



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

**INFORME FINAL DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR,
MODALIDAD DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

TEMA:

*“DISPOSITIVO DIDÁCTICO PARA LA ENSEÑANZA DEL ALFABETO DEL
SISTEMA BRAILLE”*

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de: *Ingeniero en Mecatrónica*

Línea de investigación: *Biomecatrónica*

Autor: *Steeven Alexander Túquerres Tambi*

Director: *PhD, Brizeida Nohemí Gámez Aparicio, Ing.*

Asesor: *PhD, David Alberto Ojeda Peña, Ing.*

Ibarra - 2023



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1004761506		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Steeven Alexander Túquerres Tambi		
DIRECCIÓN:	Otavalo		
EMAIL:	satuquerrest@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	2585802	TELÉFONO MOVIL	0992841382

DATOS DE LA OBRA			
TÍTULO:	Dispositivo didáctico para la enseñanza del alfabeto del sistema Braille.		
AUTOR (ES):	Steeven Alexander Túquerres Tambi		
FECHA: DD/MM/AAAA	26/04/2023		
SOLO PARA TRABAJOS DE TITULACIÓN			
PROGRAMA:	PREGRADO <input checked="" type="checkbox"/>	POSGRADO <input type="checkbox"/>	
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero en mecatrónica		
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Brizeida Gámez., PhD		

2. CONSTANCIAS

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

Ibarra, a los 26 días, del mes de abril de 2023

EL AUTOR:

Firma... .....

Nombre: Steeven Alexander Túquerres Tambi

CERTIFICACIÓN DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTERGRACIÓN CURRICULAR

Ibarra, 26 de abril de 2023

PhD, Brizeida Nohemí Gámez Aparicio, Ing.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final del trabajo de titulación, el cual se ajusta a las normas vigentes de la Unidad Académica de la Universidad Técnica del Norte; en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.

(f) 

PhD, Brizeida Nohemí Gámez Aparicio, Ing.

C.C.: 1758387383


APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El Tribunal Examinador del trabajo de titulación “Dispositivo didáctico para la enseñanza del alfabeto del sistema Braille” elaborado por Steeven Alexander Túquerres Tambi, previo a la obtención del título de Ingeniero en Mecatrónica, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:

(f): 

PhD, Brizeida Nohemí Gámez Aparicio, Ing.

C.C.: 1758387383

(f): 

PhD, David Alberto Ojeda Peña, Ing.

C.C.: 1757898489

DEDICATORIA

A mis tíos; Carmen Túquerres y Freddy Sáenz, quienes me apoyaron en el transcurso de mi vida personal como estudiantil, además en incontables veces suplieron roles de madre y padre.

A mis padres; quienes me inculcaron principios y valores para ser la persona que soy ahora.

A mi primo; Bryan Saéñz quien en su ejemplo me motivó a no rendirme y que las metas con esfuerzo y perseverancia se pueden alcanzar.

AGRADECIMIENTO

A la asociación de No Videntes de Imbabura en especial a la señora Noemí Trejo por darme la confianza y ayuda para el desarrollo de esta investigación.

A todos los docentes, que me compartieron sus conocimientos, en es especial a los ingenieros Iván Iglesias, Brizeida Gámez y David Ojeda.

Agradezco a todas las personas que formaron parte en el transcurso de mi estancia en la universidad.

RESUMEN

La escasez de material de enseñanza tecnológica Braille fue el principal motivo para el desarrollo de esta investigación. De esta forma se desarrolló un sistema mecatrónico enfocado en el aprendizaje del alfabeto Braille. En torno a una investigación documental se establecieron las bases para el diseño del sistema. A fin de obtener el prototipo se plantearon dos soluciones, en referencia a los requerimientos del usuario. Usando un análisis por criterios ponderados se seleccionó la mejor alternativa. El dispositivo que se obtuvo es un sistema mecatrónico de manipulación modular, con retroalimentación sonora por medio de una aplicación móvil. Adicionalmente, el dispositivo permite desarrollar la sensibilidad del tacto a través de un aprendizaje efectivo con actividades prácticas para la memorización de la simbología en relieve.

Palabras clave: Braille, dispositivo, enseñanza, modular.

ABSTRACT

The shortage of Braille technology teaching materials was the main reason for the development of this research. In this way, a mechatronic system focused on learning the Braille alphabet was developed. Based on documentary research, the foundations were established for the system design. In order to obtain the prototype, two solutions were proposed, based on user requirements. Using a weighted criteria analysis, the best alternative was selected. The device obtained is a modular manipulation mechatronic system with sound feedback through a mobile application. Additionally, the device allows for the development of tactile sensitivity through effective learning with practical activities for memorizing the embossed symbology.

Keywords: Braille, device, teaching, modular.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTO	VII
RESUMEN	VIII
ABSTRACT	IX
ÍNDICE DE TABLAS	XIV
ÍNDICE DE FIGURAS	XVI
INTRODUCCIÓN	19
Planteamiento del problema	19
Objetivos	20
Objetivo general	20
Objetivos específicos	20
Alcance	20
Justificación	21
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	22
1.1 Antecedentes	22
1.2 Marco teórico	26
1.2.1 Sistema Braille	26
1.2.2 Alfabeto en Braille	27
1.2.3 Aspectos sobre la lectura en Braille.	30
1.2.4 Habilidades previas	30

1.2.5	Métodos de enseñanza.....	31
1.2.5.1	Tomillo	31
1.2.5.2	Almazara	32
1.2.5.3	Alameda	32
1.2.5.4	Punt a punt.....	32
1.2.5.5	Seis puntos.....	33
1.2.5.6	Bliseo.....	34
1.2.5.7	Pérgamo.....	34
1.2.6	Dispositivos electrónicos para el aprendizaje de las personas no videntes	34
1.2.7	Herramientas de software a emplear en el desarrollo de la propuesta	37
1.2.7.1	MIT App Inventor	37
1.2.7.2	Android Studio	37
1.2.8	Elementos electrónicos.....	37
1.2.8.1	Sensor reflectivo QTR-IRC	37
CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS		39
2.1	Modelo de investigación.....	39
2.2	Diseño de la investigación.....	39
2.2.1	Determinación de las herramientas de software y hardware necesarias. ...	39
2.2.2	Diseño del dispositivo de enseñanza de alfabeto del sistema Braille.	40
2.2.3	Construcción del dispositivo acorde al diseño planteado.	41
2.2.4	Validación del prototipo.....	42

CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	43
3.1 Especificaciones del sistema	43
3.2 Planteamiento de alternativas de solución.....	44
3.2.1 Primera propuesta de solución	45
3.2.2 Segunda propuesta de solución	47
3.3 Selección de la mejor propuesta	51
3.4 Selección del microcontrolador	59
3.5 Selección de la interfaz de comunicación.....	59
3.6 Selección del software para la aplicación móvil	60
3.7 Características del sistema.....	54
3.8 Diseño del dispositivo didáctico.....	61
3.8.1 Estructura superior	61
3.8.2 Módulo de lectura.....	62
4.1.1 Estructura inferior	64
3.9 Diseño para la alimentación del dispositivo	65
3.10 Diseño del sistema de control.....	69
3.10.1 Programación del microcontrolador.....	70
3.10.2 Diagrama de flujo.....	70
3.10.3 Control de los sensores reflectivos.....	70
3.10.4 Diagrama de conexión.....	72
3.10.5 Diseño de la aplicación móvil	72

3.11	Construcción y ensamblaje.....	76
3.11.1	Fabricación del sistema superior	77
3.11.2	Ensamblaje del sistema superior	78
3.11.3	Fabricación del sistema inferior	78
3.11.4	Ensamblaje del sistema inferior	80
3.12	Análisis de costos	80
3.13	Pruebas de funcionamiento.....	81
3.14	Desarrollo de la guía de usuario	82
3.14.1	Información preliminar	82
3.14.2	Descripción general.....	83
3.14.3	Ajustes iniciales del sistema.....	83
3.14.4	Recomendaciones para el uso del dispositivo	86
3.14.5	Precauciones.....	90
3.14.6	Riesgos	91
	CONCLUSIONES.....	92
	RECOMENDACIONES	94
	REFERENCIAS	95
	ANEXOS	100

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1. Criterios del usuario.....	43
Tabla 3.2. Ponderación de los criterios.....	44
Tabla 3.3. Lista de piezas de la primera propuesta.....	46
Tabla 3.4. Lista de piezas de la segunda propuesta	50
Tabla 3.5. Nomenclatura para los criterios.	51
Tabla 3.6. Comparación de los criterios.	51
Tabla 3.7. Comparación del criterio sencillo.....	52
Tabla 3.8. Comparación del criterio económico.....	52
Tabla 3.9. Comparación del criterio resistente.	53
Tabla 3.10. Comparación del criterio portátil.....	53
Tabla 3.11. Comparación del criterio liviano.	53
Tabla 3.12. Comparación del criterio rápido reconocimiento.	54
Tabla 3.13. Selección de la mejor alternativa.....	54
Tabla 3.14. Características necesarias del microcontrolador.....	59
Tabla 3.15. Análisis de los microcontroladores.....	59
Tabla 3.16. Características de los módulos bluetooth.	60
Tabla 3.17. Comparación de entornos de desarrollo de aplicaciones móviles.	60
Tabla 3.18. Listado de piezas del sistema superior.....	56
Tabla 3.19. Listado de piezas del sistema inferior.....	58
Tabla 3.20. Propiedades del PLA [33].....	62
Tabla 3.21. Consumo eléctrico del dispositivo.....	66
Tabla 3.22. Detalles de los elementos de la PCB	67
Tabla 3.23. Valores de reflectancia de los sensores reflectivos según los criterios planteados.	71

Tabla 3.24. Requisitos de la aplicación móvil.	76
Tabla 3.25. Costos de construcción del dispositivo Braille.	80
Tabla 3.26. Pruebas realizadas en el dispositivo	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Arquitectura del sistema [6].	22
Figura 1.2. Configuración del entorno de evaluación [7].	23
Figura 1.3. Single Braille cell [8].	24
Figura 1.4. Prototipo de tecnología en asistencia de enseñanza del Braille [9].	25
Figura 1.5. Juguete autónomo Braille [10].	25
Figura 1.6. Cajetín con los 6 puntos Braille.	26
Figura 1.7. Dimensiones entre los puntos y signos [13].	27
Figura 1.8. Primera serie.....	28
Figura 1.9. Segunda serie.....	28
Figura 1.10. Tercera serie [14].	28
Figura 1.11. Cuarta serie [14]	29
Figura 1.12. Quinta serie [14].	29
Figura 1.13. Otros caracteres de interés [14].	29
Figura 1.14. Tableta BLITLAB [23].	35
Figura 1.15. FingerReader [24].	35
Figura 1.16. BecDot [25].	36
Figura 1.17. BrailleNote Touch Plus 32 [26].	37
Figura 1.18. Sensor QTR-1RC [29].	38
Figura 1.19. Sensor QTR-1RC [29].	38
Figura 3.1. Módulo con la letra en Braille	44
Figura 3.2. Vista isométrica de la primera propuesta.	45
Figura 3.3. Vista explosionada de la propuesta.	46
Figura 3.4. Módulo Braille primera alternativa; (a) vista superior, (b) vista frontal.	47
Figura 3.5. Acople “snap fit” [32].	48

Figura 3.6. Vista isométrica de la segunda propuesta.....	48
Figura 3.7. Vista explosionada de la propuesta.	49
Figura 3.8. Módulo Braille segunda alternativa; (a) vista superior, (b) vista frontal.	50
Figura 3.9 Dispositivo Braille.....	55
Figura 3.10. Vista explosionada del sistema superior.	56
Figura 3.11. Vista en explosión del módulo de lectura	57
Figura 3.12. Vista explosionada del sistema inferior.	58
Figura 3.13. Estructura superior.	61
Figura 3.14. Base del módulo de lectura	62
Figura 3.15. Tapa del módulo de lectura; (a) vista isométrica, (b) vista lateral.	63
Figura 3.16. Estructura inferior; (a) vista superior, (b) vista proyectada inferior....	64
Figura 3.17. Vista isométrica.....	65
Figura 3.18. Adaptador cargador 110V/9V 2A [34].....	66
Figura 3.19 Convertidor DC-DC XL4015 Step Down 5A [35].	67
Figura 3.20. Esquemático para la PCB	67
Figura 3.21. Diseño de PCB.	68
Figura 3.22. Vista 3D de la PCB	68
Figura 3.23. Diagrama de bloques del sistema de control.	69
Figura 3.24. Criterios de reflectancia;(a) criterio 1, (b) criterio 2.	71
Figura 3.25. Interfaz de inicio.....	73
Figura 3.26. Interfaz principal.	74
Figura 3.27. Eventos de interacción; (a) evento 1, (b) evento 2.	75
Figura 3.28. Tercer evento.....	76
Figura 3.29. Sistema superior impreso en 3D; (a) estructura superior, (b) módulo de lectura.....	77

Figura 3.30. Módulos Braille impresos en 3D.....	78
Figura 3.31. Ensamblaje del sistema superior.	78
Figura 3.32. Estructura inferior impresa en 3D.	79
Figura 3.33. Fabricación de la PCB, elementos soldados en la PCB.	79
Figura 3.34. Dispositivo Braille.....	80
Figura 3.35. Actividades realizadas para poner en prueba al dispositivo.....	82
Figura 3.36. Conexión para la alimentación del dispositivo.....	83
Figura 3.37. Estados del interruptor basculante; (a) apagado, (b) encendido.....	84
Figura 3.38. Cuadros de diálogo; (a) permisos de la aplicación, (b) activación del bluetooth.	85
Figura 3.39. Lista de dispositivos vinculados.....	86
Figura 3.40. Orientación del dispositivo.....	87
Figura 3.41. Orientación de los módulos Braille; (a) forma correcta, (b) forma incorrecta.	87
Figura 3.42. Forma correcta de extraer los módulos Braille.	88
Figura 3.43. Formas incorrectas para la extracción de los módulos Braille; (a) presión superior, (b) presión inferior.....	88
Figura 3.44. Cambios en la interfaz de la aplicación; (a) deletreo de la letra p, (b) deletreo de la letra a, (c) deletreo de la letra z.	89
Figura 3.45. Cambios en la interfaz al presionar el pulsador verde.....	89
Figura 3.46. Cambios en la interfaz al salir de la aplicación.....	90

INTRODUCCIÓN

Planteamiento del problema

La discapacidad visual ha sido un gran obstáculo en la sociedad, es así como el francés Louis Braille inventó un sistema universal de lectura y escritura, para ser utilizada por personas con discapacidad visual que ahora lleva su nombre [1]. Este sistema consta de una cuadrícula de seis puntos en relieve, mostrados en dos columnas paralelas de tres puntos. La disposición de estos seis relieves, disponen una letra específica. La utilización de este sistema brinda al no vidente un instrumento para leer y escribir en Braille aportando conocimientos de educación, cultura e información [2].

En Ecuador, según los datos estadísticos proporcionados por el CONADIS (Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades) 54 343 personas padecen un determinado grado de discapacidad visual en donde solo el 17% se encuentra en el grupo laboralmente activo [3]. La mayoría de las personas con discapacidad visual no tienen acceso a dispositivos tecnológicos diseñados para sus necesidades, lo que crea una brecha digital, debido a factores como accesibilidad tecnológica, difícil de conseguir y costo [4].

Ante esta problemática, la sociedad debe tomar en cuenta la enseñanza del aprendizaje del sistema Braille, enfocándose en una educación inclusiva y brindando el apoyo necesario.

De esta forma las principales falencias, tienen que ver primordialmente en la adquisición del material para enseñanza en sus primeras etapas enfocados en herramientas didácticas, dinámicas e interactivas ligados a la innovación tecnológica. En vista a esto se pretende dar una solución usando herramientas tecnológicas y soluciones de ingeniería, para así contribuir al aprendizaje del sistema de lectura Braille con el desarrollo de un dispositivo mecatrónico, el cual será usado para el aprendizaje del alfabeto del sistema Braille.

Objetivos

Objetivo general

Desarrollar un sistema mecatrónico didáctico enfocado en el aprendizaje del alfabeto del sistema Braille.

Objetivos específicos

- Determinar las herramientas de software y hardware necesarias.
- Diseñar el dispositivo de enseñanza de alfabeto del sistema Braille.
- Construir el dispositivo acorde al diseño planteado.
- Validar el prototipo.

Alcance

La finalidad de este trabajo de grado es el implementar un dispositivo didáctico, dinámico e interactivo, que servirá como herramienta para el aprendizaje de lectura del sistema Braille, mediante el uso de elementos electrónicos y programación. Para la elaboración del dispositivo también se usará tecnología Open Source con software y hardware libre.

El dispositivo tendrá módulos externos impresos en 3D que utilizarán Braille en una de sus caras para leer el relieve de los símbolos alfabéticos. El módulo se colocará en el dispositivo para su posterior lectura, y esto a su vez producirá una salida a través del motor de voz donde se escucharán las letras insertadas en el módulo. Con el prototipo ya desarrollado se realizarán las debidas pruebas para su correspondiente evaluación.

Justificación

Mediante la contextualización del problema y acciones que se van a llevar a cabo para el desarrollo de este, se han examinado elementos que justifican el desarrollo del presente dispositivo.

