visualizar el resultado de la operación realizada en nuestra pantalla LCD (Liquid Crystal Display), y también permite tener a la salida la reproducción de voz de la respuesta de la operación.

4.6 PROGRAMACIÓN

La programación se desarrolló en base al flujograma de la figura 4.22, como primer paso se empleó la inclusión de librerías:

- `#include <SPI.h>`
- `#include <SdFat.h>`
- `#include <SdFatUtil.h>`
- `#include <SFEMP3Shield.h>`
- `#include <Keypad.h>`
- `#include <LiquidCrystal.h>`

Como segundo punto se inicializo los módulos para el correcto funcionamiento:

- `LiquidCrystal lcd(22, 23, 24, 25, 26, 27);`
- `const byte Columns = 5;`
- `const byte Filas = 5;`
- `if(!sd.begin(SD_SEL, SPI_FULL_SPEED)) sd.initErrorHalt();`
- `if(!sd.chdir("/")) sd.errorHalt("sd.chdir");`
- `sd.begin(SD_SEL, SPI_HALF_SPEED);`
- `MP3player.begin();`

Como último punto se declaró las variables utilizadas en el programa y se empleó comandos que intervienen en la definición de puertos como entradas y salidas.

En el anexo B se puede encontrar el código de la programación completa del microcontrolador de la tarjeta de control que se utilizó para la implementación del proyecto.

4.7 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA EMBEBIDO

El funcionamiento de la calculadora Braille para el ingreso de datos se describe a continuación, si la persona no vidente selecciona alguna tecla presionada, sucede lo siguiente:

A cada botón del teclado matricial se le asignado un sonido correspondiente al símbolo o número matemático que represente, el momento de ser presionado un botón este envía una señal hacia la etapa de procesamiento de datos en la cual se encarga de realizar las comparaciones de la tecla presionada, para después ir a buscar el sonido correspondiente del botón presionado en la memoria SD que se encuentra en el módulo de audio y poder llevar la información hacia la etapa de salida reproduciendo el audio respectivo. Este procedimiento se muestra en la siguiente figura 4.23.

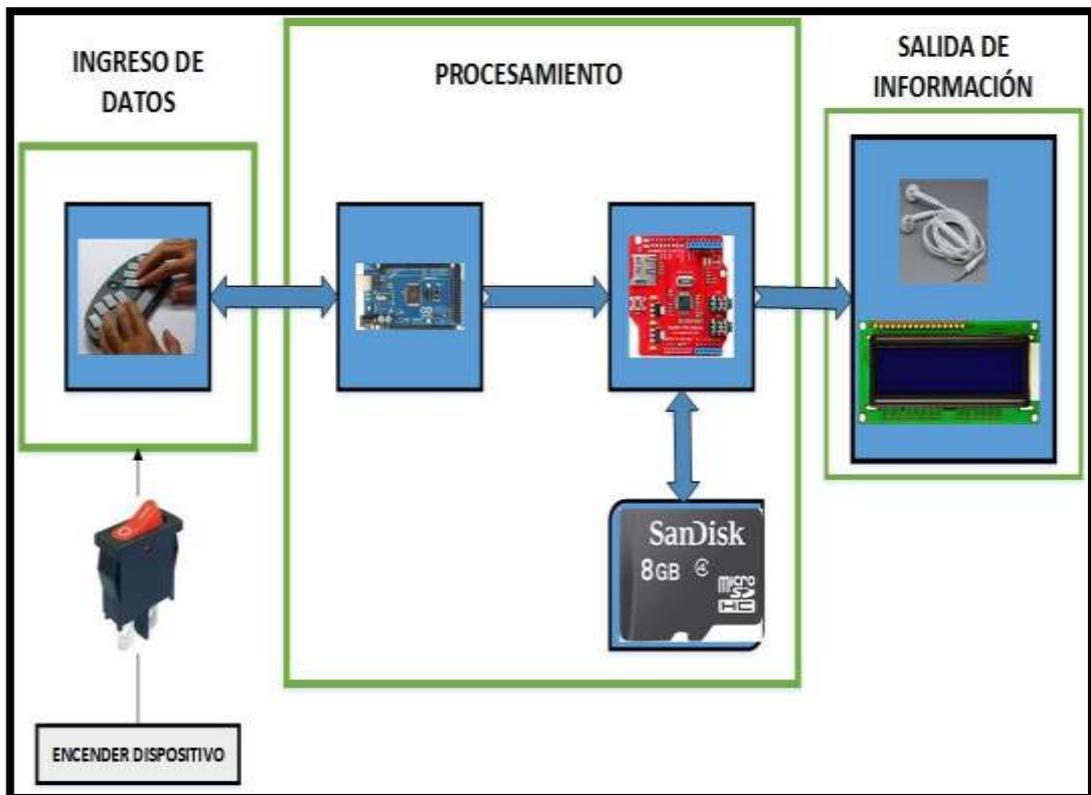


Figura 4.23: Funcionamiento del Sistema Embebido

Elaborado por Investigador

Para la etapa de la salida de información de las operaciones realizadas se la describe a continuación:

Una vez ingresado los datos junto a la operación que se desea realizar se debe presionar la tecla igual, donde la placa arduino mega R3 realiza una comparación de la respuesta con su base de datos e identifica los números correspondientes y lo envía a través de la comunicación SPI al módulo de audio VS1053, el cual accederá a la memoria microSD para después ser transferido a la etapa de salida de información reproduciendo el audio de la respuesta obtenida, si la persona no puede escuchar correctamente la respuesta por factores como ruido en lugares públicos, distracción al momento de escuchar, va a disponer de una tecla que le permita reproducir el audio de la última respuesta las veces que sean necesarias.

Para realizar una nueva operación la persona deberá presionar cualquier botón del teclado numérico, en el caso de que la persona ingrese un valor y este no sea ingresado correctamente debemos presionar la tecla de “Borrado o Borrar Memoria” para ingresar nuevamente los valores correctos y así poder continuar realizando las operaciones que se deseen.

4.8 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA EMBEBIDO

Una vez desarrollado la programación del sistema embebido, la selección de componentes electrónicos, las pruebas realizadas en la protoboard y el diseño de cada una de las placas que comprenden el hardware, se procedió a elaborar el prototipo mediante el siguiente orden:

✓ MONTAR ELEMENTOS EN LAS PLACAS PCB

Para la realización del prototipo se efectuó el acoplamiento de las placas electrónicas las cuales constan del módulo reproductor de audio, el procesamiento de datos y el ingreso de datos. Para esto se ha dividido en dos partes el prototipo: el circuito de procesamiento de datos el cual se puede visualizar en la figura 4.24 y el circuito de ingreso de datos que se presenta en la figura 4.25.

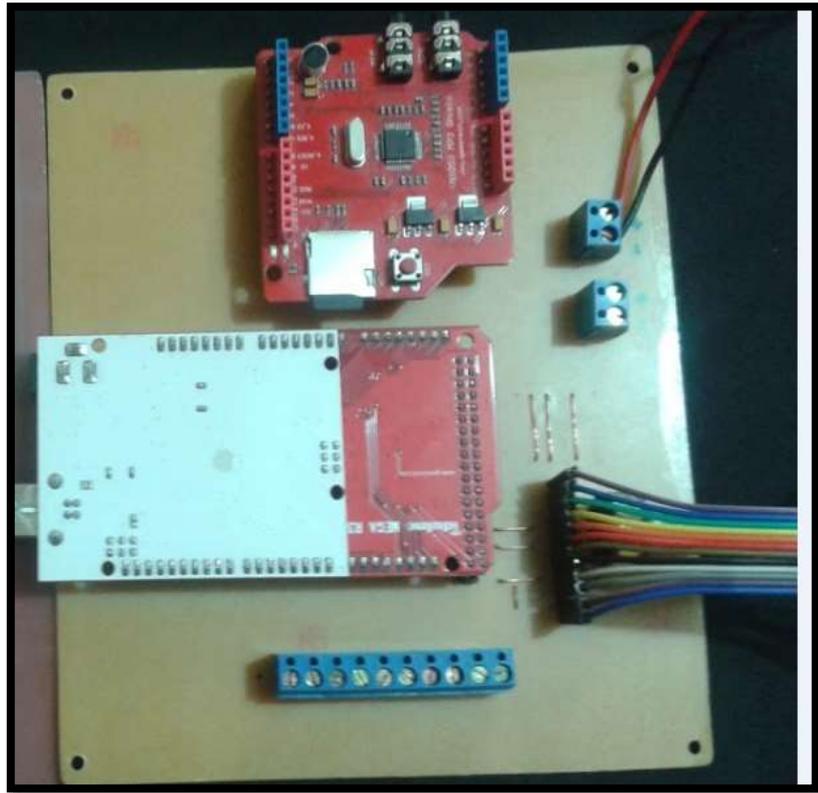


Figura 4.24: Circuito de Procesamiento de Datos

Elaborado por Investigador



Figura 4.25: Circuito de ingreso de datos

Elaborado por Investigador

✓ DISEÑO DE LAS TECLAS

Mediante la investigación realizada se pudo determinar las dimensiones estándar que existe entre cada una de las teclas, sin embargo es necesario diseñar cada una de las teclas con dimensiones mayores a las normalizadas para que exista una mayor comprensión por parte del usuario al momento de ser utilizada. En la figura 4.26, se ilustra las dimensiones de cada tecla que se encuentra en unidades de los milímetros y que se desarrolló en el software Inventor.