Es así como, con el uso de herramientas tecnológicas en la educación se presentan nuevas formas de enseñar y aprender, además, la notoria falta de material de enseñanza tecnológica en los centros de pedagogía Braille han dado validación al desarrollo este dispositivo dotado de herramientas y recursos interactivos. Se ha realizado un estudio en dónde se evidencia que los maestros de alumnos con impedimentos visuales recalcan las ventajas que brinda la tecnología en la enseñanza mejorando la motivación y el aprendizaje dentro de sus programas de instrucción Braille [5].

El proyecto inclusivo tiene el objetivo de mejorar el aprendizaje del alfabeto del sistema Braille en sus etapas iniciales que radican en la memorización de la disposición de los relieves del signo generador.

1 CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes

Se presenta el diseño conceptual de un dispositivo modular para enseñar el reconocimiento de letras en Braille. Este trabajo conceptualiza un dispositivo manipulando bloques incrustados con tag's NFC con letras en Braille grabadas en sus lados, una superficie basada en surcos, que permite la colocación simultánea de varios bloques que oculta un lector de tag's NFC conectado a una PC. El usuario coloca los bloques en los lectores NFC hasta formar una palabra previamente solicitada por la computadora, para finalmente felicitar al usuario si la palabra está bien escrita de lo contrario, animarlo a intentar de nuevo en caso de fallar. Este dispositivo es una solución rentable y no requiere que los niños tengan experiencia previa con computadoras. Además, presenta una solución óptima y electrónica para el reconocimiento de letras en Braille que se refuerza a través de varios ejercicios y juegos, proporcionando retroalimentación auditiva a través de un motor de voz [6]. La Figura 1.1 representa la conceptualización de este dispositivo.

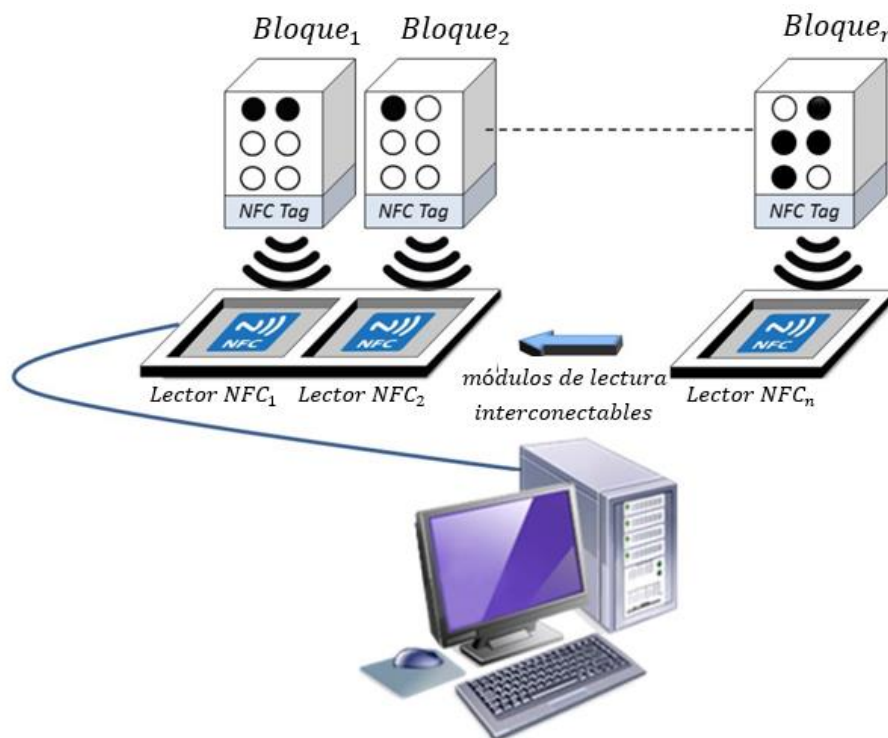


Figura 1.1. Arquitectura del sistema [6].

Se expone una plataforma de instrucción en Braille para combatir eficazmente la crisis de alfabetización. Esta investigación propone una arquitectura computacional modular mediada por un prototipo de interfaz de usuario tangible basada únicamente en software. Según el programa o evaluador lo indique, el participante debe formar palabras seleccionando letras en Braille de la sección A, luego insertarlas en la sección B y por último presionar el botón C, para que el evaluador le indique si está bien o mal (ver Figura 1.2). Este dispositivo tiene la intención de ofrecer flexibilidad para diferentes implementaciones en las actividades del usuario, basadas en cualquier tipo de contexto de alfabetización Braille. También, presenta una propuesta que resuelve la brecha entre las tecnologías de bajo costo y tiene el potencial de combatir la crisis de alfabetización Braille [7].

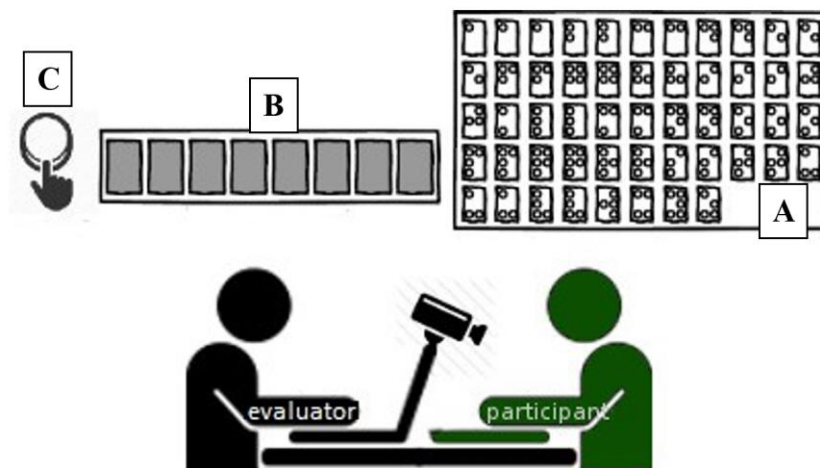


Figura 1.2. Configuración del entorno de evaluación [7].

“Single Braille Cell” es un dispositivo electrónico que contribuye al acceso digital del Braille, mediante el desarrollo de una solución integrada de hardware y software. Este dispositivo en su programación consta de un módulo de entrenamiento, donde secuencialmente se presentan las letras del alfabeto y algunos símbolos en la celda Braille, que se pueden palpar con los dedos las protuberancias que se observan en la Figura 1.3, las cuales son accionadas por servomotor. Además, consta de un último módulo de lectura que representa las letras de

un texto a diferentes velocidades en la celda Braille. El sistema propuesto ha sido evaluado por voluntarios no videntes con diferentes conocimientos de simbología en relieve y experiencia en computación. Los resultados preliminares muestran la eficiencia del sistema propuesto [8].



Figura 1.3. Single Braille cell [8].

Se presenta en la Figura 1.4 un prototipo de tecnología en asistencia para la enseñanza del Braille. En esta investigación, con la aplicación de una metodología encaminada al acompañamiento de un tutor. El dispositivo consta de dos bocinas (A1 y A2), botones con forma geométrica (sección B) con funciones diferentes, tres módulos intercambiables (sección C) con celdillas de varios tamaños y distintas cantidades para lectoescritura Braille, alimentación y carga de batería (sección D), botón para encender (sección E), entrada de audífonos (sección F) y perilla para ajustar el volumen. Logrando determinar y analizar las características que agilitan el proceso de aprendizaje de la lectoescritura del sistema Braille en niños no videntes a nivel escolar, así como las consecuencias al aprender castellano para distinguir las letras del alfabeto, las sílabas, los fonemas y frases o palabras de corta longitud [9].

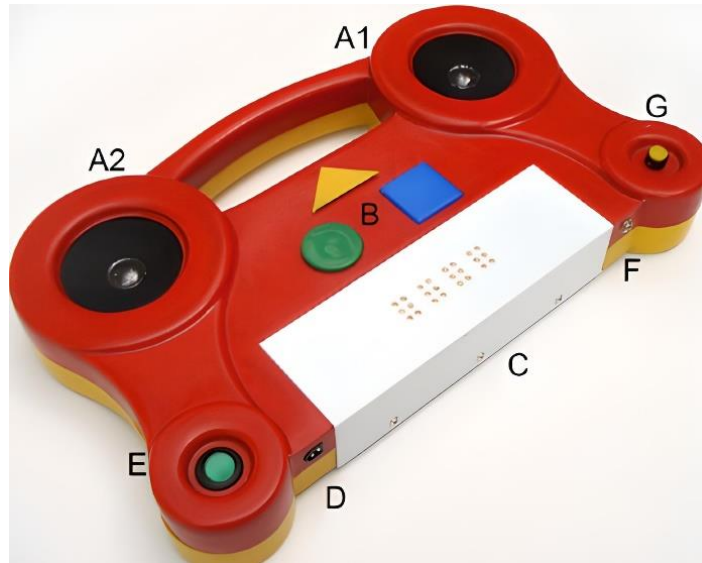


Figura 1.4. Prototipo de tecnología en asistencia de enseñanza del Braille [9].

Esta investigación desarrollada en la Universidad Técnica del Norte; expone un dispositivo de enseñanza a través de un sistema electrónico y mecánico, para niños no videntes entre los 3 y 8 años. Las pruebas se realizaron a dos niños con discapacidad visual de tres años, a quienes se evaluó utilizando 5 modalidades que posee el dispositivo mecatrónico (ver Figura 1.5): cuenta cuentos, juegos, evaluación, enseñanza y práctico. Los resultados indicaron que el juguete autónomo Braille es un instrumento práctico para la educación de los niños. Esta investigación combina la pedagogía y la tecnología [10].

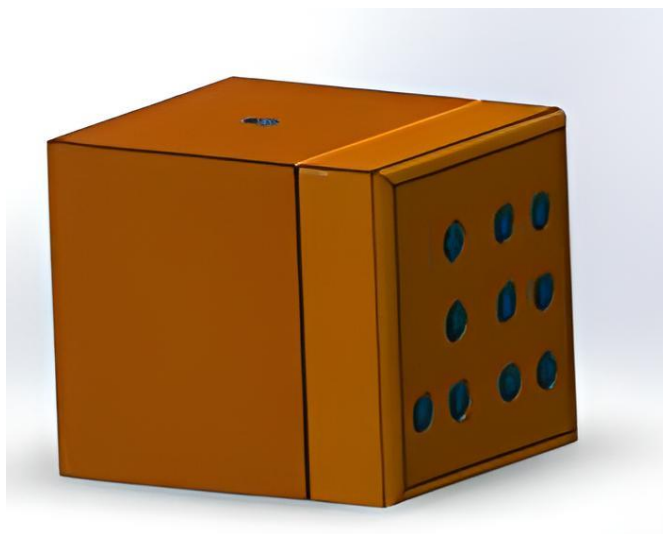


Figura 1.5. Juguete autónomo Braille [10].

1.2 Marco teórico

1.2.1 Sistema Braille

Para el aprendizaje de personas con discapacidad visual es necesario un código de lectoescritura denominado Braille. En caso de quienes poseen reducida percepción visual o ceguera, el sistema en relieve establece el código por el cual estos alumnos efectúan lectura y escritura por medio de diferentes instrumentos [11].

El sistema Braille se encuentra adecuado fisiológica y estructuralmente a las cualidades del sentido del tacto, a través de puntos en relieve. El signo generador es la celdilla o cajetín, en este espacio se distribuyen 6 puntos en relieve, impartidos en dos columnas cada una de tres puntos. Para representar un signo o letra se usa un solo cajetín, en donde pueden aparecer o no los relieves, que se distinguen por la yema de los dedos mediante el tacto. Los denominados cajetines no son visibles, siendo solo perceptibles los puntos. Para reconocer los puntos, se les asigna un número del 1 al 6 como se observa en la Figura 1.6 [12].

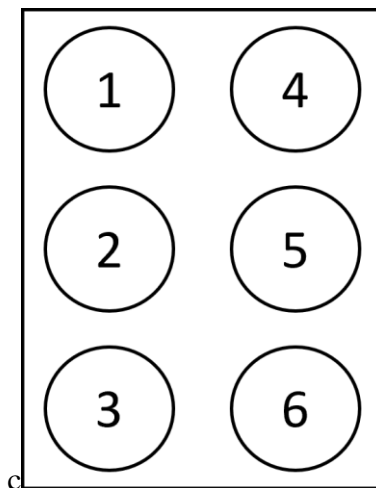


Figura 1.6. Cajetín con los 6 puntos Braille.

Cuenta con especificaciones estructurales en su tamaño para la correcta percepción con el tacto. Las dimensiones de la celdilla están establecidas para ajustarse a la yema de los dedos como se puede mostrar en la Figura 1.7; por ello de igual forma se encuentran especificados

los espacios entre los puntos, sus diámetros, los espacios de una celdilla a otra y la distancia de cada renglón, de tal forma que no cause confusión al lector [13].

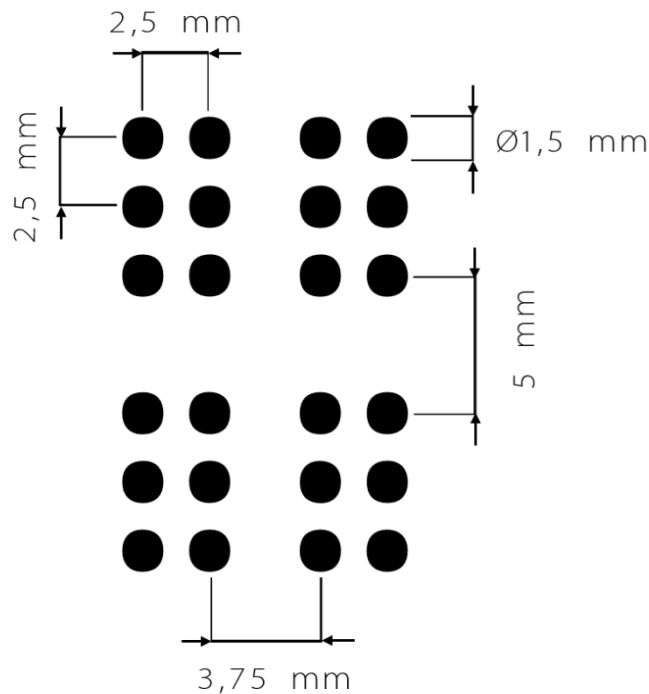


Figura 1.7. Dimensiones entre los puntos y signos [13].

1.2.2 Alfabeto en Braille

La distribución de los seis puntos permite 64 combinaciones diferentes, incluidas aquellas sin puntos que se usan como espacios en blanco para separar números, palabras, entre otros. La ausencia o presencia de un punto determina qué tipo de carácter es [14].

Los caracteres del alfabeto se encuentran distribuidos de manera lógica por medio de series:

- La primera serie comprende las primeras letras del alfabeto, como se indica en la Figura 1.8, representándose en los cuatro puntos superiores del cajetín.

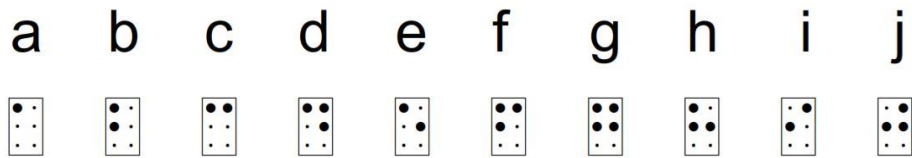


Figura 1.8. Primera serie.

- La segunda serie mostrada en la Figura 1.9 se forma al añadir el punto 3 a los puntos de la primera serie, con excepción de la letra ñ.

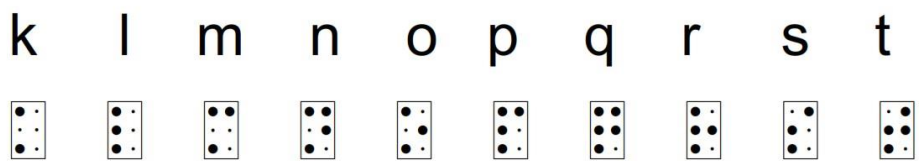


Figura 1.9. Segunda serie.

- De igual forma la serie 3 se obtiene añadiendo el punto número 6 a los puntos de la segunda serie (Figura 1.10).

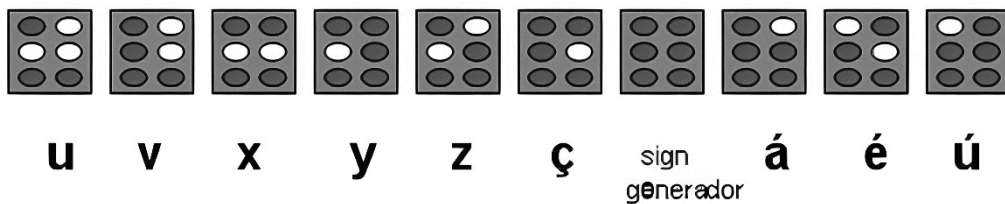


Figura 1.10. Tercera serie [14].

- La cuarta serie consta de los elementos de la primera serie, agregando el punto número 6. Debido a que se forma caracteres propios del francés, en la Figura 1.11 se presenta solamente letras de interés en el idioma español.

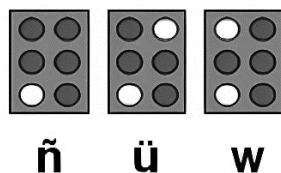


Figura 1.11. Cuarta serie [14]

- Para obtener la quinta serie se usa los componentes de la primera serie, pero desplazados hacia la parte inferior. Sus formas se señalan en la Figura 1.12.

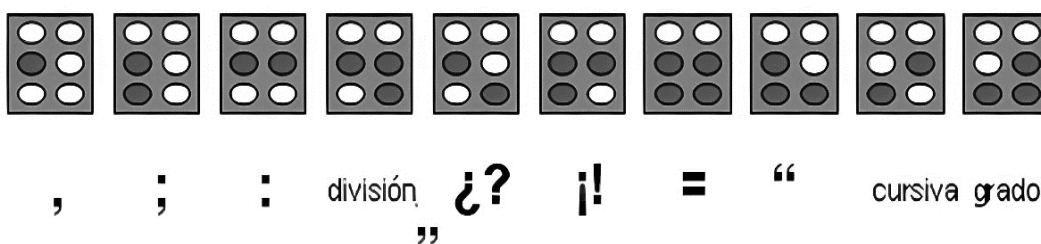


Figura 1.12. Quinta serie [14].

- Otros signos de interés y además de las vocales con tilde faltantes se indican en la Figura 1.13 [14], [15].

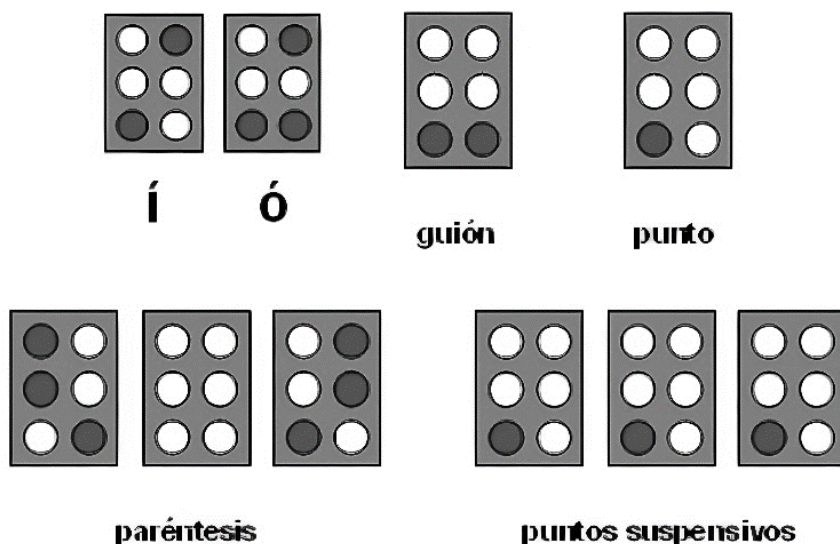


Figura 1.13. Otros caracteres de interés [14].

1.2.3 Aspectos sobre la lectura en Braille.

Para leer en Braille se usan las yemas de los dedos índice y medio con ambas manos, el movimiento se lo realiza de izquierda a derecha. La lectura por medio del tacto es más lenta; por lo tanto, la persona no vidente necesita mayor cantidad de tiempo. No obstante, con la práctica y una buena motivación personal se puede lograr grandes resultados [16].

El movimiento de las manos es diferente en cada caso, depende sobre todo de la experiencia y habilidad lectora del estudiante. Este movimiento puede llevarse a cabo de tres formas:

- **Barrido progresivo:** Realizándose movimientos continuos, sin variaciones sustanciales de velocidad y sin que se aparte en ningún momento el dedo lector de la línea de texto.
- **Movimientos de cambio de línea:** el dedo lector de la mano derecha percibe los caracteres al final de la línea, al mismo tiempo que el dedo de la mano izquierda busca el comienzo de la siguiente línea explorando el margen del principio de ésta.
- **Repasos:** Usado frecuentemente por estudiantes con menor la habilidad lectora y, en general, mayor número de grafemas de una palabra. Como indica su nombre se realizan repasos sobre el texto hasta la comprensión de este.

Finalmente, en cuanto a los errores más usuales cometidos en la lectura Braille, se abrevian en: confusiones en reconocer la posición vertical y horizontal de los caracteres, dentro del grafema se omite o añade algún punto, equivocación de caracteres con el mismo número de puntos, por ejemplo, la letra “d” y “f” [15].

1.2.4 Habilidades previas

Los niños con discapacidad visual pueden empezar el aprendizaje de la lectoescritura Braille al mismo momento que sus compañeros videntes inicien en la lectoescritura en tinta; sin embargo, un niño que requiera aprender Braille debe tener un dominio de ciertas destrezas:

- El aprender el sistema Braille requiere de mucha atención, concentración, tiempo y motivación. Como resultado, se necesita una actitud optimista por parte del estudiante en el proceso de aprendizaje.
- Es recomendable iniciar con actividades con poco riesgo de fracaso y dificultad.
- Un niño vidente observa de manera cotidiana y natural periódicos, carteles, libros. Descubren una serie de estímulos en su vida diaria que motiva el interés por la lectura. Por otra parte, el niño con discapacidad visual no dispone de estos estímulos. Por tanto, es conveniente acondicionar en Braille carteles y letreros que están en su espacio habitual ya sea casa o aula de clase, dibujos en relieve, así como dejar a su alcance todo el material didáctico del cual se disponga.
- Es muy importante para un niño que alguien de su entorno también aprenda Braille. La ayuda de amigos, familiares y compañeros de clase es importante especialmente si el infante se encuentra en un centro donde no hay otras personas con discapacidad visual.
- La discapacidad visual no significa, automáticamente, obtener un tacto más sensible, en cualquier caso, el tacto puede desarrollarse con la práctica. Existen algunas enfermedades que pueden provocar ceguera, incluso conllevan una disminución de la sensibilidad táctil.
- Como todos los demás niños, el niño no vidente debe haber alcanzado un cierto grado de madurez corporal, así como una sensibilidad táctil, que necesite para manejar instrumentos de escritura [12].

1.2.5 Métodos de enseñanza

1.2.5.1 Tomillo

Método de iniciación a la lectura del sistema Braille para niños. Admite la presentación de contenidos significativos, mientras respeta las particularidades de la exploración táctil.

Además, se adapta a la edad a la que se dirige, utilizando palabras y frases cortas, con una estructura lingüística familiar para el infante. Se utilizan materiales que llamen la atención a los niños, con representaciones en relieve. Es decir, se presentan en primer lugar aquellas letras que son más fáciles de percibir al tacto, se evitan las que no presentan dificultades fonéticas (en los sonidos) y las combinaciones simétricas de letras o denominadas letras espejo como lo son la “e”, “i”; “d”, “f”; “h”, “j”; “ñ”, “q”. Las vocales acentuadas se introducen desde el principio. Utilizan doble espacio y saltos de línea para facilitar la lectura [17].

1.2.5.2 Almazara

En este método se desarrolla de manera conjunta la lectura y escritura Braille. Se basa principalmente en que los estudiantes puedan crear una representación mental y espacial de cada letra de Braille, nombrando los diferentes relieves según su ubicación (superior derecha, inferior izquierda, centro derecha), en lugar de distinguir las letras por su combinación del 1 al 6 que forma la celda Braille [18].

1.2.5.3 Alameda

Prepara al alumno con discapacidad visual para el comienzo formal del aprendizaje tanto de lectura y escritura del sistema Braille, desarrollando armónicamente las habilidades previas mencionadas en el apartado 1.2.4 consideradas como requisitos para la adquisición normalizada del código. Se divide en seis bloques: percepción táctil, discriminación de figuras geométricas, desarrollo de conceptos espaciales básicos, técnicas de seguimiento digital y rastreo, y aprendizaje del alfabeto Braille con la máquina de escribir Perkins [19].

1.2.5.4 Punt a punt

Está dividido por dos series entre 5 y 4 tomos. La primera presenta el programa de aspectos básicos de lectura y escritura y la segunda serie se dedica por completo a la enseñanza del sistema Braille.

- **Primera serie:** Las tres primeras secciones proporcionan una secuencia de actividades de prelectura, para el reforzar el reconocer de tamaños y formas, líneas verticales y horizontales, seguimiento de líneas y orientación espacial, líneas y series de conjuntos de relieves, para distinguir los caracteres, pero aún sin asignarles significado. En la cuarta sección comienza el aprendizaje del sistema Braille: la celdilla o cajetín, en grandes proporciones, cuyo objetivo es ir reduciendo el tamaño y reconocer las distintas posiciones y letras: a, e, o, b, l.
- **Segunda serie:** En las tres primeras partes, se introducen una a una todas las letras del abecedario, se realizan actividades de percepción táctil, identificación y distinción, combinando letras ya conocidas, para pasar a la leer sílabas, palabras y frases. El orden en el que se presentan las letras es: a, o, u, e, l, p, b, m, n, f, i, punto y signo de mayúscula, r, s, apóstrofe, c, ll, t, signos de interrogación y admiración, g, coma, z, á, q, ú, v, j, x, h, í, dos puntos, ñ, d, punto y coma, é, t, ü, ó [20].

1.2.5.5 Seis puntos

Cuenta con cuatro bloques, que cada uno consta con actividades prácticas y teóricas.

- a. Se realiza una etapa de prelectura en donde el niño aprende a distinguir figuras de diferentes tamaños, texturas y se acompaña con conceptos básicos de Braille
- b. Se estudian los fonemas usando material didáctico de alto relieve. Centrándose en la facilidad para su reconocimiento táctil y su frecuencia de aparición en la lengua castellana.
- c. Se basa en conocer sílabas, letras mayúsculas, números y signos de puntuación. Se realiza a través de una serie de lecturas elaboradas a tal fin, en las que se ha tenido en cuenta que sean lecturas interesantes para el alumno, al mismo tiempo que posean contenidos curriculares correspondientes al primer ciclo de Educación Primaria.

- d. Con la ayuda del libro “Mi primer libro” se completa la técnica lectora y se determina el nivel de comprensión del alumno con pequeñas evaluaciones al finalizar un texto[21].

1.2.5.6 Bliseo

Este método tiene el objetivo de ser impartido a personas adultas alfabetizadas. Empieza profundizando en el conocimiento espacial del signo generador y va introduciendo las letras de la primera serie para seguir con la siguiente serie y así consecutivamente [12].

1.2.5.7 Pérgamo

Método de alfabetización para personas no videntes adultas. Para evitarse confusiones se sigue una secuencia de aprendizaje de letras facilitando la percepción en Braille. Primero se realizan ejercicios para distinguir las posiciones de los relieves en la celdilla, sin tomar en cuenta su significado. La secuencia de presentación es la siguiente: vocales, p, c, l, s, f, d, ñ, t, n, m, b, á, é, h, y, ll, v, r, ú, ó, z, g, j, í, punto y coma, mayúsculas. Para finalizar, se agregan las letras que aparecen menos como: ü, w, x, k, q, ch. Luego van las sílabas trabadas: pl, cl, bl, dr, tr, signos de puntuación y signos de número [22].

1.2.6 Dispositivos electrónicos para el aprendizaje de las personas no videntes

BLITAB, es una tableta desarrollada por una empresa austríaca, basada en una tecnología innovadora para crear texto y gráficos sensibles al tacto en tiempo real. Utiliza un material líquido inteligente que crea un tipo de relieves Braille, llamados “tixeles” o puntos inteligentes que reproducen textos en Braille en una pantalla, mapas o patrones geométricos usando tecnología de elevación de relieves que vuelven a descender cuando el texto cambia y también representan imágenes. Todo esto en tiempo real. Además de la navegación táctil, la tableta tiene salida de texto a voz y un teclado estilo Perkins que permite a niños y adultos disfrutar de

un libro, navegar por internet. Se espera que el dispositivo tenga un precio aproximado bajo los \$1000 [23]. Este dispositivo se muestra en la Figura 1.14.

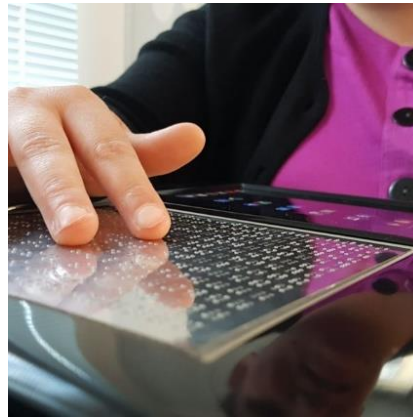


Figura 1.14. Tableta BLITLAB [23].

FingerReader, desarrollado por investigadores del MIT Media Lab, utiliza un algoritmo especialmente diseñado para reconocer palabras, que se envían a un programa con salida de audio del texto reconocido (ver Figura 1.15). Cuando la persona mueve el dedo por la página el dispositivo envía señales, ya sean por sonido o vibración para evitar cambios de renglón accidentales. En la etapa actual de desarrollo, el anillo debe estar conectado a una computadora que interprete y lea el texto, pero sus creadores ya están desarrollando una versión que también podría funcionar en un teléfono móvil [24].



Figura 1.15. FingerReader [24].

BecDot, es un juguete educativo que utilizará para introducir el sistema Braille a una edad temprana a los niños no videntes o a quienes se les ha diagnosticado una condición que eventualmente puede conducir a la ceguera (Figura 1.16). El dispositivo tiene cuatro celdas Braille que interactúan con las piezas con etiquetas NFC. El usuario lee una etiqueta programada con antelación que un cuidador o maestro puede colocar en un juguete como una pieza de letras, una vaca de plástico o cualquier tipo de figura. Cuando el niño coloque el juguete en el lector, el dispositivo mostrará el equivalente Braille del juguete en las cuatro celdas. El precio de este dispositivo será menor a los \$100,00 [25].



Figura 1.16. BecDot [25].

En la Figura 1.17 se indica BrailleNote Touch Plus que brinda una experiencia inmersiva en varios idiomas. El dispositivo tiene con una pantalla táctil única ideal para una comunicación interactiva entre estudiantes y profesores. Se puede ver videos de YouTube, leer y descargar libros, enviar correos electrónicos y comparte contenido en los servicios en la nube de Google Drive y Dropbox. Ofrece una manera muy natural de escribir Braille en una pantalla táctil, tan rápido como escribir con 10 dedos en un teclado. Acompañado de un diseño ergonómico la cubierta del teclado inteligente sirve perfectamente a la escritura Braille en niños. Su precio en el mercado es de \$5795,00 [26].



Figura 1.17. BrailleNote Touch Plus 32 [26].

1.2.7 Herramientas de software a emplear en el desarrollo de la propuesta

1.2.7.1 MIT App Inventor

Es un entorno de programación en línea, intuitivo y visual que permite crear aplicaciones para celulares Android, iPhone y tabletas Android/iOS, completamente gratuito. Esta herramienta computacional basada en bloques facilita la creación de aplicaciones complejas y de alto impacto en mucho menos tiempo que los entornos de programación tradicionales [27].

1.2.7.2 Android Studio

Es un ambiente desarrollo integrado (IDE) oficial para la creación de aplicaciones móviles para el sistema operativo Android, permite construir aplicaciones para cualquier dispositivo Android sea tableta, celular, entre otros. Maneja una licencia de software libre Apache 2.0, se encuentra programado en java y es multiplataforma. Entre sus herramientas incluye un editor de código, un emulador y elementos de prueba [28].

1.2.8 Elementos electrónicos

1.2.8.1 Sensor reflectivo QTR-1RC

Este sensor de reflectancia (véase Figura 1.18) mide el color de una superficie sólida, consiste en que un emisor (diodo) de corto alcance envíe señales infrarrojas, hacia la superficie

permanentemente, el receptor (fototransistor) ubicado en paralelo, recibe ese haz con distinta intensidad que depende si la superficie es oscura o clara [29].

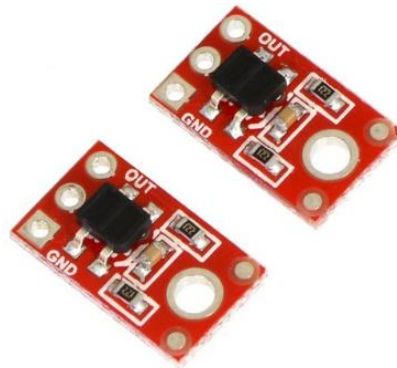


Figura 1.18. Sensor QTR-IRC [29].

Está compuesto por un solo LED infrarrojo (IR) y un par de fototransistores. Para utilizar este sensor, se carga el nodo de salida aplicando un voltaje al pin OUT (ver Figura 1.19). Posteriormente, se puede medir la reflectancia retirando el voltaje aplicado externamente en el pin OUT y midiendo cuánto tiempo tarda el voltaje de salida en decaer debido al fototransistor integrado. Si el tiempo de caída es más corto, esto indica una mayor reflexión.

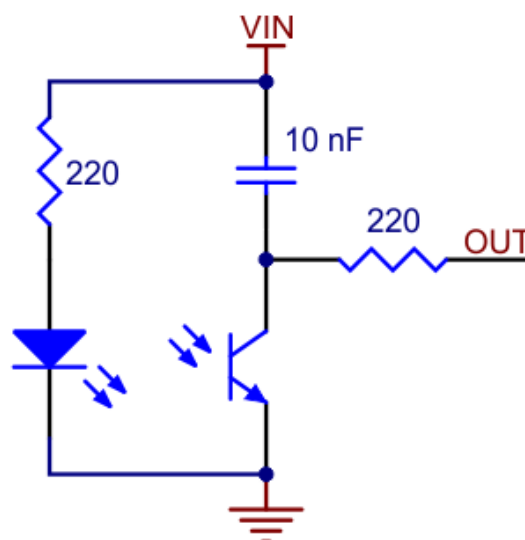


Figura 1.19. Sensor QTR-IRC [29].

2 CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Modelo de investigación

El desarrollo del presente trabajo de titulación se fundamenta en una investigación aplicada, puesto que se plantea resolver un problema concreto con una solución específica. Abarca también, el tipo de investigación de campo debido a que se recopilan datos en un centro especializado en la enseñanza del sistema en relieve por medio de la observación e interrogación [30].