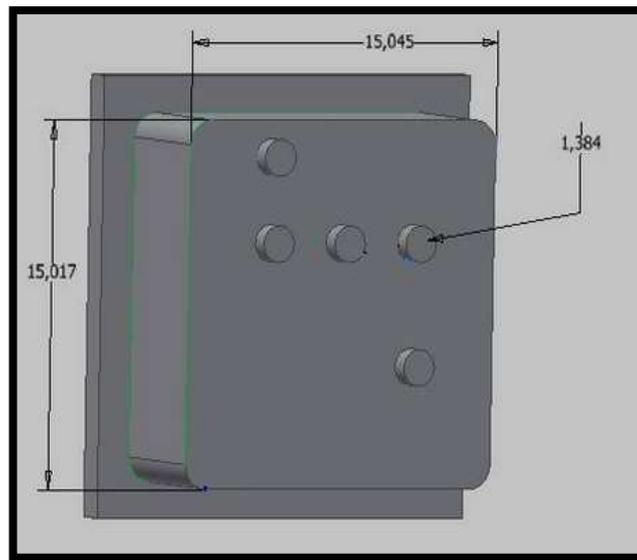


Figura 4.26: Dimensiones de cada tecla del Sistema Embebido

Elaborado por Investigador

Las dimensiones establecidas en la figura 4.26 fueron diseñadas de acuerdo a la facilidad de que la falangeta del dedo índice tenga una mayor palpación y compresión del símbolo.

✓ DISEÑO DE LA CARCASA

Para el diseño de la carcasa se utilizó el software inventor el cual nos permite crear modelos en 3D de acuerdo a las necesidades requeridas en el proyecto y obtener mejores resultados.

En la figura 4.27 se puede visualizar las dimensiones del soporte de la batería, y en la figura 4.28 se muestra las dimensiones de la carcasa del prototipo.

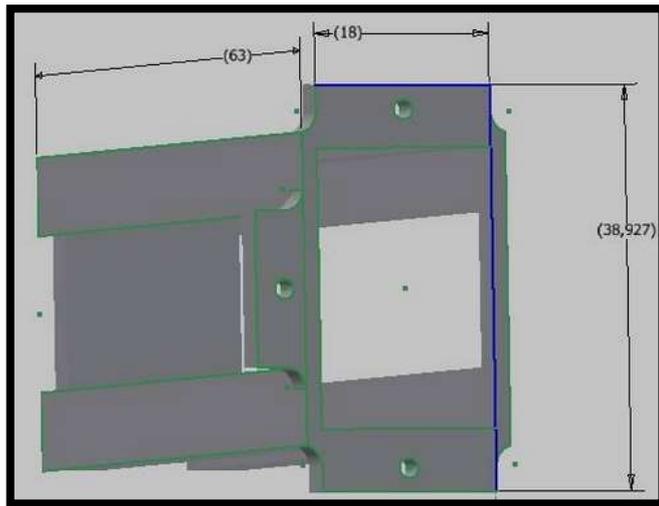


Figura 4.27: Dimensiones del soporte de la Batería

Elaborado por Investigador

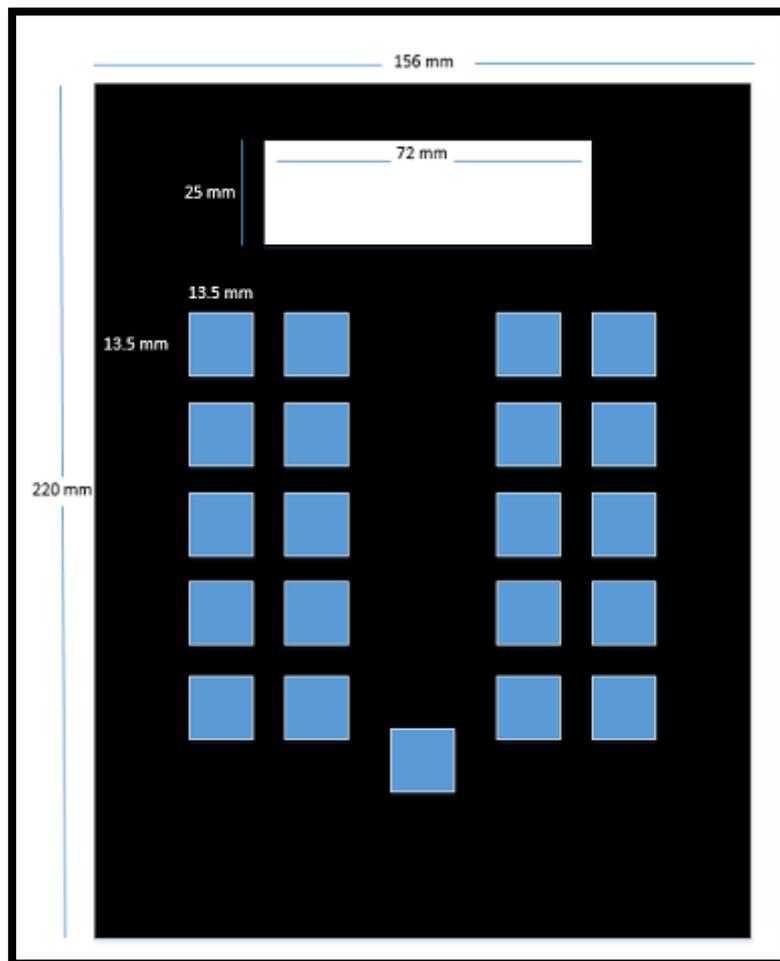


Figura 4.28: Dimensiones de la Carcasa

Elaborado por Investigador

✓ IMPRESIÓN 3D

Para la impresión de las teclas se utilizó un material PLA (ácido poli-láctico) el cual es un plástico biodegradable, resistente y fácil para la impresión. En la figura 4.29 se ilustra la impresora 3D y el material PLA.

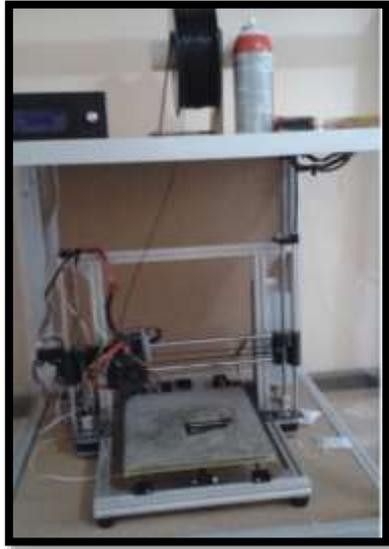


Figura 4.29: Impresora 3D y material PLA

Elaborado por Investigador

✓ CORTADORA LÁSER

Para el desarrollo de la carcasa se utilizó acrílico el cual es capaz de soportar largos periodos de tiempo a la intemperie sobre todo a los rayos ultravioletas, manteniendo su color y brillo. Además se utilizó una máquina cortadora láser la cual se presenta en la figura 4.30 con la cual se desarrolló los cortes de cada una de las partes de la carcasa.



Figura 4.30: Cortadora Láser

Elaborado por Investigador

✓ ENSAMBLE DEL PROTOTIPO

El ensamble se realizó de forma que la carcasa de la calculadora Braille este bien fija para lo cual fue diseñada de acuerdo a las medidas que poseen cada una de las placas electrónicas y de sus componentes, cumpliendo estos parámetros el ensamblaje resulta más fácil y sencillo.

En la figura 4.31 se muestra la conexión entre la placa de procesamiento de datos y la placa de ingreso de datos del Sistema Embebido.

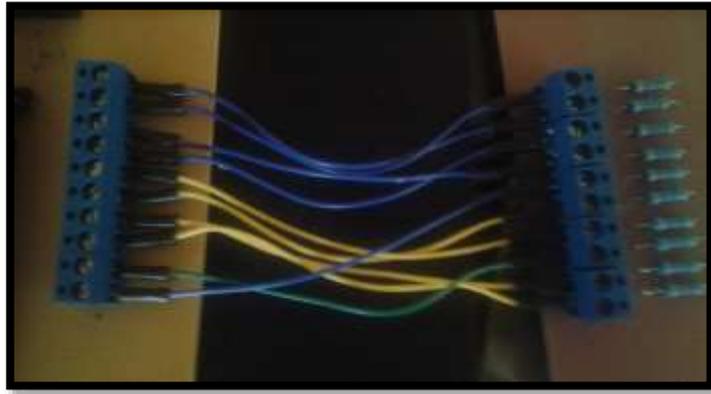


Figura 4.31: Conexión de Circuitos

Elaborado por Investigador

En la figura 4.32 y figura 4.33 se ilustra los circuitos montados en la carcasa.

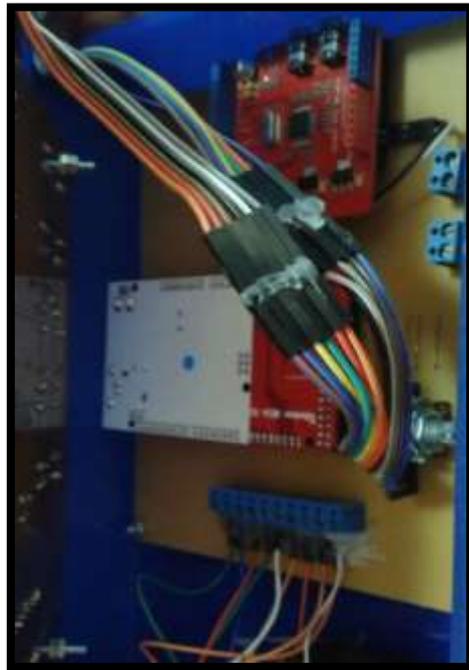


Figura 4.32: Ubicación de las placas Electrónicas

Elaborado por Investigador



Figura 4.33: Ubicación de la placa de procesamiento de Datos

Elaborado por Investigador

✓ **PROTOTIPO FINAL**

En la figura 4.34 se presenta la ubicación de las teclas en el Sistema Braille



Figura 4.34: Ubicación de cada una de las teclas Braille

Elaborado por Investigador

En la figura 4.35, se ilustra la señalización para la conexión de los audífonos que se encuentra en la parte superior el cual consta de un mini-jack de 3mm.



Figura 4.35: Mini Jack de 3mm salida audífonos

Elaborado por Investigador

En la figura 4.36, se ilustra en la parte lateral derecha el switch de “Encendido – Apagado” y también se puede observar la ubicación de la Batería externa.



Figura 4.36: Botón de Encendido y colocación de Batería

Elaborado por Investigador

En la figura 4.37, se ilustra la señalización de la parte lateral izquierda que consta de un conector Jack USB y un conector jack para la alimentación del dispositivo.



Figura 4.37: Conector Jack y Usb

Elaborado por Investigador

En la figura 4.38, se presenta el prototipo finalizado.

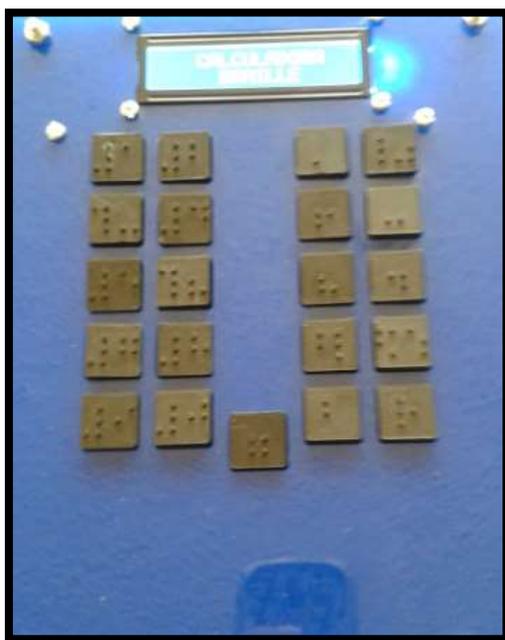


Figura 4.38: Resultado Final del Prototipo

Elaborado por Investigador

4.9 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Una vez finalizado el proyecto, fue necesario realizar pruebas del dispositivo con la ayuda de dos estudiantes con discapacidad visual de la Facultad de Ciencias Humanas y de la Educación. El dispositivo fue implementado en base a los requerimientos que presentaron en su entrevista los dos estudiantes, por lo cual ellos ya tenían el conocimiento del dispositivo. Sin embargo fue necesario darles a conocer el funcionamiento y de las partes que estaba compuesto el dispositivo.

A continuación se explica de forma rápida el funcionamiento del dispositivo:

Se dio a conocer cada una de las partes de las que está compuesto el dispositivo posterior a esto se dio indicaciones del uso y manejo dando a mencionar lo siguiente:

Antes de que el dispositivo sea encendido se debe colocar los auriculares en el mini jack que se encuentra ubicado en la parte superior de la calculadora, el siguiente paso a realizar es encender el dispositivo a través de un interruptor ubicado en la parte lateral derecha, una vez encendido el dispositivo el usuario podrá empezar a realizar sus cálculos a través del teclado Braille.

Las pruebas finales se las realizó el 20 de junio en la biblioteca de la Facultad de Ciencias Humanas y de la Educación de la Universidad Técnica de Ambato para verificar el correcto funcionamiento del dispositivo.

A continuación se muestran las imágenes de los estudiantes no videntes de la Universidad Técnica de Ambato que participaron en las pruebas del dispositivo.

PRIMER USUARIO



Figura 4.39: Reconocimiento de cada tecla Braille

Elaborado por Investigador



Figura 4.40: Primera prueba de Funcionamiento del Dispositivo

Elaborado por Investigador

SEGUNDO USUARIO



Figura 4.41: Reconocimiento de cada tecla Braille

Elaborado por Investigador



Figura 4.42: Segunda prueba de Funcionamiento del Dispositivo

Elaborado por Investigador

Como resultado de las pruebas realizadas se obtuvo excelentes comentarios por parte de los dos estudiantes haciendo referencia que el dispositivo cuenta con todas las características requeridas por ellos lo que les ayuda en su vida diaria por la facilidad de manejar sin ninguna dificultad y teniendo un mayor acceso hacia el mundo de los negocios.

Para conocer más acerca del funcionamiento y características del dispositivo en el Anexo C se puede encontrar el manual de usuario.

4.10 PRESUPUESTO

Tabla 4.9: Presupuesto Final del Proyecto

Nº	DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	Arduino Mega 2560 R3	c/u	1	20	20
2	Shield MP3 VS1053	c/u	1	25	25
3	Pantalla LCD 16x2	c/u	1	6.50	6.50
4	Resistencias (4.7K Ω)	c/u	10	0.08	0.80
5	Pulsadores	c/u	21	0.35	7.35
6	Potenciómetro (5K Ω)	c/u	1	0.50	0.50
7	Interruptor	c/u	1	0.75	0.75
8	Auriculares	c/u	1	3	3
9	Espadines Macho, Hembra	c/u	0.50	6	3
10	Baquelita	c/u	2	5	10
11	Batería 9v	c/u	1	2	2
12	Impresión 3D	c/u	-----	-----	25,00
13	Prototipo	-----	-----	-----	20,00
				Subtotal	118,00
				Imprevistos (5%)	5,90
				TOTAL	123,90

Fuente: Investigador

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Se realizó una investigación acerca del Sistema Braille lo que permitió conocer las dimensiones, la distribución y combinaciones existentes de puntos dentro de la matriz Braille, mediante lo cual se pudo representar ciertos puntos en relieve y al tocarlo quien sabe interpretar detecta a que letra, número o símbolo corresponde.
- El dispositivo desarrollado permite la solución de operaciones matemáticas sobre todo cuando las cantidades son grandes, las personas con discapacidad visual no contaban con un dispositivo diseñado específicamente para ellos que les permita tener mayor facilidad e inserción en la sociedad.
- En cuanto a la información de salida, las pistas tienen una calidad de sonido estándar, estando a un nivel de volumen agradable y audible al oído para que se pueda escuchar con normalidad, causando una respuesta positiva por parte de las personas con discapacidad visual.
- El diseño del dispositivo se adaptó a las necesidades de los estudiantes en la parte física de cada una de las teclas Braille y al sistema de audio provocando un grado de motivación y aportando de gran manera al aprendizaje.

5.2 RECOMENDACIONES

- Construir en serie las calculadoras y difundir su uso en operaciones matemáticas básicas para personas con discapacidad visual o en negocios propios que puedan desempeñar.
- El proyecto debe ser dado a conocer en escuelas o en centros con discapacidad visual para mejorar el aprendizaje en operaciones matemáticas aplicado en el sistema Braille con el fin de motivar al estudiante en sus conocimientos.
- Se recomienda que este proyecto de investigación se utilice como antecedente para futuras investigaciones logrando mejorar el diseño en la reducción del tamaño del prototipo, la integración de nuevas operaciones matemáticas, la implementación de dispositivos electrónicos entorno a las nuevas tecnologías y poder contar con mejores herramientas en la población invidente.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] OMS, «Organizacion Mundial de la Salud,» [En línea]. Available: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs282/es/>. [Último acceso: 27 12 2015].
- [2] CONADIS, «Agenda Nacional para la Igualdad en Discapacidades 2013 - 2017,» pp. 47-51.
- [3] CONADIS, «Agenda Nacional para Discapacidades,» [En línea]. Available: <http://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/09/Agenda-Nacional-para-Discapacidades.pdf>. [Último acceso: 7 01 2016].
- [4] D. E. C. Dr. Ramiro Cazar F, «Análisis de la situación de las discapacidades en el Ecuador,» [En línea]. Available: http://icevi.org/latin_america/publications/quito_conference/analisis_de_la_situacion_de_las_.htm#CONADIS. [Último acceso: 5 01 2016].
- [5] M. d. S. Pública, «Consejo Discapacidades,» [En línea]. Available: http://www.consejodiscapacidades.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/04/registro_nacional_discapacidades.pdf. [Último acceso: 12 01 2016].
- [6] J. S. S. Reinoso y G. P. Solano. [En línea]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1422/12/UPS-CT002168.pdf>. [Último acceso: 4 05 2016].
- [7] P. Cayuela y G. Monardez. [En línea]. Available: http://www.academia.edu/1429687/Anotador_Braille_Parlante. [Último acceso: 9 04 2016].
- [8] K. Pacheco y A. Soto, «Teclado Tactil Braille,» [En línea]. Available: http://w2.ucab.edu.ve/tl_files/IngenieriaInformatica/Tesis2012/RESUMEN%20TEG%20SOTO-PACHECO.pdf. [Último acceso: 15 04 2016].
- [9] B. J. L. Zambrano, «Diseño e Implementación de un kit de aplicaciones para personas con discapacidad visual utilizando la plataforma android SDK,» [En línea]. Available: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/5158/2/T-ESPE-033128-A.pdf>. [Último acceso: 12 01 2016].
- [10] C. d. Madrid. [En línea]. Available: http://www.madrid.org/cs/Satellite?blobcol=urldata&blobheader=application%2Fpdf&blobheadername1=Content-Disposition&blobheadervalue1=filename%3D2-CONCEPTO+DE+DISCAPACIDAD_2.pdf&blobkey=id&blobtable=MungoBlobs&blobwhere=1310853507259&ssbinary=true. [Último acceso: 12 04 2016].