Se lleva a cabo una investigación documental en donde se busca el acopio de información ya sea en libros, informes, trabajos de investigación que tengan relación con el tema de estudio [30]. De igual forma, se aborda también la investigación experimental, en vista de que se requiere documentar las pruebas de funcionamiento del dispositivo. Para describir los comportamientos y características del objeto de estudio se complementa por medio de la investigación descriptiva, en este caso se busca especificar las propiedades más importantes del dispositivo a desarrollar [31].

2.2 Diseño de la investigación

En esta sección se dan a conocer las actividades que se necesitan para cumplir con el desarrollo de los objetivos específicos, que a su vez llevan al progreso del dispositivo didáctico para la enseñanza del alfabeto del sistema Braille.

2.2.1 Determinación de las herramientas de software y hardware necesarias.

En esta etapa se obtiene la información necesaria para poder analizar, de mejor forma, el tema de estudio en donde se describen sus aspectos principales.

Actividad 1: “investigación relacionada con las características del sistema Braille”; esta actividad se realiza para conseguir información básica sobre los aspectos de lectura en Braille, como su alfabeto y sus diferentes tipos de combinaciones en las celdas.

Actividad 2: “investigación sobre los métodos de enseñanza Braille”; por medio de la investigación documental lo que se busca en esta actividad es conocer sobre los distintos métodos que se usan para enseñar Braille; posteriormente, analizarlos y determinar el método que se mejor se acople al desarrollo de esta investigación.

Actividad 3: “evaluación de los diferentes tipos de dispositivos para no videntes”; trata sobre una exploración de distintos tipos de dispositivos comerciales o por comercializar, en donde se analiza su funcionalidad, precio y eficacia.

Actividad 4: “investigación de las herramientas de software y hardware para el desarrollo del dispositivo”; mediante la revisión en páginas web y hojas de datos se analizan las características tanto de software y hardware para su posterior documentación.

2.2.2 Diseño del dispositivo de enseñanza de alfabeto del sistema Braille.

A partir de las especificaciones y selección de la mejor alternativa en esta etapa se pretende el desarrollo del dispositivo, culminando con la selección de materiales electrónico y también el diseño de su estructura.

Actividad 1: “elaboración de una entrevista sobre los requerimientos del dispositivo Braille”; con el objetivo de recopilar información sobre las diferentes necesidades del usuario.

Actividad 2: “planteamiento de las especificaciones del dispositivo”; se analiza la información recopilada de la actividad anterior, además, se establece características mecánicas y de funcionamiento que puede tener el dispositivo.

Actividad 3: “formulación de las alternativas de solución”; acorde al análisis planteado se propone dos alternativas como solución que satisfaga todas las especificaciones.

Actividad 4: “selección de la mejor alternativa”; usando una ponderación de criterios, en torno a este análisis se elige la alternativa que mejor se acople a las especificaciones del usuario, ya sea en materiales de construcción y en componentes electrónicos.

Actividad 5: “análisis de los componentes de la mejor alternativa”; se describen los componentes que tiene el dispositivo acorde a la alternativa seleccionada.

Actividad 6: “modelamiento de la estructura del dispositivo mediante software”; con la ayuda de software para modelado 3D, en esta actividad se pretende diseñar la estructura del dispositivo.

2.2.3 Construcción del dispositivo acorde al diseño planteado.

Con la etapa de diseño finalizada, se procede a la construcción del dispositivo por medio de diferentes procesos de prototipado para la estructura y de igual forma implementando el material electrónico en conjunto.

Actividad 1: “construcción de la estructura y demás partes del dispositivo”; se procede a la fabricación de la estructura por medio de procesos mecánicos, además, se ensambla los elementos electrónicos para su posterior programación.

Actividad 2: “desarrollo de la programación para el controlador”; se programa el controlador, el cual está conectado a sensores y actuadores que trabajan en conjunto para su correcto funcionamiento.

Actividad 3: “desarrollo de la programación de la aplicación móvil”; se programa el controlador, el cual está conectado a sensores y actuadores que trabajan en conjunto para su correcto funcionamiento. Además, se realiza el diseño y programación de la aplicación móvil

Actividad 4: “prueba de los elementos electrónicos con su programación”; se realiza una prueba de la programación en conjunto con los elementos electrónicos, con la finalidad de certificar el desempeño de estos elementos.

Actividad 5: “ensamble de la parte electrónica con la estructura”; a través del uso de diferentes tipos de sujeción, se acoplan todos los componentes electrónicos dentro de la estructura del prototipo.

Actividad 6: “elaboración de planos de la estructura”; se realizan los planos de la estructura previamente modelada por software.

2.2.4 Validación del prototipo.

La validación se desarrolla con la puesta en marcha del dispositivo registrando todos sus resultados.

Actividad 1: “pruebas de funcionamiento con la ayuda de la presidenta de la asociación de no videntes de Imbabura”; se ejecutan pruebas para verificar el funcionamiento del dispositivo.

Actividad 2: “correcciones de funcionamiento en caso de ser necesario”; con la retroalimentación de las pruebas realizadas se proceden a hacer correcciones que garanticen un mejor funcionamiento del prototipo.

3 CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para el desarrollo de este capítulo, se inicia abordando las especificaciones del prototipo que son necesarias con la finalidad de construir del dispositivo para enseñar el alfabeto Braille. También, se presentan las alternativas de solución en donde, a partir de restricciones y demás criterios de diseño, se realiza la selección de la propuesta que más se acople a las especificaciones ya establecidas.

Más adelante, se lleva a cabo un análisis de los componentes que conforman la mejor alternativa; describiendo cada uno de los elementos del sistema diseñado. De igual forma, se continua con la elaboración de la estructura del dispositivo y la programación de los elementos electrónicos. Para finalizar, se muestran los resultados obtenidos, proceso de construcción y validación del prototipo.

3.1 Especificaciones del sistema

A continuación, en la Tabla 3.1 se muestran los criterios del usuario a través de un análisis cualitativo, obtenido por medio de una entrevista. Estos criterios sirven para la correcta selección de las alternativas de solución, además permiten el funcionamiento óptimo del dispositivo.

Tabla 3.1. Criterios del usuario.

Criterios	Descripción
Liviano	Que sea de bajo peso tanto como una computadora portátil (1 a 2.5kg)
Sencillo	Que sea fácil de usar
Portátil	Que tenga la capacidad de transportarse fácilmente
Rápido reconocimiento	Que sea capaz de reconocer rápida y eficazmente las letras Braille
Económico	Que sea de bajo costo (menor a \$300)
Seguro	Que ofrezca seguridad a la hora de manipularlo
Resistente	Que las piezas modulares Braille sean robustas

La Tabla 3.2 indica un análisis estadístico, en donde se evalúa el grado de importancia de los criterios; se toma una calificación de prioridad de 3, 5, 9 siendo baja, media y alta respectivamente. También, se define un orden de prioridad para reconocer de mejor manera

que criterio es el de mayor importancia, en este caso el criterio “sencillo” es el de mayor importancia.

Tabla 3.2. Ponderación de los criterios.

Prioridad	Criterio	Entrevistados					Total	Porcentaje	Peso Ponderado
		1	2	3	4	5			
1	Sencillo	9	9	5	5	9	37	18.41	7.40
2	Económico	9	9	9	5	3	35	17.41	7.00
3	Resistente	9	5	5	5	9	33	16.42	6.60
4	Seguro	5	5	9	5	9	33	16.42	6.60
5	Portátil	9	5	5	3	3	25	12.44	5.00
6	Liviano	5	3	5	3	5	21	10.45	4.20
7	Rápido reconocimiento	3	3	3	5	3	17	8.46	3.40

3.2 Planteamiento de alternativas de solución

Por medio de los criterios planteados en la sección 3.1 se proponen dos alternativas que van a satisfacer las necesidades del usuario.

Debido a que el dispositivo se asemeja a los equipos propuestos en la sección 1.1 del tipo modular para las letras Braille (ver Figura 3.1). Ambas alternativas de solución tienen el propósito de dar lectura a los mismos módulos con algunas variantes en sus dimensiones para el anclaje.

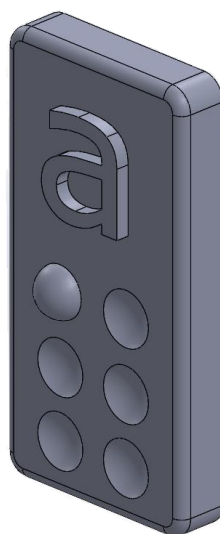


Figura 3.1. Módulo con la letra en Braille

Además, para la selección de la propuesta se plantea analizar solamente el tipo de anclaje de la estructura y componentes electrónicos para la lectura de un solo módulo, esto se lo realiza con el fin de agilizar el proceso de selección.

3.2.1 Primera propuesta de solución

Esta propuesta tiene un total de cinco piezas. En la Figura 3.2 se puede observar la vista isométrica de la alternativa.

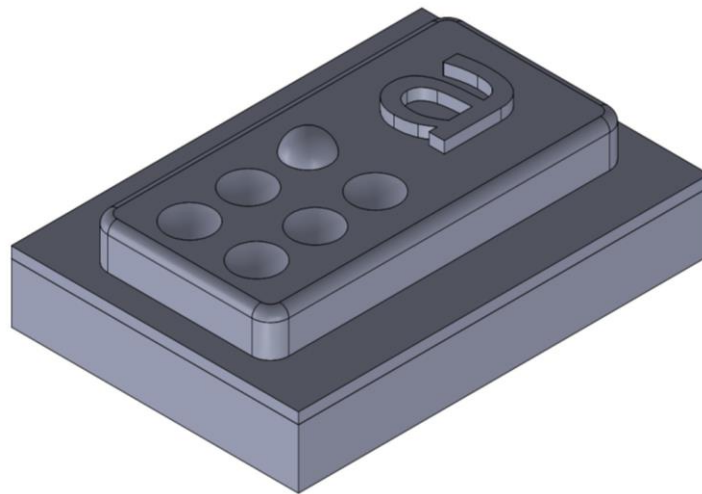


Figura 3.2. Vista isométrica de la primera propuesta.

El dispositivo cuenta con un módulo Braille (1) grabado una letra en alto relieve y en la parte inferior la correspondiente simbología en lenguaje Braille. Además, tiene en la parte posterior extrusiones simétricas a las de la cara superior de la simbología Braille, este módulo se fija en la tapa (2) del dispositivo el cual tiene unos orificios en donde encajan con las extrusiones de la parte inferior del módulo. Entre la tapa y la base (3) del dispositivo se encuentran los sensores de reflectancia QTR 1RC (4) que van a realizar la lectura de los módulos para identificar que letra se encuentra alojada. Para la sujeción de los sensores se utilizan tornillos M2x4 (5). Todas sus partes se las pueden observar en la Figura 3.3.

En la Tabla 3.3 se presenta una lista de piezas que forman parte de la primera alternativa de solución.

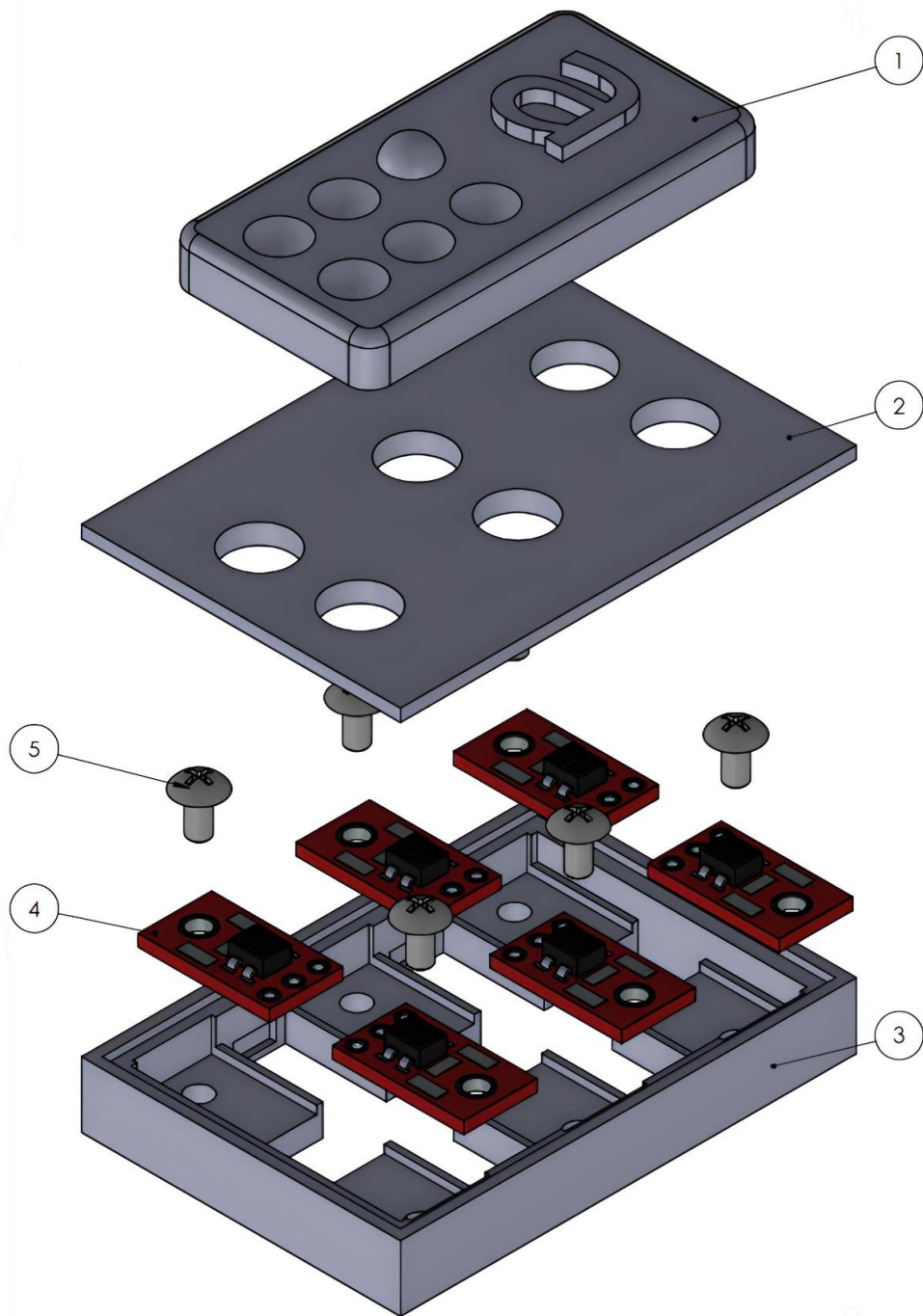


Figura 3.3. Vista explosionada de la propuesta.

Tabla 3.3. Lista de piezas de la primera propuesta

N° de elemento	Descripción	Cantidad
1	Módulo Braille	1
2	Tapa	1
3	Base	1
4	Sensores QTR 1RC	6
5	Tornillo M2x4	6

Para el manejo de este dispositivo, se debe colocar el módulo Braille que se muestra en la Figura 3.4, en donde las extrusiones deben encajar en las perforaciones de la tapa. Posterior a eso, los sensores realizan la correspondiente lectura midiendo los valores de reflectancia. Para resumir, los valores serán bajos si se encuentra la presencia de una extrusión del módulo Braille; por el contrario, altos si no existe alguna extrusión.

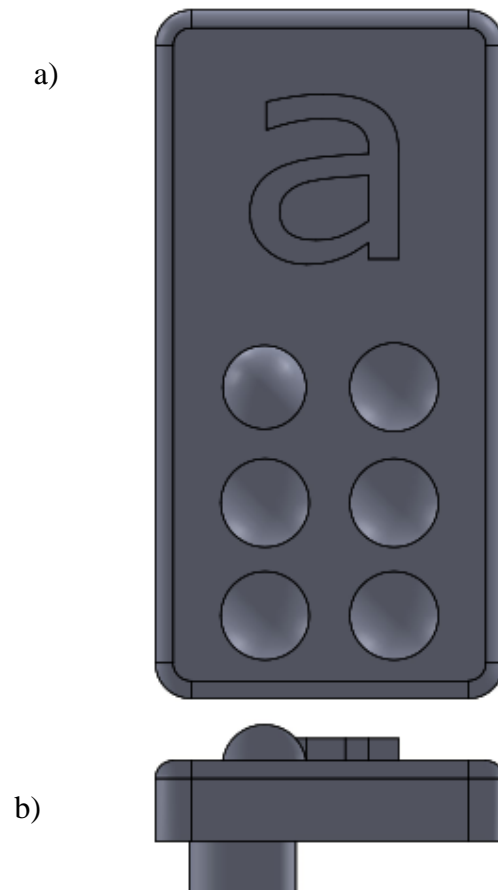


Figura 3.4. Módulo Braille primera alternativa; (a) vista superior, (b) vista frontal.

3.2.2 Segunda propuesta de solución

La estructura que compone el lector de módulos para las letras presenta un tipo de acople “snap fit” o ajuste a presión que se refiere a un tipo de sujeción (ver Figura 3.5), que puede estar de forma constante en ensamble y desacople; usado con el objetivo de disminuir costos en elementos de sujeción [32].