- [11] E. Universitarios, «Tipos de Discapacidad,» [En línea]. Available: <http://universitarios.universia.es/voluntariado/discapacidad/>. [Último acceso: 5 01 2016].
- [12] C. N. d. l. D. Humanos, «CNDH México,» [En línea]. Available: http://www.cndh.org.mx/Discapacidad_Tipos. [Último acceso: 13 01 2016].
- [13] B. Internacional, «Braille Internacional Sistemas para Señalización e Inclusión de Espacios,» [En línea]. Available: <http://www.braille.com.mx/quesbraille.htm>. [Último acceso: 12 04 2016].
- [14] R. E. A. Rendruello, Educación Especial, Madrid: PEARSON PRENTICE HALL, 2002.
- [15] R. García y M. Sánchez, Apoyo psicosocial, atención relacional y comunicativa en instituciones, Madrid : Paraninfo S.A., 2015.
- [16] A. Haber-Olguin y J. Quintero-López, «Dispositivo electrónico simulador del código Braille con interface multimedia interactiva,» Mexico, Enero - Febrero 2005.
- [17] O. N. d. C. Españoles, «Sistema Braille la llave del conocimiento,» [En línea]. Available: <http://www.once.es/new/servicios-especializados-en-discapacidad-visual/braille/documentos/Folleto-SistemaBraille.pdf>. [Último acceso: 7 01 2016].
- [18] FBU, «FBU,» [En línea]. Available: <http://www.fbu.edu.uy/informacion/alfabeto/alfabeto3.htm>. [Último acceso: 13 04 2016].
- [19] ONCE, «Guías de la comisión Braille Española,» Signografía matemática, Madrid, 2007.
- [20] E. I. P. c. d. visual, «Educacion Inlcusiva Personas con discapacidad visual,» [En línea]. Available: http://www.ite.educacion.es/formacion/materiales/129/cd/unidad_10/m10_tiflotecnologia.htm. [Último acceso: 7 01 2016].
- [21] S. Hidalgo, «Desarrollo e implementacion de un software de ayuda en el aprendizaje de codigo braille, aplicando tecnologia visual 6.0 mediante un circuito electrónico conectado al puertoparalelo del computador dirigido al instituto especial educativo de no videntes de,» Latacunga, 2012.
- [22] A. C. L. y. L. d. Prado y M. M. Martínez, Deficiencia visual asociada a la deficiencia mental.
- [23] YoungMarketing.co, «Tecnología asistiva para ciegos,» [En línea]. Available: <http://www.youngmarketing.co/tecnologia-asistiva-para-ciegos/>. [Último acceso: 12 04 2016].
- [24] E. A. V. Soria, «Sistema Embebido de movilización y posicionamiento para personas no videntes mediante hardware libre,» Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2015.

- [25] SemanticWebBuilder, «Sistemas Embebidos: innovando hacia los sistemas Inteligentes,» [En línea]. Available: http://www.semanticwebbuilder.org.mx/es_mx/swb/Sistemas_Embebidos_Innovando_hacia_los_Sistemas_Inteligentes_. [Último acceso: 27 12 2015].
- [26] OSHWA, «Open Source Hardware Association,» [En línea]. Available: <http://www.oshwa.org/definition/spanish/>. [Último acceso: 5 05 2016].
- [27] Arduino, «Arduino Mega 2560,» 2014. [En línea]. Available: <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega2560>. [Último acceso: 5 05 2016].
- [28] Pablo, «tr3sdland,» [En línea]. Available: <https://www.tr3sdland.com/2013/02/arduino-pinout/>. [Último acceso: 29 04 2016].
- [29] Geeetech, «arduino mp3 shield vs1053,» [En línea]. Available: http://www.geeetech.com/wiki/index.php/Arduino_MP3_shield_board_with_TF_card. [Último acceso: 20 04 2016].
- [30] I. E. L. Pérez, «Protocolo SPI,» México.
- [31] Prometec, «Prometec,» [En línea]. Available: <http://www.prometec.net/bus-spi/>. [Último acceso: 26 05 2016].
- [32] i. moderna, «informatica moderna,» [En línea]. Available: http://www.informaticamoderna.com/Memoria_SD.htm. [Último acceso: 14 05 2016].
- [33] computerlexikon. [En línea]. Available: <http://www.computerlexikon.com/begriff-sd-card>. [Último acceso: 12 05 2016].
- [34] «AliExpress,» [En línea]. Available: http://es.aliexpress.com/store/product/Newest-3-5mm-In-Ear-Earphones-Earbuds-Headphones-Headset-fone-de-ouvido-With-Remote-Mic-For/201939_32375062983.html. [Último acceso: 12 05 2016].
- [35] gravitech, «Electronic Experimental Solutions,» [En línea]. Available: <http://www.gravitech.us/16chbllcdwib.html>. [Último acceso: 15 05 2016].
- [36] D. A. E. i. Roig, «Software libre y Educación,» de *Un estudio de casos en la enseñanza obligatoria en Cataluña*, Barcelona, 2010, p. 352.
- [37] E. G. Breijo, «Isis de Proteus VSM,» de *Compilador C CCS y Simulador Proteus para microcontroladores PIC*, Barcelona, España, Marcombo, 2010, pp. 1-2.

ANEXOS

ANEXO A

Entrevista realizada a los estudiantes de discapacidad visual en la Universidad Técnica de Ambato.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E
INDUSTRIAL
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y
COMUNICACIONES

1. Presenta inconvenientes al momento de realizar operaciones matemáticas?

2. Actualmente dispone de un Sistema Electrónico que le permita realizar operaciones matemáticas?

3. Qué tipo de operaciones matemáticas son las más utilizadas en su vida diaria?

4. Considera necesario disponer de una calculadora electrónica basada en el sistema Braille?

5. Le resultaría factible que esta calculadora reproduzca su respuesta por alertas de voz?

ANEXO B

CODIGO ARDUINO

```
#include <SPI.h>
#include <SdFat.h>
#include <SdFatUtil.h>
#include <SFEMP3Shield.h>

#include <Keypad.h>
#include <LiquidCrystal.h>
SdFat sd;
SFEMP3Shield MP3player;

//inicializacion del lcd
LiquidCrystal lcd(22, 23, 24, 25, 26, 27);
// Inicializacion teclado
const byte Columnas = 6;
const byte Filas = 4;

// Mapa teclado
char mapa [Filas][Columnas] = {
  {'1','2','3','X','/','L'},
  {'4','5','6','+','-'}, // B---- Tecla Borrar Datos
  {'7','8','9','%','^'}, // R---- Tecla Raiz Cuadrada
  {'0','.','B','R','='} // L---- Tecla Repetir Respuesta
};

byte Pines_Filas[Filas] = {30 ,31 ,32, 33}; //Define lineas F1,F2,F3,F4
byte Pines_Columnas[Columnas] = {34,35 ,36 ,37 ,38,39}; //Define columnas C1,C2,C3,C4
int k ,decimal2=0 ;
String operador="";
String operador1="";
char operacion;
char tecla;
double resultado=0 ,decimal=0,leer[8],decimal1[1];
long resultado_int=0, absdatos,absdatos1, buff=0 ;

// Creamos el objeto tecla
Keypad teclado =Keypad (makeKeymap(mapa),Pines_Filas,Pines_Columnas,Filas,Columnas);
// inicializacio

void setup()
{
  lcd.begin(16, 2);
  lcd.setCursor(0, 0); //posicion del cursor
  lcd.print(" CALCULADORA ");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print(" BRAILLE ");
  delay(2500);
  lcd.clear();
```

```

//Initialize the SdCard.
if(!sd.begin(SD_SEL, SPI_FULL_SPEED)) sd.initErrorHalt();
// depending upon your SdCard environment, SPI_HAVE_SPEED may work better.
if(!sd.chdir("/") sd.errorHalt("sd.chdir");
//start the shield
sd.begin(SD_SEL, SPI_HALF_SPEED);
MP3player.begin();
}

void loop() {
  //int i =0;
  lcd.setCursor(0,0);
  do
  {
    tecla = teclado.getKey();
    switch(tecla)
    {
      case '.':
        lcd.print(".");
        operador += '.';
        Reproducir(17);
        delay(1100);
        break;

      case 'B':
        resultado = 0;
        decimal2=0;
        resultado_int=0;
        lcd.clear();
        Reproducir(19);
        delay(1100);
        break;

      case 'L':
        separar();
        break;

      //-----selecciona el simbolo matem.-----
      case '+':
        lcd.print(" + ");
        intercambio();
        operacion='+';
        //i=0;
        Reproducir(10);
        delay(1100);
        break;

      case '-':
        lcd.print(" - ");
        intercambio();
        operacion='-';
        //i=0;
        Reproducir(11);
        delay(1100);

```

```

break;

case ('X'):
    lcd.print(" X ");
    intercambio();
    operacion='X';
    Reproducir(12);
    delay(1100);
    break;

case ('/'):
    lcd.print(" / ");
    intercambio();
    operacion='/';
    Reproducir(13);
    delay(1100);
    break;

case ('^'):
    lcd.print(" ^ ");
    intercambio();
    operacion='^';
    Reproducir(14);
    delay(1100);
    break;

case ('R'):
    lcd.print(" Raiz ");
    intercambio();
    operacion='R';
    Reproducir(15);
    delay(1100);
    break;

case ('%'):
    lcd.print(" % ");
    intercambio();
    operacion='%';
    Reproducir(16);
    delay(1100);
    break;

//-----selecciona la operacion-----
case ('='):
    lcd.print (" = ");
    tecla = NO_KEY;
    Reproducir(18);
    delay(1100);
    switch(operacion)
    {
        case ('+'):
            resultado = StrToDouble(operador1) + StrToDouble(operador);
            separar();

```

```

break;

case ('-'):
resultado = StrToDouble(operador1) - StrToDouble(operador);
separar();
break;

case('X'):
resultado = StrToDouble(operador1) * StrToDouble(operador);
separar();
break;

case('/'):
    if(StrToDouble(operador)==0)
    {
        resultado = ' ';
        Reproducir(20);
        delay(1100);
    }
    else
    {
        resultado = StrToDouble(operador1) / StrToDouble(operador);
        separar();
    }
break;

case ('^'):
resultado= StrToDouble(operador1);
for ( k=1 ; k<StrToDouble(operador) ; k++ )
{
    resultado = resultado * StrToDouble(operador1);
}
separar();
break;

case ('R'):
resultado = sqrt(StrToDouble(operador));
separar();
break;

case ('%'):
resultado =(StrToDouble(operador)/100);
separar();
break;

}
operador="";
operador1="";

lcd.setCursor(3,2); //1 3 posicion del resultado obtenido
lcd.print(resultado,2); // numero de decimales que se requiera 2 n este caso
do
{

```

```

        tecla=teclado.getKey();

    }while (tecla==NO_KEY);

    lcd.clear();
    lcd.begin(1,2); //imprime en la lcd columna 1 fila 2 (1,1)
    break;

case (NO_KEY): //Si la tecla no ha sido pulsada salimos
break;

default: // imprime los numeros que sean pulsados por el teclado
    lcd.print(tecla);
    operador += tecla;
    Reproducir(tecla);
    break;
}

}while(tecla !='f'); // hasta que tecla sea diferente de f

}

void Reproducir (byte key_command)
{
switch (key_command)
{
case '0':
    MP3player.playTrack(1);
    break;
case '1':
    MP3player.playTrack(2);
    break;
case '2':
    MP3player.playTrack(3);
    break;
case '3':
    MP3player.playTrack(4);
    break;
case '4':
    MP3player.playTrack(5);
    break;
case '5':
    MP3player.playTrack(6);
    break;
case '6':
    MP3player.playTrack(7);
    break;
case '7':
    MP3player.playTrack(8);
    break;
case '8':
    MP3player.playTrack(9);
    break;
}
}

```

```
case '9':
    MP3player.playTrack(10);
    break;
case 10:
    MP3player.playTrack(11);
    break;
case 11:
    MP3player.playTrack(12);
    break;
case 12:
    MP3player.playTrack(13);
    break;
case 13:
    MP3player.playTrack(14);
    break;
case 14:
    MP3player.playTrack(15);
    break;
case 15:
    MP3player.playTrack(16);
    break;
case 16:
    MP3player.playTrack(17);
    break;
case 17:
    MP3player.playTrack(18);
    break;
case 18:
    MP3player.playTrack(19);
    break;
case 19:
    MP3player.playTrack(20);
    break;
case 20:
    MP3player.playTrack(21);
    break;
case 0:
    MP3player.playTrack(1);
    break;
case 1:
    MP3player.playTrack(2);
    break;
case 2:
    MP3player.playTrack(3);
    break;
case 3:
    MP3player.playTrack(4);
    break;
case 4:
    MP3player.playTrack(5);
    break;
case 5:
    MP3player.playTrack(6);
```

```

        break;
    case 6:
        MP3player.playTrack(7);
        break;
    case 7:
        MP3player.playTrack(8);
        break;
    case 8:
        MP3player.playTrack(9);
        break;
    case 9:
        MP3player.playTrack(10);
        break;
    }
}

void Configuracion_Init_MP3()
{
    //MP3player.vs_init();
    //Initialize the SdCard.
    if(!sd.begin(SD_SEL, SPI_FULL_SPEED)) sd.initErrorHalt();
    // depending upon your SdCard environment, SPI_HAVE_SPEED may work better.
    if(!sd.chdir("/")) sd.errorHalt("sd.chdir");
    //start the shield
    sd.begin(SD_SEL, SPI_HALF_SPEED);
    MP3player.begin();
    MP3player.setVolume(255, 255);
    //MP3player.setPlaySpeed(playspeed);
}

void intercambio()
{
    tecla=NO_KEY;
    operador1=operador;
    operador="";
}

double StrToDouble(String Texto)
{
    char cadena[Texto.length()+1];
    Texto.toCharArray(cadena, Texto.length()+1);
    double myFloat = atof(cadena);
    return myFloat;
}

void separar ()
{
    resultado_int=resultado;
    if (resultado_int < 0)
    {
        absdatos = -resultado_int;
    }
    else
    {

```

```

absdatos = resultado_int;
}

leer[0]=absdatos% 10;      //una cifra
leer[1]=(absdatos/10)% 10;  //dos cifras
leer[2]=(absdatos/100)% 10; //tres cifras
leer[3]=(absdatos/1000)% 10; //cuatro cifras
leer[4]=(absdatos/10000)% 10; //cinco cifras
leer[5]=(absdatos/100000)% 10; //seis cifras
leer[6]=(absdatos/1000000)% 10; //siete cifras
decimal=resultado-absdatos; // toma la parte decimal
decimal2=decimal*100;
buff=decimal2;

if (resultado_int < 0 || buff < 0)
{
  Reproducir(11);
  delay(1100);

  if (absdatos >= 0 && absdatos <= 9) //una cifra
  {
    Reproducir(leer[0]);
    delay(1100);
  }
  if (absdatos>=10 && absdatos<=99) //dos cifras
  {
    Reproducir(leer[1]);
    delay(1100);
    Reproducir(leer[0]);
    delay(1100);
  }
  if (absdatos>=100 && absdatos<=999) //tres cifras
  {
    Reproducir(leer[2]);
    delay(1100);
    Reproducir(leer[1]);
    delay(1100);
    Reproducir(leer[0]);
    delay(1100);
  }
  if (absdatos>=1000 && absdatos<=9999) //cuatro cifras
  {
    Reproducir(leer[3]);
    delay(1100);
    Reproducir(leer[2]);
    delay(1100);
    Reproducir(leer[1]);
    delay(1100);
    Reproducir(leer[0]);
    delay(1100);
  }
}

```

```

if (absdatos>=10000 && absdatos<=99999) //cinco cifras
{
    Reproducir(leer[4]);
    delay(1100);
    Reproducir(leer[3]);
    delay(1100);
    Reproducir(leer[2]);
    delay(1100);
    Reproducir(leer[1]);
    delay(1100);
    Reproducir(leer[0]);
    delay(1100);
}
if (absdatos>=100000 && absdatos<=999999) //seis cifras
{
    Reproducir(leer[5]);
    delay(1100);
    Reproducir(leer[4]);
    delay(1100);
    Reproducir(leer[3]);
    delay(1100);
    Reproducir(leer[2]);
    delay(1100);
    Reproducir(leer[1]);
    delay(1100);
    Reproducir(leer[0]);
    delay(1100);
}
if (absdatos>=1000000 && absdatos<=9999999) //siete cifras
{
    Reproducir(leer[6]);
    delay(1100);
    Reproducir(leer[5]);
    delay(1100);
    Reproducir(leer[4]);
    delay(1100);
    Reproducir(leer[3]);
    delay(1100);
    Reproducir(leer[2]);
    delay(1100);
    Reproducir(leer[1]);
    delay(1100);
    Reproducir(leer[0]);
    delay(1100);
}
}
//-----Reproducir enteros-----
if (resultado_int >= 0 && resultado_int <= 9) //una cifra
{
    Reproducir(leer[0]);
    delay(1100);
}

```

```

if (resultado_int>=10 && resultado_int<=99) //dos cifras
{
  Reproducir(Leer[1]);
  delay(1100);
  Reproducir(Leer[0]);
  delay(1100);
}
if (resultado_int>=100 && resultado_int<=999) //tres cifras
{
  Reproducir(Leer[2]);
  delay(1100);
  Reproducir(Leer[1]);
  delay(1100);
  Reproducir(Leer[0]);
  delay(1100);
}
if (resultado_int>=1000 && resultado_int<=9999) //cuatro cifras
{
  Reproducir(Leer[3]);
  delay(1100);
  Reproducir(Leer[2]);
  delay(1100);
  Reproducir(Leer[1]);
  delay(1100);
  Reproducir(Leer[0]);
  delay(1100);
}
if (resultado_int>=10000 && resultado_int<=99999) //cinco cifras
{
  Reproducir(Leer[4]);
  delay(1100);
  Reproducir(Leer[3]);
  delay(1100);
  Reproducir(Leer[2]);
  delay(1100);
  Reproducir(Leer[1]);
  delay(1100);
  Reproducir(Leer[0]);
  delay(1100);
}
if (resultado_int>=100000 && resultado_int<=999999) //seis cifras
{
  Reproducir(Leer[5]);
  delay(1100);
  Reproducir(Leer[4]);
  delay(1100);
  Reproducir(Leer[3]);
  delay(1100);
  Reproducir(Leer[2]);
  delay(1100);
  Reproducir(Leer[1]);
  delay(1100);
  Reproducir(Leer[0]);
}

```

```

    delay(1100);
}
if (resultado_int>=1000000 && resultado_int<=9999999) //siete cifras
{
    Reproducir(Leer[6]);
    delay(1100);
    Reproducir(Leer[5]);
    delay(1100);
    Reproducir(Leer[4]);
    delay(1100);
    Reproducir(Leer[3]);
    delay(1100);
    Reproducir(Leer[2]);
    delay(1100);
    Reproducir(Leer[1]);
    delay(1100);
    Reproducir(Leer[0]);
    delay(1100);
}
//-----Reproducir Decimales-----
if (buff < 0)
{
    absdatos1 = -buff;
}
else
{
    absdatos1 = buff;
}

decimal1[0]= absdatos1 % 10;
decimal1[1]= (absdatos1 /10)% 10;

if ( absdatos1 > 0)
{
    Reproducir(17);
    delay(1100);
    Reproducir(decimal1[1]);
    delay(1100);
    Reproducir(decimal1[0]);
    delay(1100);
}
}

```

ANEXO C

MANUAL DE USUARIO

PROTOTITO DE CALCULADORA BRAILLE PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL



INTRODUCCIÓN

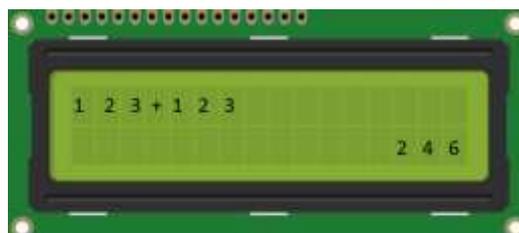
El dispositivo electrónico fue creado con el objetivo de brindar mayor autonomía en las personas con discapacidad visual, aumentando el grado de aprendizaje en las operaciones matemáticas y ofreciendo mayor seguridad en las transacciones económicas que realicen.