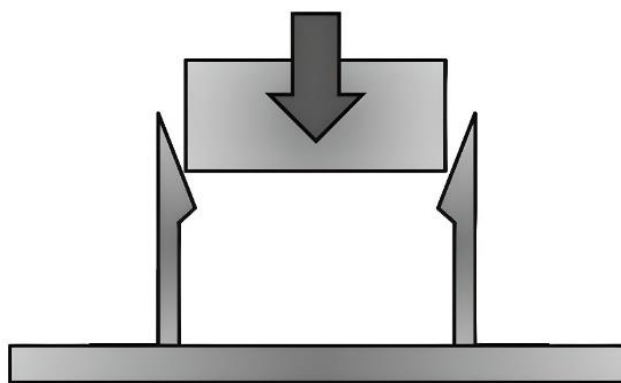


Figura 3.5. Acople "snap fit" [32].

Esta propuesta está conformada por seis piezas, en la Figura 3.6 se puede ver de forma general el dispositivo.

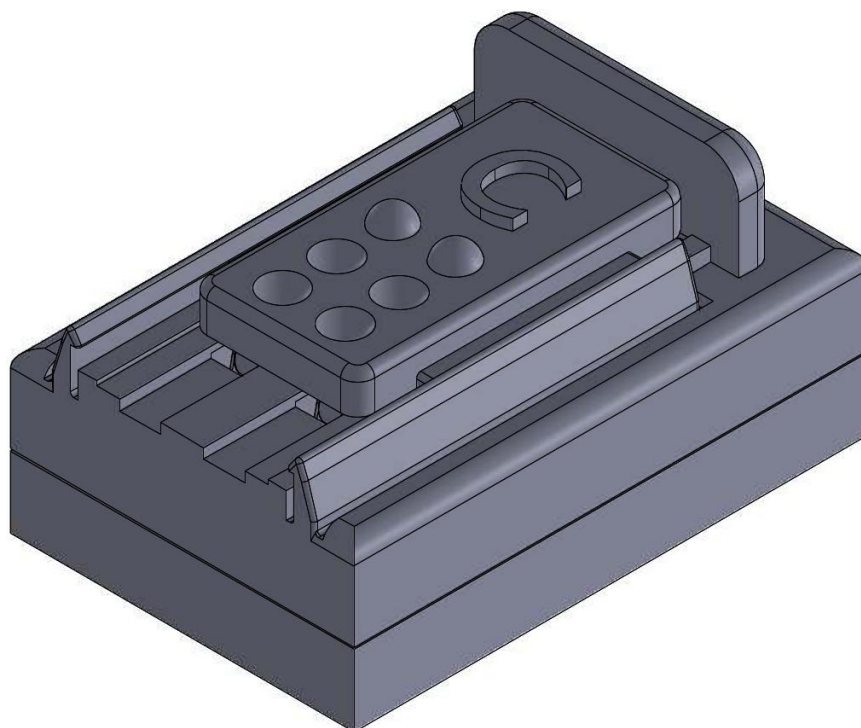


Figura 3.6. Vista isométrica de la segunda propuesta

Su estructura se encuentra constituida por un porta módulos (2), en donde se encuentra el tipo de acople "snap fit", por medio de presión se fijan los módulos Braille (1), los cuales tienen grabadas en la parte superior una letra en alto relieve y simbología Braille en la parte de abajo. Además, tienen a los lados extrusiones laterales para realizar su correcto anclaje. Los finales

de carrera (3) se alojan en unos orificios que se encuentran entre el porta módulos y la base (4). La sujeción, entre las dos piezas antes mencionadas, se realiza por medio de tornillos M2 (5) y sus correspondientes tuercas (6). Todas sus partes se detallan en la Figura 3.7.

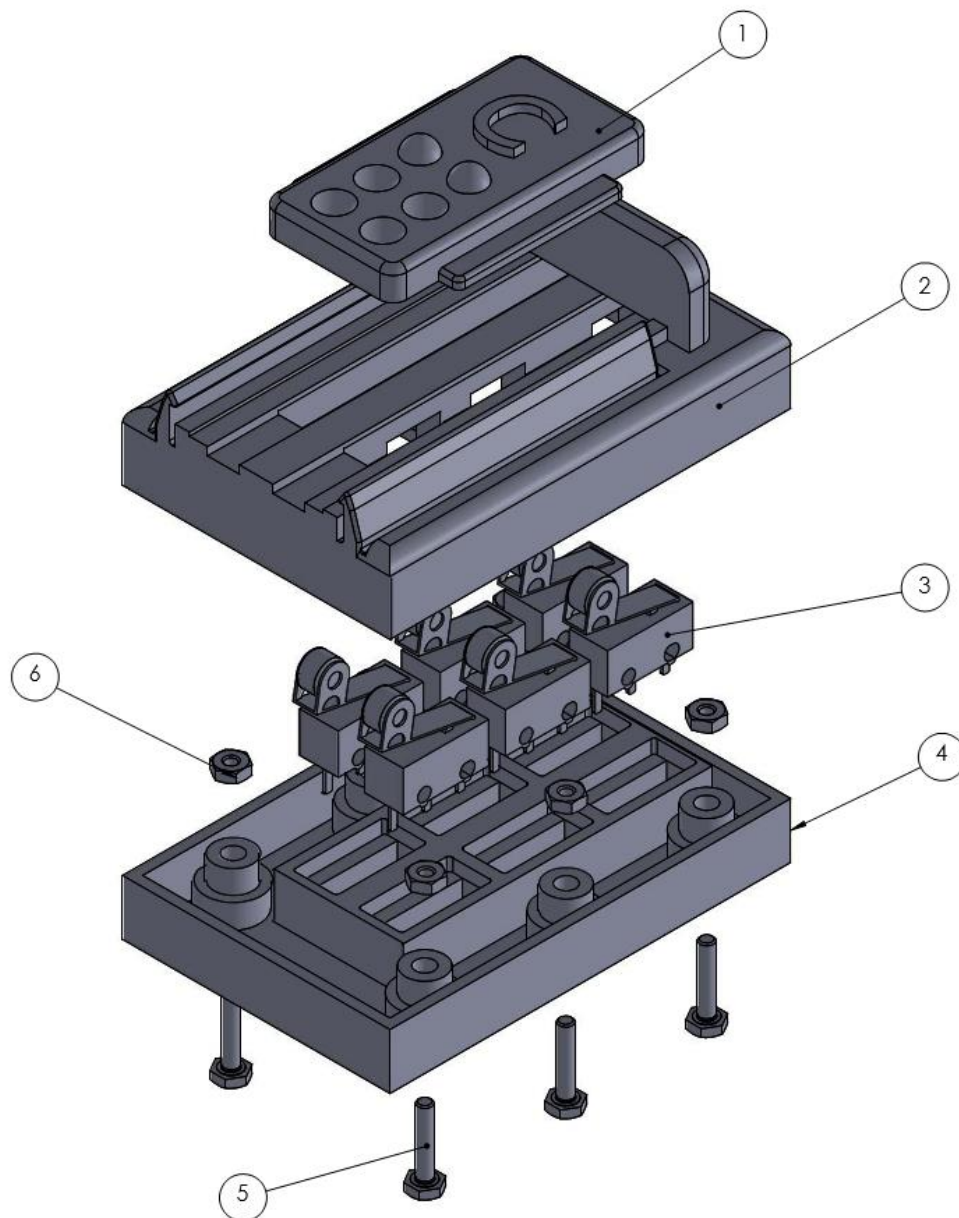


Figura 3.7. Vista explosionada de la propuesta.

En la Tabla 3.4 se presenta la lista de piezas que forman parte de la segunda alternativa de solución.

Tabla 3.4. Lista de piezas de la segunda propuesta

N° de elemento	Descripción	Cantidad
1	Modulo Braille	1
2	Porta módulos	1
3	Final de carrera	6
4	Base	1
5	Tornillo M2x10	6
6	Tuerca Hexagonal M2	6

Para el funcionamiento de esta propuesta, en primer lugar, se acopla el módulo Braille en el dispositivo ejerciendo presión para anclarlo. La lectura de cada letra es dada por medio de unas extrusiones ubicadas en la parte posterior del módulo Braille (ver Figura 3.8b), que al entrar en contacto con los finales de carrera estos se accionan y representan un 1 o 0 lógico dependiendo de la programación de los finales de carrera.

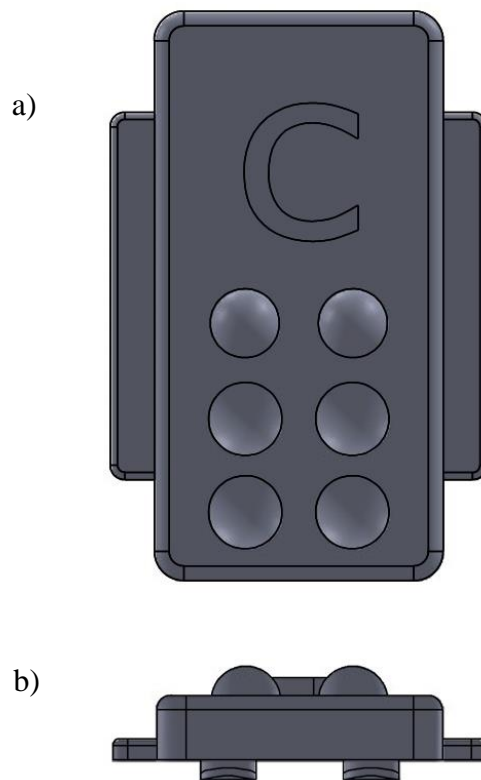


Figura 3.8. Módulo Braille segunda alternativa; (a) vista superior, (b) vista frontal.

3.3 Selección de la mejor propuesta

Por medio de una ponderación de criterios, se determina la mejor alternativa de solución que satisface los requerimientos del usuario que se encuentran detallados en la Tabla 3.1 en donde se usa la nomenclatura descrita en la Tabla 3.5 para referirse a cada criterio.

Tabla 3.5. Nomenclatura para los criterios.

Nomenclatura	Criterio
C1	Sencillo
C2	Económico
C3	Resistente
C4	Seguro
C5	Portátil
C6	Liviano
C7	Rápido reconocimiento

Con la ayuda de una matriz de criterios, que se presenta en la Tabla 3.6, en el cual se está realizando una comparación entre cada uno de los criterios, para determinar su grado de importancia relacionándolos entre sí. Se establece un valor de uno si el criterio de la columna es más importante que el criterio de la fila, un valor de cero si es lo contrario y un valor 0.5 si se considera que su grado de relevancia es igual. Para esto se toman en cuenta los valores de la ponderación de la Tabla 3.2.

Tabla 3.6. Comparación de los criterios.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	$\sum +1$	Ponderación
C1	-	1	1	1	1	1	1	7	0.25
C2	0	-	1	1	1	1	1	6	0.22
C3	0	0	-	0.5	1	1	1	4.5	0.16
C4	0	0	0	-	1	1	1	4	0.15
C5	0	0	0	0	-	1	1	3	0.11
C6	0	0	0	0	0	-	1	2	0.07
C7	0	0	0	0	0	0	-	1	0.04
	Total							27.5	1

Después, se realiza una comparación de cada uno de los criterios con las dos propuestas planteadas. En la Tabla 3.7 se relaciona el criterio “sencillo” con las alternativas usando la misma valoración de la Tabla 3.6. Este aspecto radica en la manera de la utilización del dispositivo, siendo esta característica de gran relevancia debido a que esto supone que el usuario se vea tentado en seguir manipulando el equipo o en el caso de que fracase, implica que el uso del dispositivo en infantes genere frustración y el abandono de este.

Tabla 3.7. Comparación del criterio sencillo.

Sencillo	Alternativa 1	Alternativa 2	\sum +1	Ponderación
Alternativa 1	-	1	2	0.67
Alternativa 2	0	-	1	0.33
	Total		3	1.00

De igual forma, en la Tabla 3.8, se relaciona el correspondiente criterio presentado con ambas alternativas, en el cual se llega a concluir que para el criterio “económico” la alternativa dos es la mejor opción. Uno de los puntos claves para el desarrollo de esta investigación es el precio al ser desarrollado para un centro pedagógico sin fines de lucro, es fundamental que su precio sea relativamente inferior en comparación a los dispositivos comerciales que se han presentado en la sección 1.2.6.

Tabla 3.8. Comparación del criterio económico.

Económico	Alternativa 1	Alternativa 2	\sum +1	Ponderación
Alternativa 1	-	0	1	0.33
Alternativa 2	1	-	2	0.67
	Total		3	1

La Tabla 3.9 evidencia la comparación con las propuestas de solución para realizar la ponderación, en la categoría “resistente” ambas propuestas cumplen esta función. Esta característica está fundamentada, debido a que este dispositivo es de manipulación continua y

se basa principalmente en el tacto, es así como debe ser robusto para que no sufra cualquier daño mientras se lo está manipulando.

Tabla 3.9. Comparación del criterio resistente.

Resistente	Alternativa 1	Alternativa 2	\sum +1	Ponderación
Alternativa 1	-	0.5	1.5	0.50
Alternativa 2	0.5	-	1.5	0.50
	Total		3	1.00

La portabilidad del dispositivo corresponde a las dimensiones que va a ocupar el prototipo y se restringe al tamaño de una computadora portátil. Con respecto a las dos propuestas cumplen de igual forma (ver Tabla 3.10).

Tabla 3.10. Comparación del criterio portátil.

Portátil	Alternativa 1	Alternativa 2	\sum +1	Ponderación
Alternativa 1	-	0.5	1.5	0.50
Alternativa 2	0.5	-	1.5	0.50
	Total		3	1.00

Tiene que ver también con el anterior criterio el prototipo debe ser liviano para que al moverlo no genere ningún tipo de incomodidad con respecto a su peso se restringe de 1 a 2,5kg. La Tabla 3.12 muestra los resultados de esta comparación.

Tabla 3.11. Comparación del criterio liviano.

Liviano	Alternativa 1	Alternativa 2	\sum +1	Ponderación
Alternativa 1	-	1	2	0.67
Alternativa 2	0	-	1	0.33
	Total		3	1.00

El rápido reconocimiento tiene que ver con la forma de lectura de cada propuesta y su precisión. La alternativa Nro. 1 es más confiable, como indica la Tabla 3.12 debido a que usa sensores, los cuales detectan con mejor precisión los módulos Braille insertados, en

comparación la alternativa Nro. 2 que usa finales de carrera que dependen de la presión que se genera con las extrusiones del módulo Braille y esto con el constante uso puede verse afectado.

Tabla 3.12. Comparación del criterio rápido reconocimiento.

Rápido reconocimiento	Alternativa 1	Alternativa 2	\sum +1	Ponderación
Alternativa 1	-	1	2	0.67
Alternativa 2	0	-	1	0.33
	Total		3	1.00

Finalmente, en la

Tabla 3.13 se presenta un resultado siendo la alternativa 1 la más viable y que puede satisfacer

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	Ponderación
Alternativa 1	0.25*0.67	0.22*0.33	0.16*0.50	0.15*0.50	0.11*0.50	0.07*0.67	0.04*0.67	0,52
Alternativa 2	0.25*0.33	0.22*0.67	0.16*0.50	0.15*0.50	0.11*0.50	0.07*0.33	0.04*0.33	0,48

el problema planteado con un resultado del 52%.

Tabla 3.13. Selección de la mejor alternativa

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	Ponderación
Alternativa 1	0.25*0.67	0.22*0.33	0.16*0.50	0.15*0.50	0.11*0.50	0.07*0.67	0.04*0.67	0,52
Alternativa 2	0.25*0.33	0.22*0.67	0.16*0.50	0.15*0.50	0.11*0.50	0.07*0.33	0.04*0.33	0,48

3.4 Características del sistema

En este apartado se detallan materiales, dimensiones y el funcionamiento de los elementos que conforman el prototipo.

En la Figura 3.9 se muestra una vista isométrica de la solución desarrollada en este tema de investigación. El dispositivo didáctico de enseñanza Braille se divide en dos secciones para su óptima apreciación de elementos; siendo, estos un sistema superior y un sistema inferior.

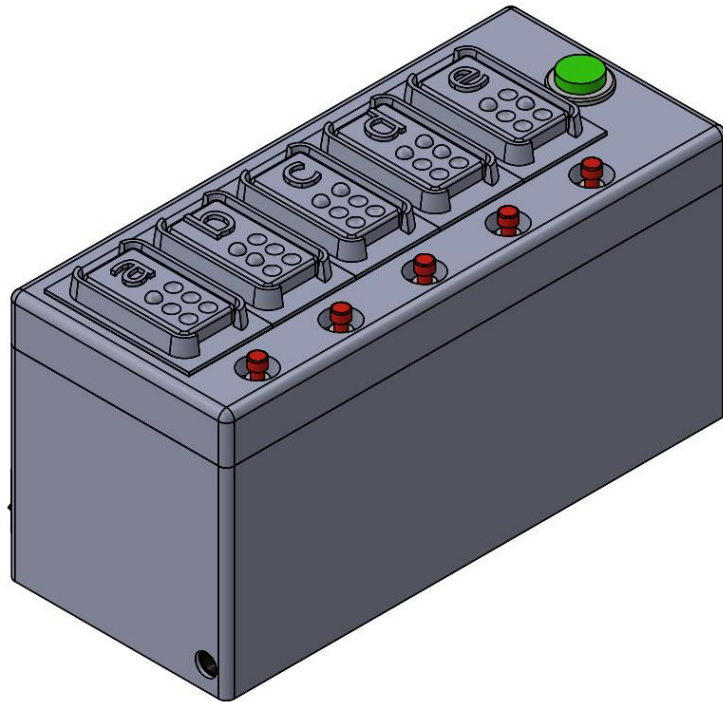


Figura 3.9 Dispositivo Braille.