Para la utilización de la Calculadora por primera vez es necesario la asistencia de un tutor para que pueda guiarle con las instrucciones de manejo que posee el dispositivo electrónico

ACTIVIDADES QUE FACILITA

Permite a personas con baja visión realizar actividades de cálculo básico, ideal para estudiantes con dificultad de visión y profesionales que no requieran cálculos avanzados.

FUNCIONAMIENTO



La presentación de dos líneas hace posible la visualización de la forma de cálculo y su resultado al mismo tiempo.

- La línea superior muestra la fórmula de cálculo.
- La línea inferior muestra el resultado.
- Para realizar un cálculo aritmético se puede ingresar máximo dos valores.

Ejemplo1:

$$\text{Num1} \text{ + } \text{Num2} \text{ = } \text{Resultado}$$

- Utilice la tecla **B** para borrar los datos ingresados.
- Utilice la tecla **R** para repetir por voz el último resultado obtenido.

CÁLCULOS BÁSICOS

- **PUNTO DECIMAL**

Cuando desea ingresar el punto decimal a un valor se debe realizar de la siguiente forma:

Ejemplo2:

$$444 \text{ . } 345$$

- **SUMA**

Cuando desea realizar la operación de suma se debe ingresar el primer valor a sumar acompañado del símbolo **+** y del segundo valor a sumar.

Ejemplo3:

$$\text{Num1} \text{ + } \text{Num2} \text{ = } \text{Resultado}$$

$$2 \text{ + } 4 \text{ = } 6$$

- **RESTA**

Cuando desea realizar la operación de resta se debe ingresar el primer valor a restar acompañado del símbolo **-** y del segundo valor a restar.

Ejemplo4:

$$\text{Num1} \text{ - } \text{Num2} \text{ = } \text{Resultado}$$

$$8 \text{ - } 4 \text{ = } 4$$

- **MULTIPLICACIÓN**

Cuando desea realizar la operación de multiplicación se debe ingresar el primer valor a multiplicar acompañado del símbolo **x** y del segundo valor a ser multiplicado.

Ejemplo5:

$$\text{Num1 } \mathbf{x} \text{ Num2 } \mathbf{=} \text{ Resultado}$$
$$2 \mathbf{x} 4 \mathbf{=} 8$$

- **DIVISIÓN**

Cuando desea realizar la operación de división se debe ingresar el primer valor a ser dividido acompañado del símbolo **/** y del segundo valor a dividirse.

Ejemplo6:

$$\text{Num1 } \mathbf{/} \text{ Num2 } \mathbf{=} \text{ Resultado}$$
$$8 \mathbf{/} 4 \mathbf{=} 2$$

- **RAIZ CUADRADA**

Cuando desea realizar la operación de raíz cuadrada se debe ingresar el símbolo **√** acompañado del valor.

Ejemplo7:

$$\mathbf{\sqrt{}} \text{ Num1 } \mathbf{=} \text{ Resultado}$$
$$\mathbf{\sqrt{}} 49 \mathbf{=} 7$$

- **PORCENTAJE**

Cuando desea realizar la operación de porcentaje se debe ingresar el símbolo **%** acompañado del valor.

Ejemplo8:

$$\mathbf{\%} \text{ Num1 } \mathbf{=} \text{ Resultado}$$
$$\mathbf{\%} 5 \mathbf{=} 0,05$$

- **POTENCIA**

Cuando desea realizar la operación de potencia se debe ingresar la base acompañado del símbolo **^** y la potencia a la que se requiera.

Ejemplo9:

$$\text{Num1} \wedge \text{Num2} = \text{Resultado}$$
$$2 \wedge 3 = 8$$

ENCENDIDO DEL DISPOSITIVO

Al momento de encender el dispositivo se debe esperar un tiempo estimado de 3 a 5 segundos antes de su utilización, este tiempo de espera se debe a la inicialización de los módulos que se encuentra en el interior del dispositivo, una vez establecido estos parámetros se podrá utilizar la calculadora con normalidad.

INDICACIONES GENERALES

1. Extraer la tapa ubicada en la parte lateral inferior derecha del dispositivo y colocar la Batería de 9V.



2. Ubicar los audífonos en el mini Jack que se encuentra en la parte superior del dispositivo.



3. Conector de adaptador externo: permite convertir voltaje alterno en continuo, proporcionando un voltaje de 5V en corriente continua, cuando su entrada es 110V en corriente alterna.



4. Conector USB para alimentar el dispositivo desde un computador y para fines de soporte técnico.



5. Encender el dispositivo a través del interruptor ubicado en la parte lateral superior derecha del dispositivo



NOTA: Cuando no se utilice el dispositivo mantenerlo apagado para ahorrar el tiempo de vida de la batería.

CARACTERÍSTICAS

- Estructura resistente elaborado en material Acrílico.
- Teclado elaborado en material PLA (ácido poli-láctico).
- Dimensiones: (15,5 x 22 x 5,5) cm.
- Color: Azul Eléctrico oscuro
- Circuitos Electrónicos no visibles (Colocados en el interior de la estructura).
- Reproduce los números, símbolos marcados y ofrece el resultado de las operaciones.
- Conector mini Jack de 3 mm.
- Interruptor de encendido/apagado.
- Alimentación: Batería de 9V.
- Adaptador de Voltaje: entrada 110V AC / salida 5V DC
- Alimentación a través de conector USB 5V
- Visualiza datos ingresados en pantalla LCD
- 12 dígitos en pantalla
- Posee la opción de repetición de la última Respuesta (Tecla R en código Braille)
- Posee la opción de borrar los datos ingresados (Tecla B en código Braille)
- Mensaje de Error si la división llegase a dividir para cero

PRECAUCIONES

- Lea todas las instrucciones cuidadosamente y revise las ilustraciones antes de usar el dispositivo.
- Se requiere supervisión de un Tutor.
- No use el equipo si el funcionamiento es errático. 
- No usar al mismo tiempo los tres tipos de alimentación del dispositivo 

UTILIZACIÓN Y MANEJO

- Mantenga el dispositivo fuera del alcance de agua, lluvia. 
- Nunca desarme o modifique el prototipo. 
- No colocar el dispositivo en superficies inestables. 
- Tener cuidado al transportar el dispositivo, si no es sujetado firmemente podría dañarse y provocar daños internos.

ANEXO D

Diseño de la placa del teclado matricial

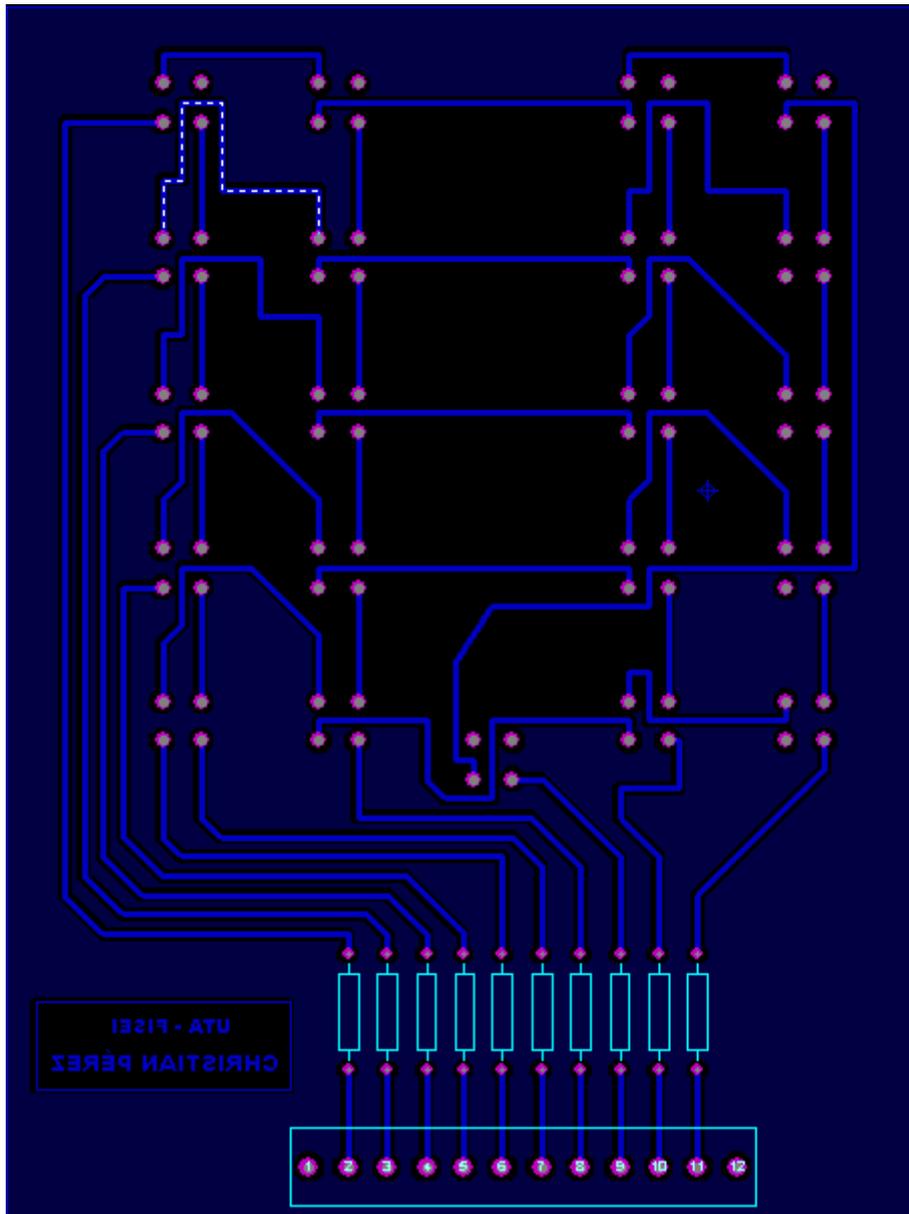


Figura D.1: Diseño de la placa del teclado matricial

Elaborado por Investigador basado en Ares

Diseño de la placa de procesamiento de datos:

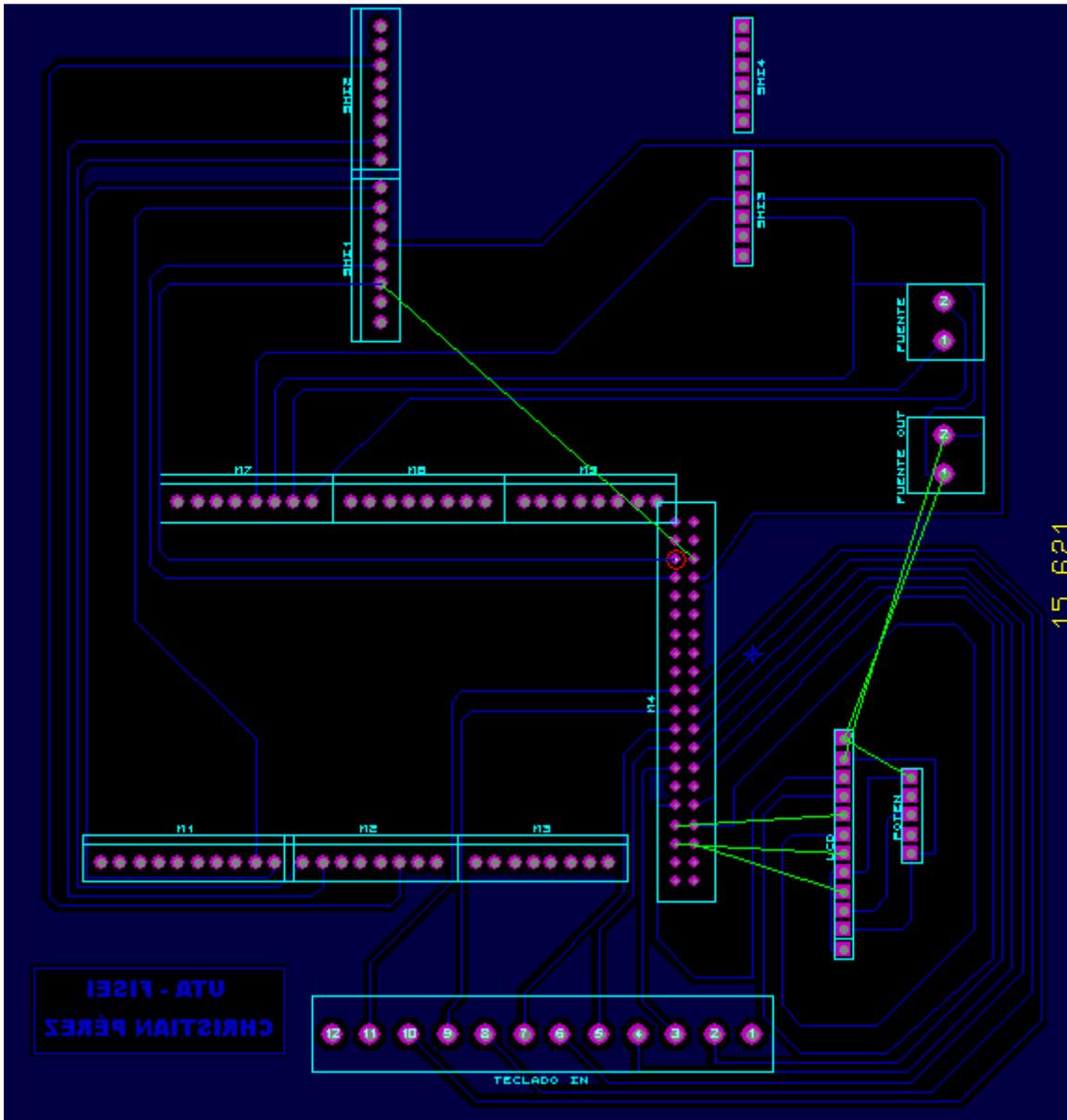


Figura D.2: Diseño de la placa de procesamiento de Datos

Elaborado por Investigador basado en Ares

ANEXO E

HOJA DE DATOS ARDUINO MEGA 2560 R3

Summary

Microcontroller	ATmega2560
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	54 (of which 14 provide PWM output)
Analog Input Pins	16
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	256 KB of which 8 KB used by bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz

Power

The Arduino Mega can be powered via the USB connection or with an external power supply. The power source is selected automatically.

External (non-USB) power can come either from an AC-to-DC adapter (wall-wart) or battery. The adapter can be connected by plugging a 2.1mm center-positive plug into the board's power jack. Leads from a battery can be inserted in the Gnd and Vin pin headers of the POWER connector.

The board can operate on an external supply of 6 to 20 volts. If supplied with less than 7V, however, the 5V pin may supply less than five volts and the board may be unstable. If using more than 12V, the voltage regulator may overheat and damage the board. The recommended range is 7 to 12 volts.

The Mega2560 differs from all preceding boards in that it does not use the FTDI USB-to-serial driver chip. Instead, it features the Atmega8U2 programmed as a USB-to-serial converter.

The power pins are as follows:

- **VIN.** The input voltage to the Arduino board when it's using an external power source (as opposed to 5 volts from the USB connection or other regulated power source). You can supply voltage through this pin, or, if supplying voltage via the power jack, access it through this pin.
- **5V.** The regulated power supply used to power the microcontroller and other components on the board. This can come either from VIN via an on-board regulator, or be supplied by USB or another regulated 5V supply.
- **3V3.** A 3.3 volt supply generated by the on-board regulator. Maximum current draw is 50 mA.
- **GND.** Ground pins.

Memory

The ATmega2560 has 256 KB of flash memory for storing code (of which 8 KB is used for the bootloader), 8 KB of SRAM and 4 KB of EEPROM (which can be read and written with the [EEPROM library](#)).

Input and Output

Each of the 54 digital pins on the Mega can be used as an input or output, using [pinMode\(\)](#), [digitalWrite\(\)](#), and [digitalRead\(\)](#) functions. They operate at 5 volts. Each pin can provide or receive a maximum of 40 mA and has an internal pull-up resistor (disconnected by default) of 20-50 kOhms. In addition, some pins have specialized functions:

- **Serial: 0 (RX) and 1 (TX); Serial 1: 19 (RX) and 18 (TX); Serial 2: 17 (RX) and 16 (TX); Serial 3: 15 (RX) and 14 (TX).** Used to receive (RX) and transmit (TX) TTL serial data. Pins 0 and 1 are also connected to the corresponding pins of the ATmega8U2 USB-to-TTL Serial chip.
- **External Interrupts: 2 (interrupt 0), 3 (interrupt 1), 18 (interrupt 5), 19 (interrupt 4), 20 (interrupt 3), and 21 (interrupt 2).** These pins can be configured to trigger an interrupt on a low value, a rising or falling edge, or a change in value. See the [attachInterrupt\(\)](#) function for details.
- **PWM: 0 to 13.** Provide 8-bit PWM output with the [analogWrite\(\)](#) function.
- **SPI: 50 (MISO), 51 (MOSI), 52 (SCK), 53 (SS).** These pins support SPI communication using the [SPI library](#). The SPI pins are also broken out on the ICSP header, which is physically compatible with the Uno, Duemilanove and Diecimila.
- **LED: 13.** There is a built-in LED connected to digital pin 13. When the pin is HIGH value, the LED is on, when the pin is LOW, it's off.
- **I2C: 20 (SDA) and 21 (SCL).** Support I2C (TWI) communication using the [Wire library](#) (documentation on the Wiring website). Note that these pins are not in the same location as the I2C pins on the Duemilanove or Diecimila.

The Mega2560 has 16 analog inputs, each of which provide 10 bits of resolution (i.e. 1024 different values). By default they measure from ground to 5 volts, though is it possible to change the upper end of their range using the AREF pin and [analogReference\(\)](#) function.

There are a couple of other pins on the board:

- **AREF.** Reference voltage for the analog inputs. Used with [analogReference\(\)](#).
- **Reset.** Bring this line LOW to reset the microcontroller. Typically used to add a reset button to shields which block the one on the board.

Communication

The Arduino Mega2560 has a number of facilities for communicating with a computer, another Arduino, or other microcontrollers. The ATmega2560 provides four hardware UARTs for TTL (5V) serial communication. An ATmega8U2 on the board channels one of these over USB and provides a virtual com port to software on the computer (Windows machines will need a .inf file, but OSX and Linux machines will recognize the board as a COM port automatically). The Arduino software includes a serial monitor which allows simple textual data to be sent to and from the board. The RX and TX LEDs on the board will flash when data is being transmitted via the ATmega8U2 chip and USB connection to the computer (but not for serial communication on pins 0 and 1).

A [SoftwareSerial library](#) allows for serial communication on any of the Mega2560's digital pins.

The ATmega2560 also supports I2C (TWI) and SPI communication. The Arduino software includes a [Wire library](#) to simplify use of the I2C bus; see the [documentation on the Wiring website](#) for details. For SPI communication, use the [SPI library](#).