El sistema superior (ver Figura 3.10) se constituye por materiales electrónicos, elementos de sujeción, partes estructurales y modulares, descritos en la Tabla 3.14. Este sistema forma parte de la interfaz de manipulación del usuario, en donde se encuentran los módulos de lectura que son la parte principal del funcionamiento del dispositivo y también pulsadores de accionamiento.

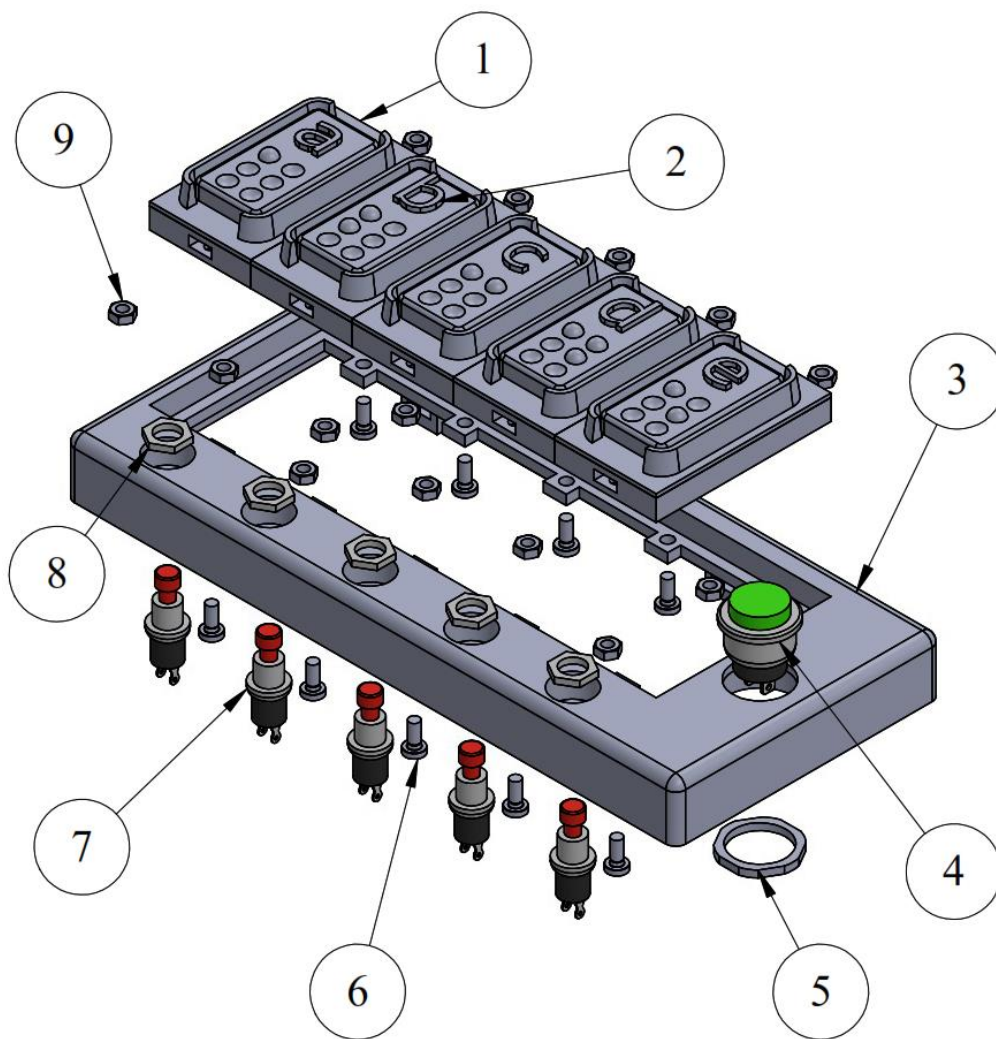


Figura 3.10. Vista explosionada del sistema superior.

Tabla 3.14. Listado de piezas del sistema superior.

N° de elemento	Descripción	Cantidad
1	Módulo de lectura	5
2	Módulo braille	5
3	Estructura superior	1
4	Pulsador redondo abierto	1
5	Tuerca para pulsador	1
6	Tornillo M3x6	10
7	Pulsador mini redondo abierto	5
8	Tuerca para pulsador mini	5
9	Tuerca hexagonal M3	14

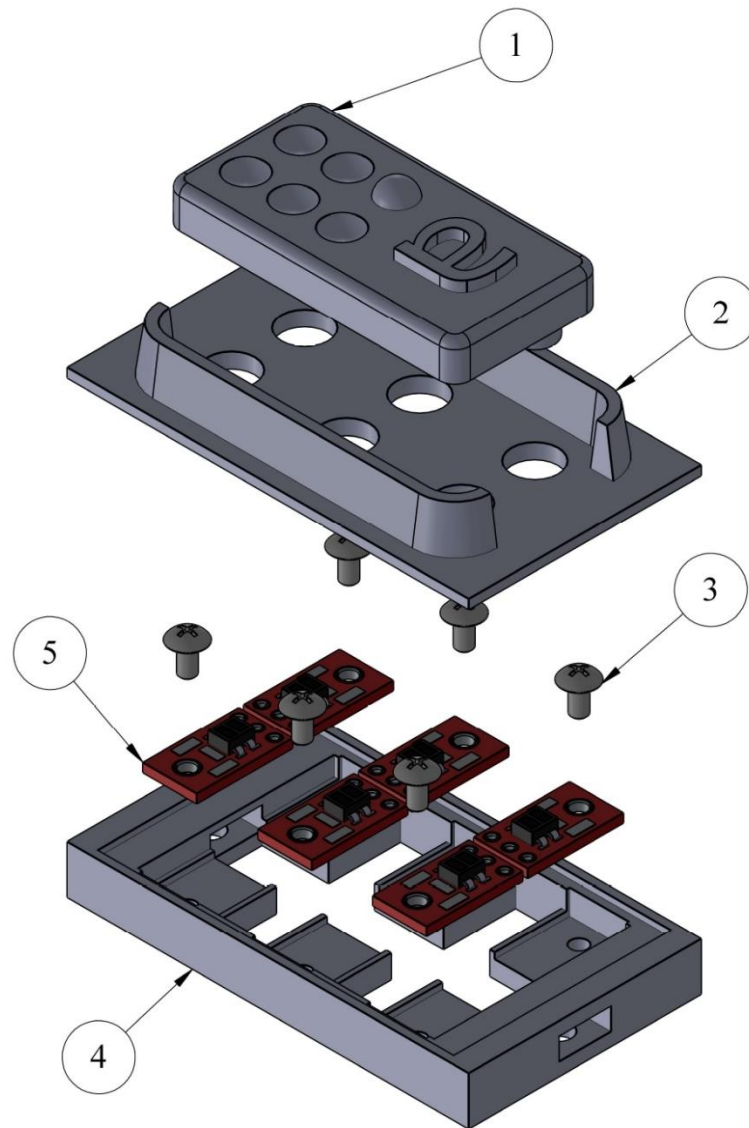


Figura 3.11. Vista en explosión del módulo de lectura

El módulo de lectura presentado en la Figura 3.11 se compone de los elementos detallados en la Tabla 3.3 con modificaciones de funcionamiento en la tapa (2) y para su ensamble en la base (3).

Del mismo modo, el sistema inferior que se indica en la Figura 3.12 está formado por elementos estructurales, electrónicos y de sujeción detallados en la Tabla 3.15. En términos generales, se encuentran presentes elementos de control y comunicación además de una fuente de alimentación para el dispositivo.

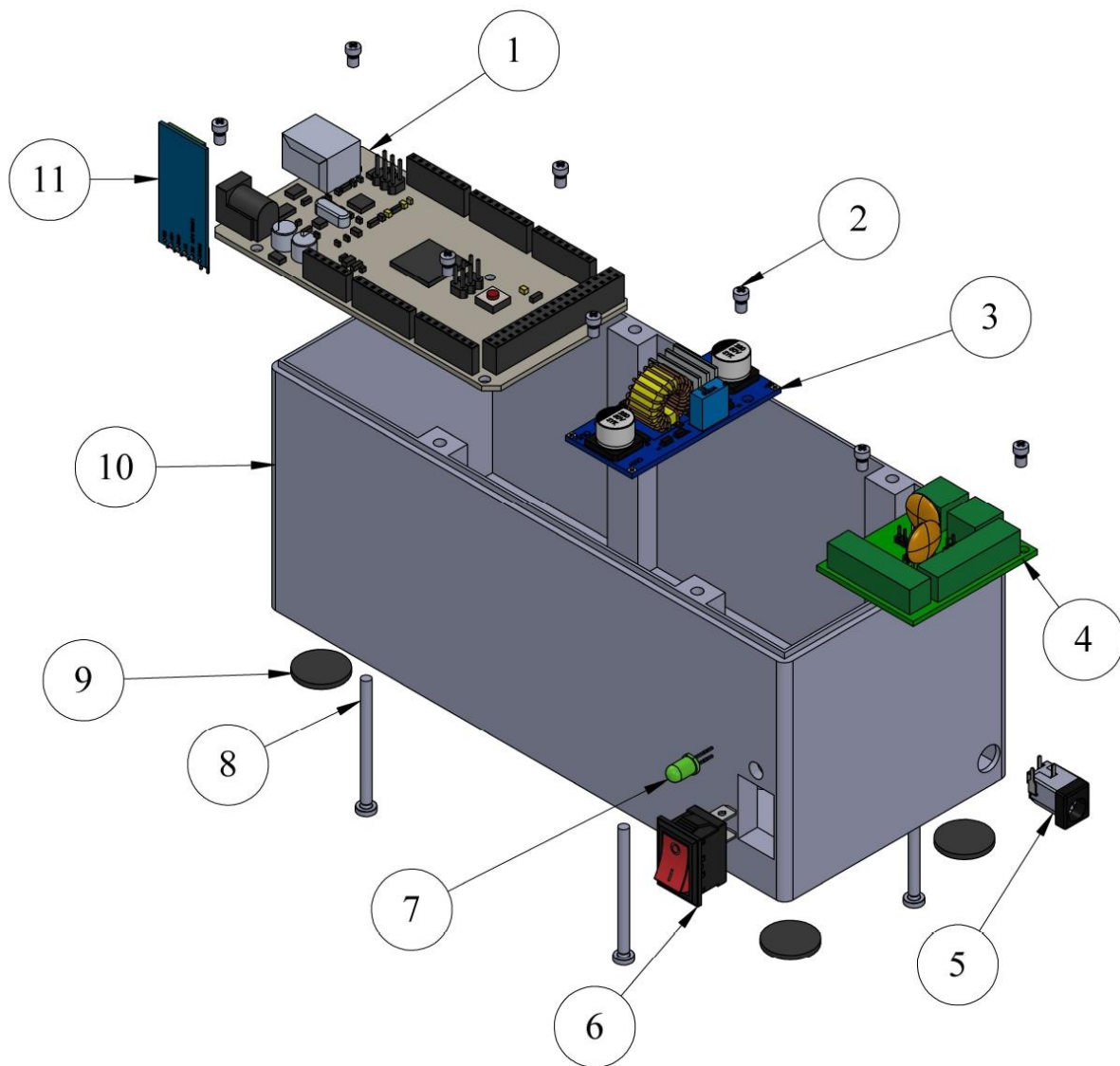


Figura 3.12. Vista explosionada del sistema inferior.

Tabla 3.15. Listado de piezas del sistema inferior.

Nº de elemento	Descripción	Cantidad
1	Arduino Mega	1
2	Tornillo M3x4	8
3	Módulo reductor de voltaje 5A XL4015	1
4	Fuente de alimentación	1
5	Conector jack DC-005 para Arduino	1
6	Interruptor basculante KCD1	1
7	Led verde 3mm	1
8	Tornillo M3x40	4
9	Patas de goma	4
10	Estructura inferior	1
11	Módulo bluetooth HC-06	1

3.5 Selección del microcontrolador

Para la selección de un microcontrolador es necesario tomar en cuenta su capacidad de procesamiento y también el número de entradas digitales que el dispositivo requiere. Las características principales que requiere el dispositivo se encuentran resumidas en la Tabla 3.16.

Tabla 3.16. Características necesarias del microcontrolador

Características	Descripción
Pines digitales	El dispositivo requiere 38 pines digitales
Memoria	El espacio del almacenamiento del programa es de 17224 bytes
Precio	Se recomienda el menor precio del mercado

En base a las características previamente planteadas, se proponen dos microcontroladores que pueden solventar dichas necesidades y esto se detalla en la Tabla 3.17.

Tabla 3.17. Análisis de los microcontroladores

Características	Arduino Mega	Raspberry pi zero
Número de pines digitales	54	40
Memoria	256 kB	512 MB
Precio	\$ 25	\$55

De acuerdo con la información encontrada, se determina que el microcontrolador que se adapta de mejor forma a las características presentadas es el Arduino Mega, siendo una de sus mayores ventajas el precio y también la facilidad de programación.

3.6 Selección de la interfaz de comunicación

Se necesita realizar un medio de comunicación entre el dispositivo y el teléfono móvil, en este caso se plantea usar comunicación bluetooth. Con la previa selección del microcontrolador en el mercado existen dos tipos de módulos bluetooth, en la Tabla 3.18 se muestran las características de ambos.

Tabla 3.18. Características de los módulos bluetooth.

Características	HC-05	HC-06
Voltaje de Operación	3.6 VDC a 6 VDC	
Consumo Corriente	30 mA a 50mA	
Función	Maestro - esclavo	esclavo
Precio	\$ 7.15	\$6.70

A pesar de ser los dos módulos bluetooth muy semejantes en sus características técnicas, en lo que más se diferencian radica en su funcionalidad y precio. Con los datos recopilados, se llega a la conclusión de que el módulo HC-06 es el más apropiado siendo su factor principal el precio.

3.7 Selección del software para la aplicación móvil

Para el diseño de la aplicación móvil se tiene dos opciones, las cuales son introducidas en el apartado 1.2.7. La Tabla 3.19, detalla ventajas y desventajas con respecto a las dos alternativas de desarrollo presentes.

Tabla 3.19. Comparación de entornos de desarrollo de aplicaciones móviles.

Características	Ventajas	Desventajas
	A la hora de crear aplicaciones es intuitivo y gráfico.	No genera código Java para llevar a cabo eventuales actualizaciones con más profundidad.
MIT App Inventor	No se debe tener conocimientos previos extensos en la programación.	Es poco flexible a la hora de realizar futuros cambios como lo hace por ejemplo el código Java.
	Se puede acceder a la aplicación por medio de internet en cualquier momento.	Tiene limitaciones para desarrollar aplicaciones complejas.
	Se encuentra todo lo que se necesite en un IDE.	Puede resultar muy complejo sin conocimientos de programación.
Android Studio	Integración con GitHub y plantillas de código para ayudar a compilar funciones e importar código de muestra	Este programa requiere de una gran cantidad de recursos.
	Herramientas de Lint para identificar problemas de rendimiento.	Puede provocar inestabilidad con proyectos de diferentes versiones.

De acuerdo con los aspectos previamente detallados se plantea hacer el uso del entorno de desarrollo Android Studio, debido a que este entorno es de carácter profesional que ofrece gran cantidad de librerías, mayor personalización y permite un mayor control sobre las funciones y el diseño de la aplicación.

3.8 Diseño del dispositivo didáctico

3.8.1 Estructura superior

El material que se usa para construir la estructura superior (3) que se observa en la Figura 3.13 se denomina ácido paraláctico (PLA) y se usa como material de construcción en impresión 3D. Este modelo presenta orificios para el acople de cinco pulsadores mini abiertos, un pulsador redondo abierto y perforaciones en donde encajan tuercas y tornillos para su sujeción, además de una sección hueca para el ensamble de los cinco módulos de lectura (1). Las dimensiones de esta pieza son 187.4 mm de largo, 81.64 mm de ancho y 17.4 mm de alto.

En la Tabla 3.20 se resumen las características del PLA usado en la construcción de la estructura.

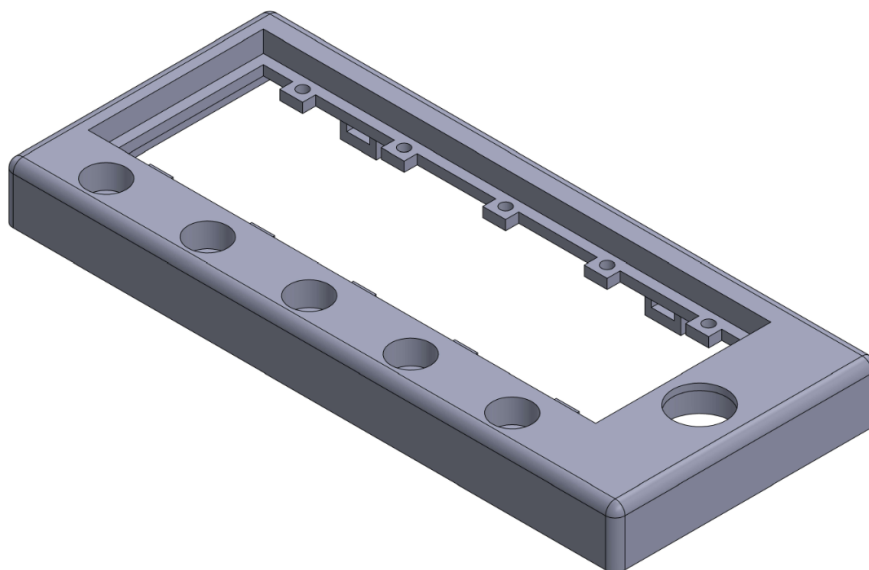


Figura 3.13. Estructura superior.

Tabla 3.20. Propiedades del PLA [33].

Propiedad física	Valor típico
Densidad	1.23[g/cm ³]
Resistencia a tracción	63[MPa]
Resistencia a flexión	74[MPa]
Resistencia al impacto	9[kJ/m ²]
Módulo de elasticidad	1973[MPa]
Temperatura de deformación	53[°C]

3.8.2 Módulo de lectura

El módulo de lectura que forma parte del sistema superior está compuesto por tres piezas que son: base (Figura 3.14), tapa (Figura 3.15) y módulos Braille (Figura 3.4). Se fija en la estructura superior a través de dos agujeros en sus partes laterales en donde caben tuercas para tornillos M3.

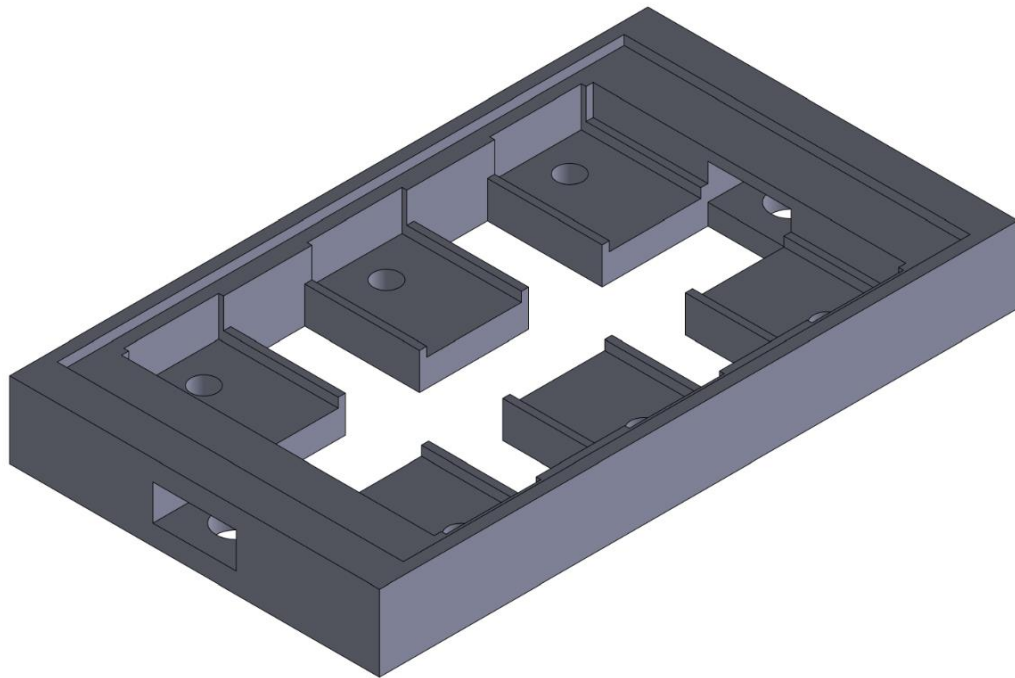


Figura 3.14. Base del módulo de lectura

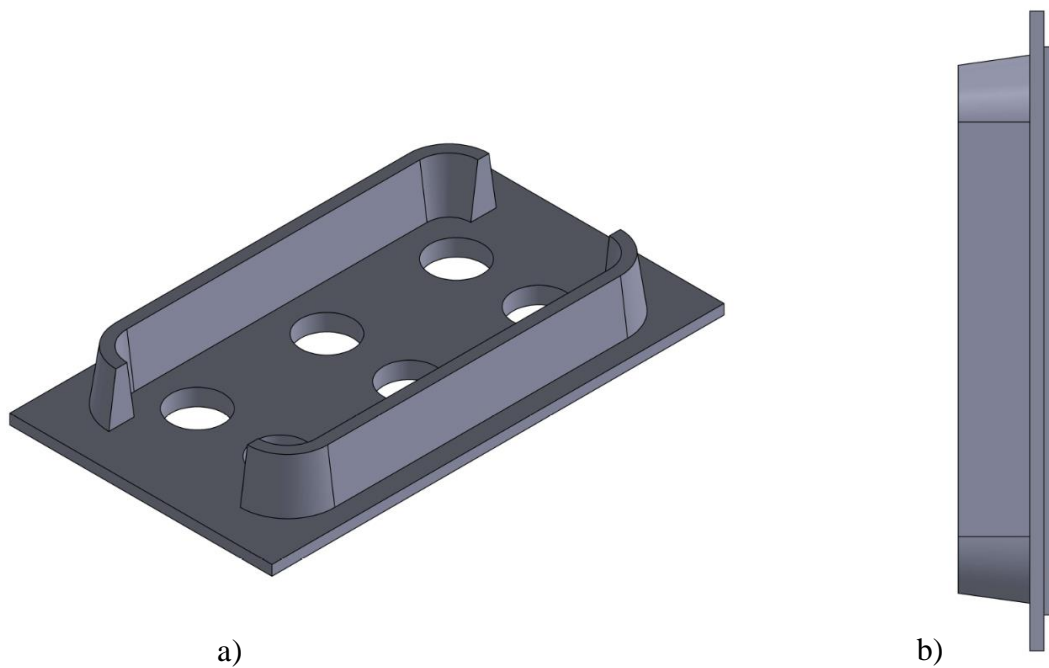


Figura 3.15. Tapa del módulo de lectura; (a) vista isométrica, (b) vista lateral.

La función que desempeña consiste en alojar los sensores QTR 1RC por medio de tornillos M2, sirviendo como soporte para que estos elementos electrónicos detecten la presencia de las extrusiones de los módulos Braille ingresados. Además, tanto los módulos como su base y tapa se construyen a base de impresión 3D en PLA.

Para realizar el diseño de los módulos Braille se tomaron aspectos importantes sobre la lectura Braille descritos en la sección 1.2.3 y sus dimensiones están realizadas para desarrollar las destrezas necesarias detalladas en la sección 1.2.4. De esta forma que se plantea tener en la parte superior del módulo la letra en alto relieve y en la parte de abajo su correspondiente simbología Braille.

4.1.1 Estructura inferior

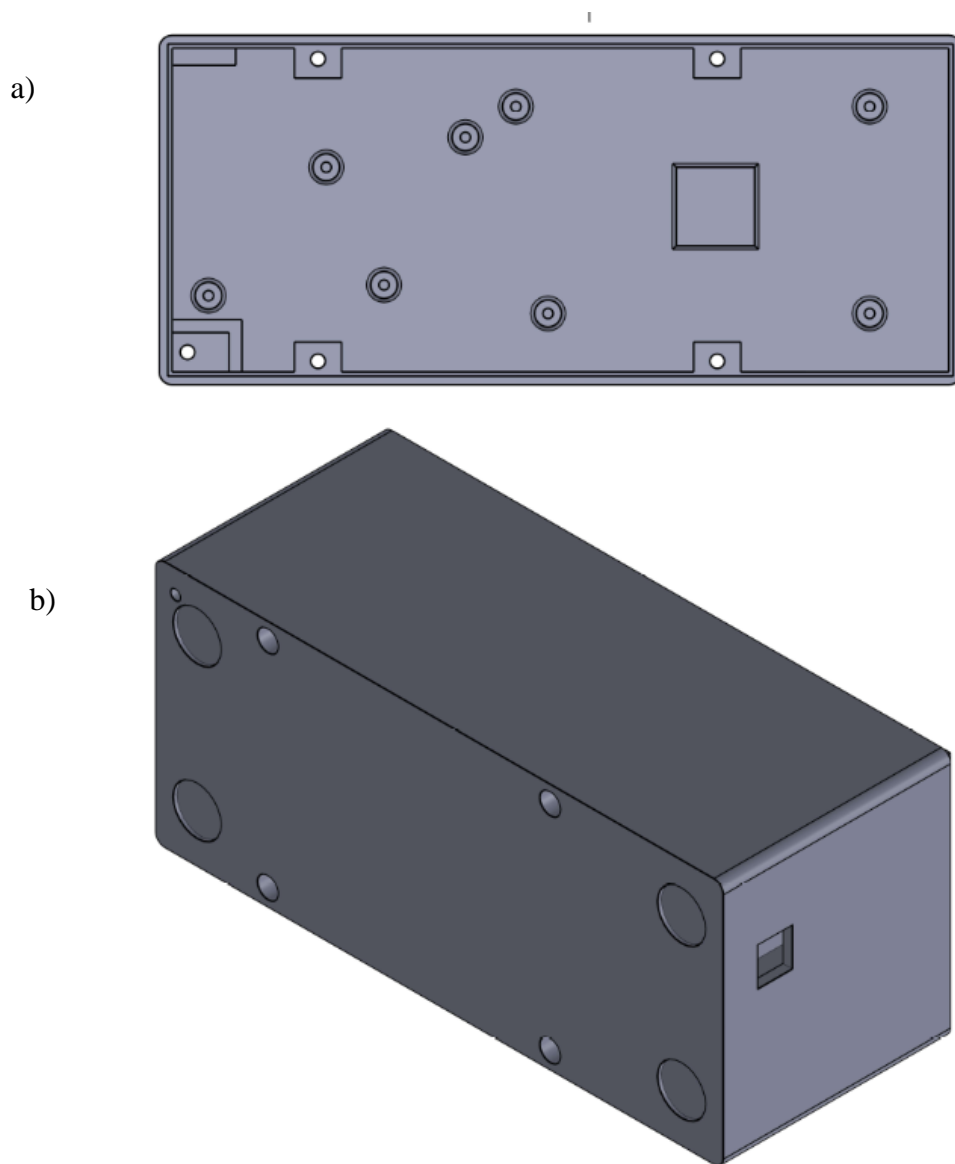


Figura 3.16. Estructura inferior; (a) vista superior, (b) vista proyectada inferior.

Fabricada en PLA por medio de impresión 3D, en esta pieza encajan los elementos de control y alimentación del dispositivo (ver Figura 3.17). Cuenta con perforaciones para un puerto USB estándar tipo B, un conector jack de 5.5 mm, un led de 3mm y un interruptor basculante KCD1. Además, presenta extrusiones con orificios para tornillos M3 en la base interna para la sujeción del Arduino Mega, módulo de alimentación y reductor de voltaje (ver Figura 3.16a). En la planta cuenta con orificios para cuatro patas de goma, cuatro perforaciones para tornillos M3 para su sujeción con la estructura superior y con una perforación pasante

debajo del conector jack de 5.5 mm para su extracción debido a que este se ensambla a presión (ver Figura 3.16b).

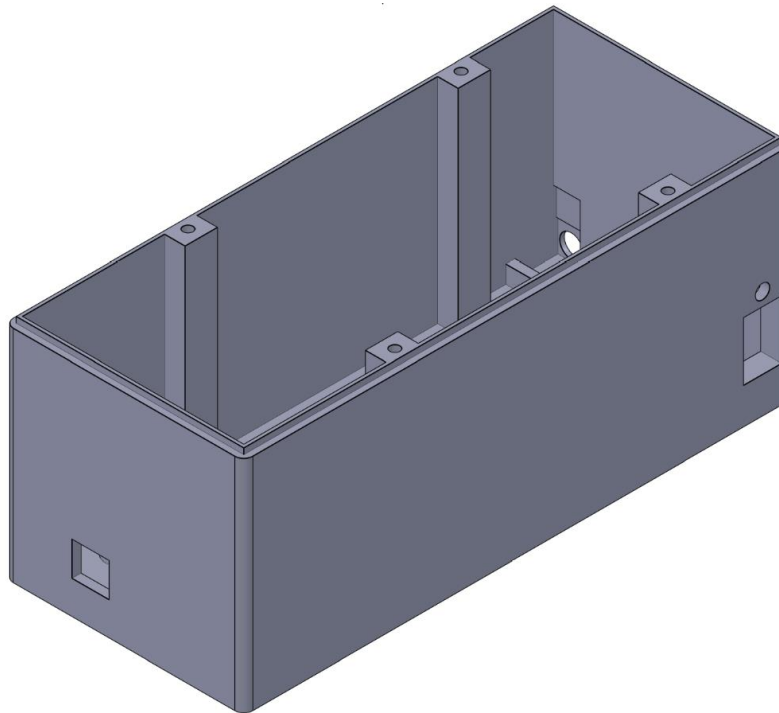


Figura 3.17. Vista isométrica.

3.9 Diseño para la alimentación del dispositivo

Para energizar el dispositivo, se requiere conocer la cantidad de elementos electrónicos que están presentes en el dispositivo, así como su consumo en amperios para seleccionar una fuente de alimentación apropiada para el dispositivo.

En la Tabla 3.21 se presentan los valores de voltaje y amperaje que necesita cada elemento electrónico, además su consumo total; el cual sirve para diseñar la fuente de poder. En base a estos datos se enlista los requerimientos para el sistema de alimentación:

- Se requiere un suministro de energía de 9V de corriente directa (DC) con un regulador a 5V para los elementos que requieran ese voltaje.
- Se necesita proveer la cantidad suficiente de corriente, de esta manera el amperaje de abastecimiento deberá ser superior a los 645mA.

Planteados los requerimientos, se planifica usar un adaptador de 110V a 9V con un suministro de corriente de 2A (véase Figura 3.18).

Tabla 3.21. Consumo eléctrico del dispositivo.

Elementos	Voltaje [V]	Amperaje [mA]	Cantidad	Consumo total[mA]
QTR - 1RC	5	17	30	510
Módulo bluetooth	3.3 - 6	50	1	50
Arduino Mega	6 - 20	65	1	65
Led	2	20	1	20
Total				645



Figura 3.18. Adaptador cargador 110V/9V 2A [34].

En el caso de los componentes que requieren estrictamente 5V, por medio de un módulo reductor de voltaje que se muestra en la Figura 3.19. Se plantea disminuir el voltaje del adaptador al necesitado, para esto se realiza el diseño de una tarjeta de circuito impreso (PCB) que servirá para la distribución de alimentación hacia los componentes del dispositivo.

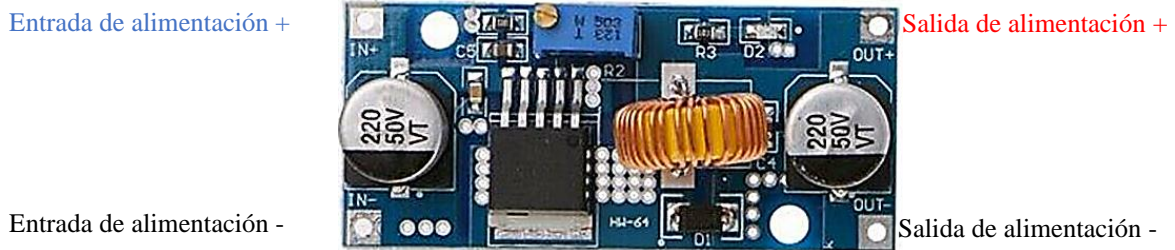


Figura 3.19 Convertidor DC-DC XL4015 Step Down 5A [35].

Con todos estos criterios se realiza el diseño de la PCB que su esquemático se indica en la Figura 3.20. Además, en la Tabla 3.22 se muestran los detalles de los elementos que se encuentran presentes en la PCB.

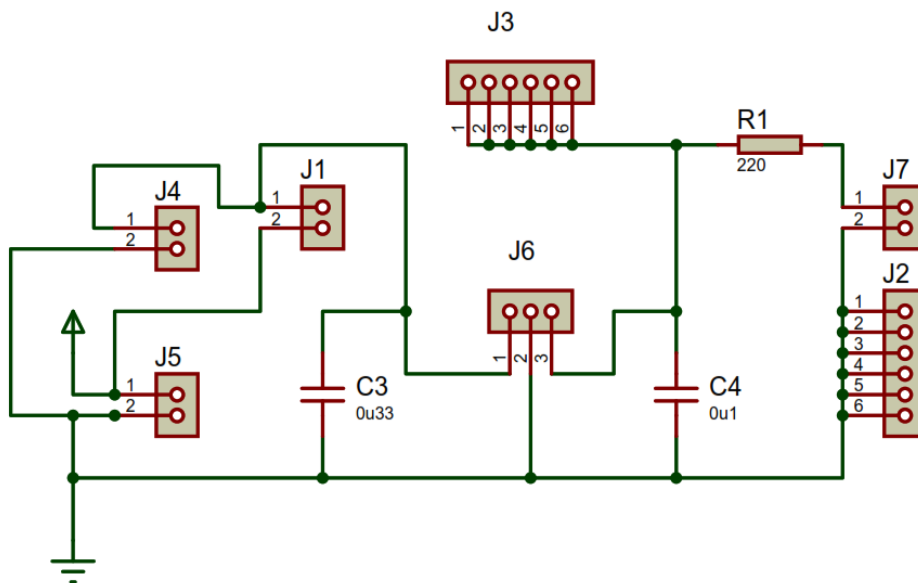


Figura 3.20. Esquemático para la PCB

Tabla 3.22. Detalles de los elementos de la PCB

Notación	Descripción	Conexiones
J1	Leader macho 1X2	Conectado a un interruptor basculante; enciende y apaga el dispositivo
J2	Borneras de seis pines	Salida de alimentación negativa (GND)
J3	Borneras de seis pines	Salida de alimentación positiva (+5V)
J4	Borneras de dos pines	Salida de alimentación para Arduino Mega
J5	Borneras de dos pines	Conectado a un jack (5.5x2.2mm); alimentación de 9V
J6	Header macho 1X3	Conectado al módulo reductor de voltaje
J7	Header macho 1X2	Conectado al led indicador de encendido
C3	Capacitor cerámico 0.33 [μ F]	Filtro de entrada
C4	Capacitor cerámico 0.10 [μ F]	Filtro de salida
R1	Resistencia 220[Ω]	Resistencia del led

Con ayuda del esquemático desarrollado se realiza el diseño de la PCB, en donde se trazan las pistas que conectan a los elementos descritos en la Tabla 3.22. En la Figura 3.21 se puede apreciar a detalle las pistas y sus elementos, además en la Figura 3.22 se muestra una vista 3D de los modelos de la PCB.