VS1053b - Ogg Vorbis/MP3/AAC/WMA/MIDI AUDIO CODEC

Features

- Decodes **Ogg Vorbis**;
MPEG 1 & 2 audio layer III (CBR +VBR +ABR); layers I & II optional;
MPEG4/2 AAC-LC(+PNS),
HE-AAC v2 (Level 3) (SBR + PS);
WMA 4.0/4.1/7/8/9 all profiles (5-384 kbps);
WAV (PCM + IMA ADPCM);
General MIDI 1 / SP-MIDI format 0 files
- **Encodes Ogg Vorbis with software plugin** (available Q4/2007)
- Encodes IMA ADPCM from mic/line (**stereo**)
- Streaming support for MP3 and WAV
- **EarSpeaker Spatial Processing**
- Bass and treble controls
- Operates with a single 12..13 MHz clock
- Can also be used with a 24..26 MHz clock
- Internal PLL clock multiplier
- Low-power operation
- High-quality on-chip stereo DAC with no phase error between channels
- **Zero-cross detection for smooth volume change**

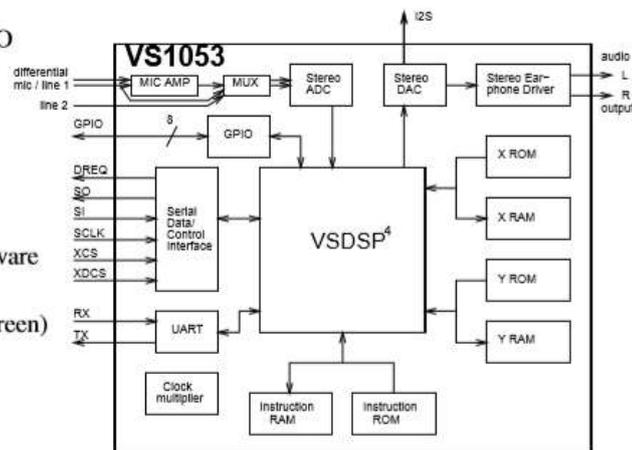
- Stereo earphone driver capable of driving a 30 Ω load
- Quiet power-on and power-off
- I2S interface for external DAC
- Separate voltages for analog, digital, I/O
- On-chip RAM for user code and data
- Serial control and data interfaces
- Can be used as a slave co-processor
- SPI flash boot for special applications
- UART for debugging purposes
- New functions may be added with software and upto 8 GPIO pins
- Lead-free RoHS-compliant package (Green)

Description

VS1053b is a single-chip Ogg Vorbis/MP3/AAC/WMA/MIDI audio decoder and an IMA ADPCM and user-loadable Ogg Vorbis encoder. It contains a high-performance, proprietary low-power DSP processor core VS_DSP⁴, working data memory, 16 KiB instruction RAM and 0.5+ KiB data RAM for user applications running simultaneously with any built-in decoder, serial control and input data interfaces, upto 8 general purpose I/O pins, an UART, as well as a high-quality variable-sample-rate stereo ADC (mic, line, line + mic or 2xline) and stereo DAC, followed by an earphone amplifier and a common voltage buffer.

VS1053b receives its input bitstream through a serial input bus, which it listens to as a system slave. The input stream is decoded and passed through a digital volume control to an 18-bit over-sampling, multi-bit, sigma-delta DAC. The decoding is controlled via a serial control bus. In addition to the basic decoding, it is possible to add application specific features, like DSP effects, to the user RAM memory.

Optional factory-programmable unique chip ID provides basis for digital rights management or unit identification features.



ANEXO G

HOJA DE DATOS LCD 16X2

1. Features

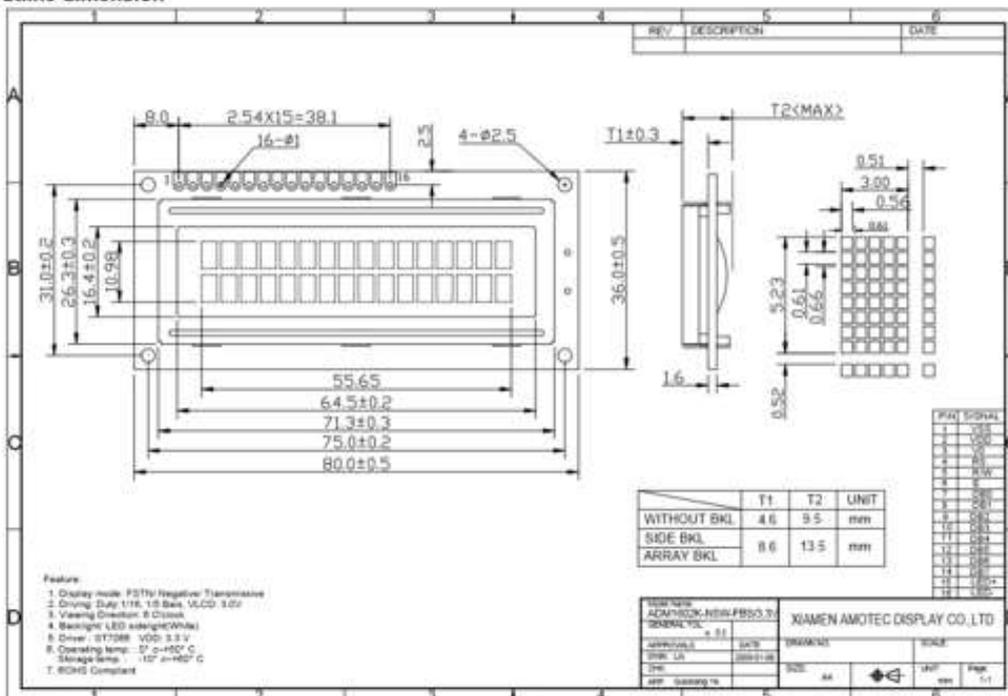
1. 5x8 dots with cursor
2. 16characters *2lines display
3. 4-bit or 8-bit MPU interfaces
4. Built-in controller (ST7066 or equivalent)
5. Display Mode & Backlight Variations
6. ROHS Compliant

LCD type	<input type="checkbox"/> TN			
	<input type="checkbox"/> FSTN	<input checked="" type="checkbox"/> FSTN Negative		
	<input type="checkbox"/> STN Yellow Green		<input type="checkbox"/> STN Gray	<input type="checkbox"/> STN Blue Negative
View direction	<input checked="" type="checkbox"/> 6 O'clock		<input type="checkbox"/> 12 O'clock	
Rear Polarizer	<input type="checkbox"/> Reflective		<input type="checkbox"/> Transflective	<input checked="" type="checkbox"/> Transmissive
Backlight Type	<input checked="" type="checkbox"/> LED	<input type="checkbox"/> EL	<input type="checkbox"/> Internal Power	<input checked="" type="checkbox"/> 3.3V Input
		<input type="checkbox"/> CCFL	<input checked="" type="checkbox"/> External Power	<input type="checkbox"/> 5.0V Input
Backlight Color	<input checked="" type="checkbox"/> White	<input type="checkbox"/> Blue	<input type="checkbox"/> Amber	<input type="checkbox"/> Yellow-Green
Temperature Range	<input checked="" type="checkbox"/> Normal		<input type="checkbox"/> Wide	<input type="checkbox"/> Super Wide
DC to DC circuit	<input type="checkbox"/> Build-in		<input checked="" type="checkbox"/> Not Build-in	
Touch screen	<input type="checkbox"/> With		<input checked="" type="checkbox"/> Without	
Font type	<input checked="" type="checkbox"/> English-Japanese	<input type="checkbox"/> English-Europen	<input type="checkbox"/> English-Russian	<input type="checkbox"/> Other

2. MECHANICAL SPECIFICATIONS

Module size	80.0mm(L)*36.0mm(W)* Max13.5(H)mm
Viewing area	64.5mm(L)*16.4mm(W)
Character size	3.00mm(L)*5.23mm(W)
Character pitch	3.51mm(L)*5.75mm(W)
Weight	Approx.

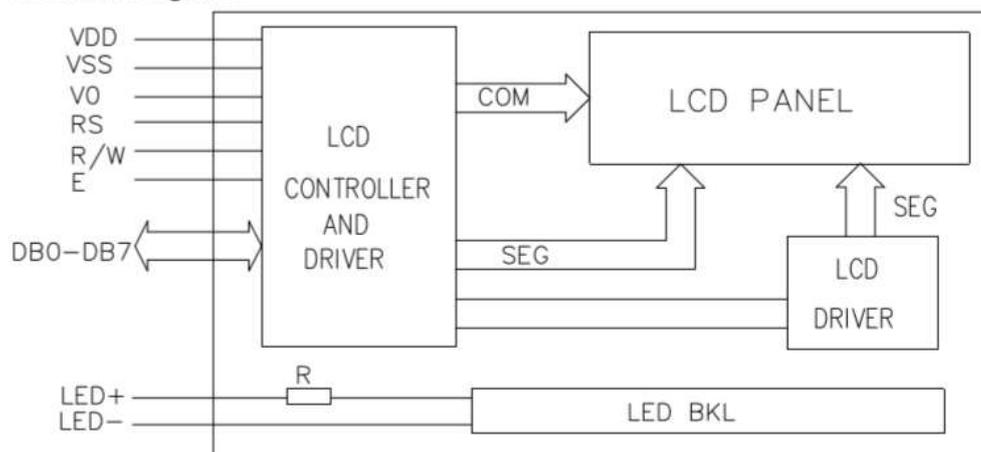
3. Outline dimension



4. Absolute maximum ratings

Item	Symbol	Standard	Standard	Unit
Power voltage	$V_{DD-V_{SS}}$	0	-	7.0
Input voltage	V_{IN}	VSS	-	VDD
Operating temperature range	V_{OP}	0	-	+50
Storage temperature range	V_{ST}	-10	-	+60

5. Block diagram



6. Interface pin description

Pin no.	Symbol	External connection	Function
1	Vss	Power supply	Signal ground for LCM
2	VDD		Power supply for logic for LCM
3	V ₀		Contrast adjust
4	RS	MPU	Register select signal
5	R/W	MPU	Read/write select signal
6	E	MPU	Operation (data read/write) enable signal
7~10	DB0-DB3	MPU	Four low order bi-directional three-state data bus lines. Used for data transfer between the MPU and the LCM. These four are not used during 4-bit operation.
11~14	DB4-DB7	MPU	Four high order bi-directional three-state data bus lines. Used for data transfer between the MPU
15	LED+	LED BKL power supply	Power supply for BKL
16	LED-		Power supply for BKL