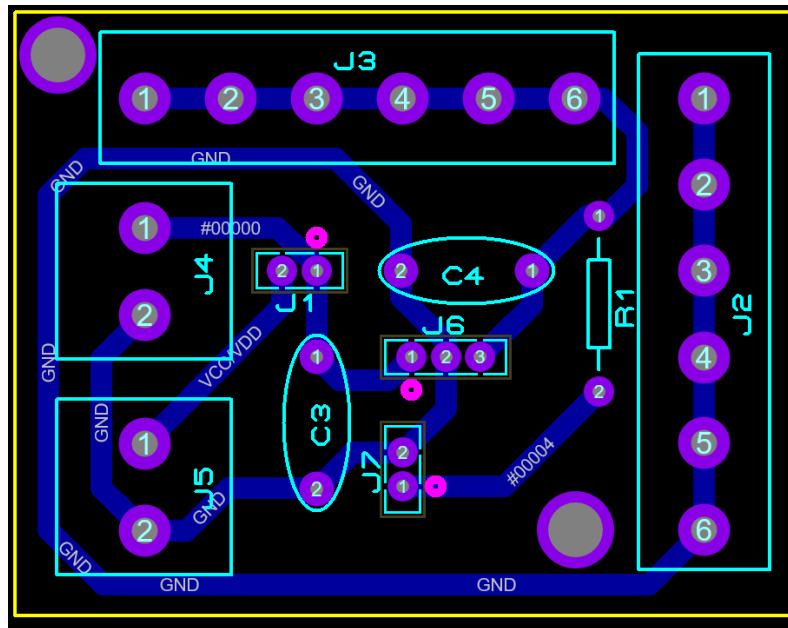


Figura 3.21. Diseño de PCB.

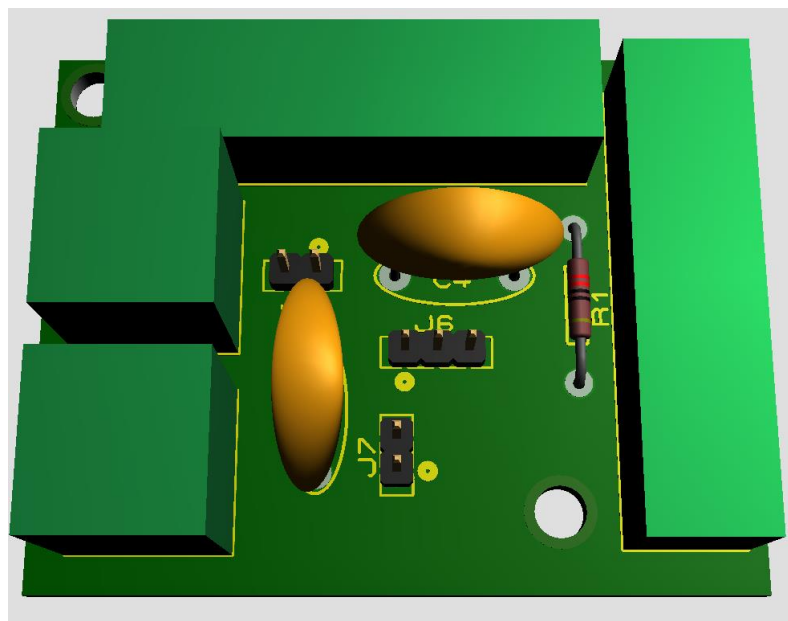


Figura 3.22. Vista 3D de la PCB

3.10 Diseño del sistema de control

En la Figura 3.23 se realiza una representación de forma gráfica del funcionamiento interno del dispositivo.

El primer bloque se orienta en medir la capacidad reflectiva del objeto que se encuentra sobre estos sensores reflectivos que por medio de programación se mide el tiempo de descarga de su condensador. Este tiempo es analizado por el microcontrolador en el segundo bloque, que analiza si existe presencia de alguna extrusión del módulo Braille. Después de analizar si la unidad de reflectancia se encuentra dentro del rango especificado en la programación, el microcontrolador envía información por medio del módulo bluetooth para ejecutar una acción específica de la aplicación móvil, la cual está instalada en un teléfono celular. La aplicación, por medio de librerías utiliza la salida de audio del celular que reproduce la información contenida en el dispositivo.

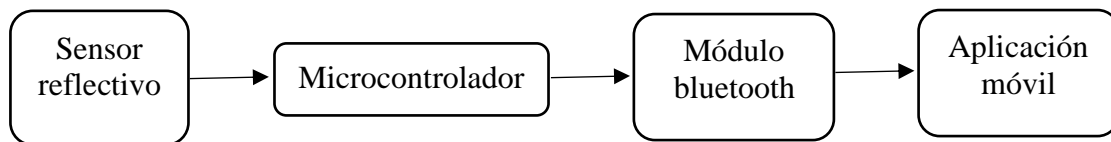


Figura 3.23. Diagrama de bloques del sistema de control.

Se considera este sistema de control en lazo abierto debido a que no se interviene en la evaluación de la señal de salida, por ende, no existe retroalimentación. Para realizar la selección de los elementos electrónicos se considera los siguientes criterios:

- Disponibilidad en el mercado nacional.
- Bajo costo.
- Portabilidad
- Adaptabilidad al peso y dimensiones aptas.

3.10.1 Programación del microcontrolador

La programación es realizada por medio del software “Arduino (IDE)” el cual es una herramienta de software que se usa para escribir y editar un programa por medio de un “sketch” para grabarlo en la memoria del microcontrolador [36].

Se presenta en el **anexo** ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. el código de programación grabado en el microcontrolador, en donde se usa la librería <SoftwareSerial.h> con el objetivo de establecer los puertos serie que son usados como pin de recepción (RX) y transmisión (TX) a fin de enviar la información por medio del módulo bluetooth.

3.10.2 Diagrama de flujo

El **anexo** ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. describe el orden lógico de pasos que realizará el microcontrolador. Por medio del diagrama de flujo se identificaron cuellos de botella y redundancias en los procesos que realiza el dispositivo.

3.10.3 Control de los sensores reflectivos

La variable que se va a controlar es la reflectancia, de esta manera por medio de la distancia entre el sensor y las extrusiones inferiores del módulo Braille, se plantea realizar mediciones del nivel de reflectancia manejado en tres criterios:

- Criterio 1: Cuando existe la presencia de la extrusión con el módulo Braille en el dispositivo (ver Figura 3.24a).
- Criterio 2: Cuando no existe extrusión con el módulo Braille en el dispositivo (Figura 3.24b).
- Criterio 3: Cuando el módulo Braille no se encuentra en el dispositivo.

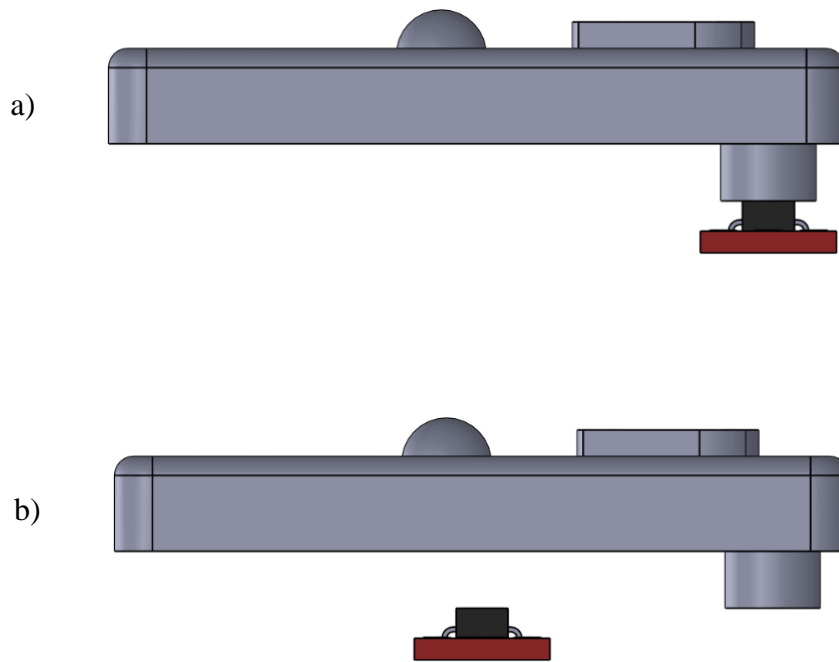


Figura 3.24. Criterios de reflectancia;(a) criterio 1, (b) criterio 2.

Las numeraciones de los sensores corresponden a las del cajetín Braille especificado en la sección 1.2.1.

Tabla 3.23. Valores de reflectancia de los sensores reflectivos según los criterios planteados.

Posición del sensor	Valor	Criterio 1 [μs]	Criterio 2 [μs]	Criterio 3 [μs]
Qtr1	mínimo	368	604	6656
	máximo	384	676	6924
Qtr2	mínimo	358	736	10384
	máximo	386	784	12044
Qtr3	mínimo	354	616	10496
	máximo	378	628	10692
Qtr4	mínimo	364	600	5132
	máximo	372	636	5308
Qtr5	mínimo	336	668	8824
	máximo	350	712	9104
Qtr6	mínimo	340	656	10040
	máximo	360	816	12860

De acuerdo con los valores de reflectancia tomados en el **anexo** [\[Error! No se encuentra el origen de la referencia.](#) se resumen en la Tabla 3.23, en donde se detallan valores máximos y mínimos de un total de 50 datos para cada uno de los sensores, así como para los tres criterios

planteados. Se debe tomar en cuenta que mientras más bajos sean los valores indica un valor más alto de reflectancia.

En base a los datos de la Tabla 3.23 la conclusión a la que se llega es que mientras el valor de reflectancia sea menor a 400 μ s se están cumpliendo las condiciones del primer criterio. Para la lectura de los módulos Braille se basarán principalmente en la premisa anterior con respecto al primer criterio, en dónde se usará la misma notación de alfabeto Braille para la lectura de los sensores, es decir los sensores reconocerán el tipo de letra ubicado en el módulo de lectura con la presencia o ausencia de estas extrusiones de la celda Braille.

Además, se debe tomar en cuenta como se menciona en la sección 1.2.8.1 el color y la superficie del material también influyen en la reflectancia. Cabe aclarar que los módulos Braille en los que se realizaron estas pruebas con los sensores están contruidos por impresión 3d en PLA+ de color azul de la marca esun, entonces se destaca que si se cambia estos parámetros variará el nivel de reflectancia. A partir de este análisis se realizará el control de los sensores con la correspondiente programación.

3.10.4 Diagrama de conexiones

En el **anexo** ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. se detallan las conexiones de los elementos electrónicos. Se muestran todos los componentes de control tales como pulsadores, interruptor de encendido, led, sensores reflectivos, microcontrolador, módulo bluetooth y todos los elementos de alimentación del dispositivo.

3.10.5 Diseño de la aplicación móvil

La aplicación que se pretende desarrollar debe emitir por medio de la salida de audio del celular las letras ingresadas en el dispositivo, después de accionar un pulsador. Además, esta comunicación está dada por medio de conexión bluetooth.

Para la etapa de diseño de la interfaz, se desarrolla un entorno visual simple para de esta forma facilitar el manejo del usuario. Este diseño parte del sustento de los requisitos que fueron descritos previamente.

La interfaz de inicio (ver Figura 3.25) muestra los dispositivos bluetooth previamente vinculados.



Figura 3.25. Interfaz de inicio.

Al seleccionar HC-06, el cual es el nombre del dispositivo Braille se presenta la pantalla mostrada en la Figura 3.26, además por medio de los parlantes del celular se emite la palabra “conexión satisfactoria” y también se hace visible un botón para desconectar y cerrar la aplicación.



Figura 3.26. Interfaz principal.

Caso contrario de ocurrir algún evento que impida la conexión bluetooth se regresa a la interfaz inicial y se reproduce por voz en el dispositivo “error de conexión”.

Existen tres casos de interacción entre el celular y el dispositivo Braille. En el primer caso cuando se presione el pulsador redondo abierto (4) el dispositivo leerá los cinco módulos de lectura y enviará la información contenida en ellos hacia el celular para posteriormente reproducirla.

El segundo evento se realiza por medio de oprimir algún pulsador mini redondo abierto (7). La acción que realiza el dispositivo es enviar la información que contiene el módulo de lectura ubicado sobre el pulsador accionado, en consecuencia, el teléfono móvil reproducirá la información receptada. Con respecto a los cambios que se realizan en la interfaz en el caso uno como en el dos, se muestran en la Figura 3.27a y en la Figura 3.27b respectivamente.

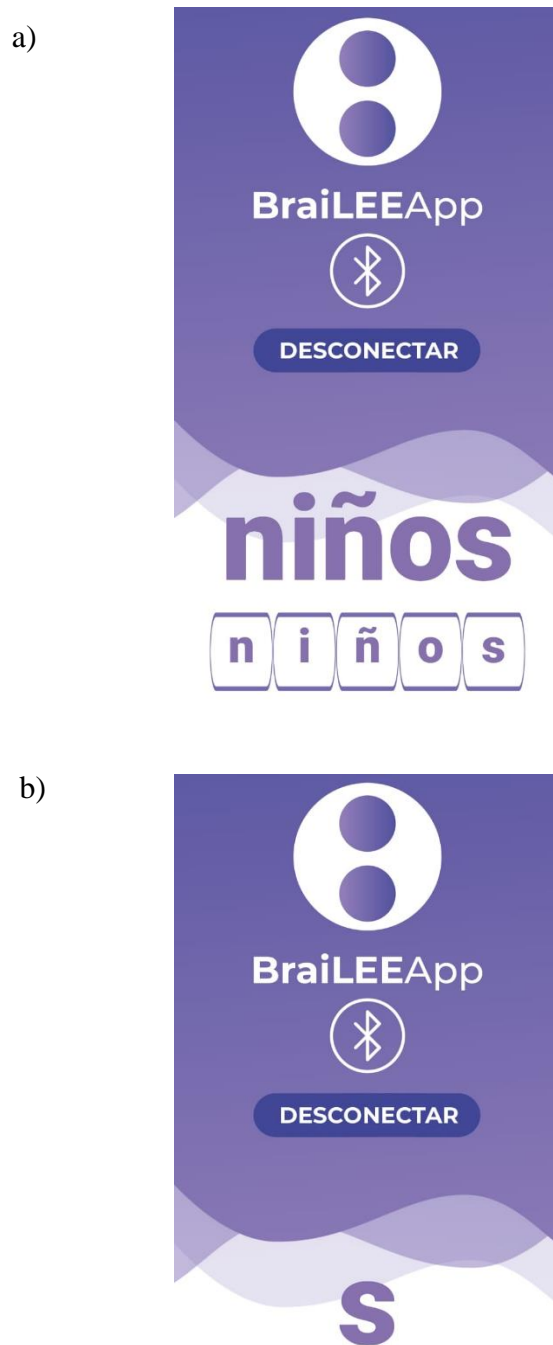


Figura 3.27. Eventos de interacción; (a) evento 1, (b) evento 2.

Para el último evento, acontece cuando los sensores del módulo de lectura son accionados por cualquier pulsador y no detectan algún módulo Braille o puede que este mal ubicado. De esta forma lo que se emite por la salida de audio del celular es “Por favor, vuelva a intentarlo”. Los cambios en la aplicación a este evento son mostrados en la Figura 3.28.



Figura 3.28. Tercer evento.

En la Tabla 3.24 se presentan las características técnicas de la aplicación.

Tabla 3.24. Requisitos de la aplicación móvil.

Características	Detalles
Sistema operativo	Android
Compatibilidad de versión de Android	Desde Android 6.0 Marshmallow hasta Android 13.0 Tiramisu
Almacenamiento	16.08 MB

En el **anexo** ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. muestra el código de programación usado para realizar la aplicación móvil.

3.11 Construcción y ensamblaje

Los elementos que constituyen el dispositivo en su mayor parte son estructuras prismáticas de PLA, el proceso de construcción se realiza mediante impresión 3D y parte en primeras instancias en la fabricación de la estructura superior, seguida por la estructura inferior, finalizando con el ensamble de los componentes electrónicos en las estructuras. A partir de los

modelos realizados por computador se realizan los planos que se detallan en el **anexo** ¡Error!
No se encuentra el origen de la referencia..

3.11.1 Fabricación del sistema superior

En la Figura 3.29 se evidencian los elementos que componen la estructura superior impresas en 3D.



Figura 3.29. Sistema superior impreso en 3D; (a) estructura superior, (b) módulo de lectura.

Los módulos Braille son parte del sistema superior, pero estos se acoplan para ejecutar las funciones del dispositivo. Como se detalla al final de la sección 3.10.3 los módulos Braille son impresos en 3D en PLA azul y se pueden ver en la Figura 3.30. Los módulos forman un total de 57 piezas, corresponden a dos conjuntos del alfabeto en español, sus combinaciones son detalladas en el apartado 1.2.2.

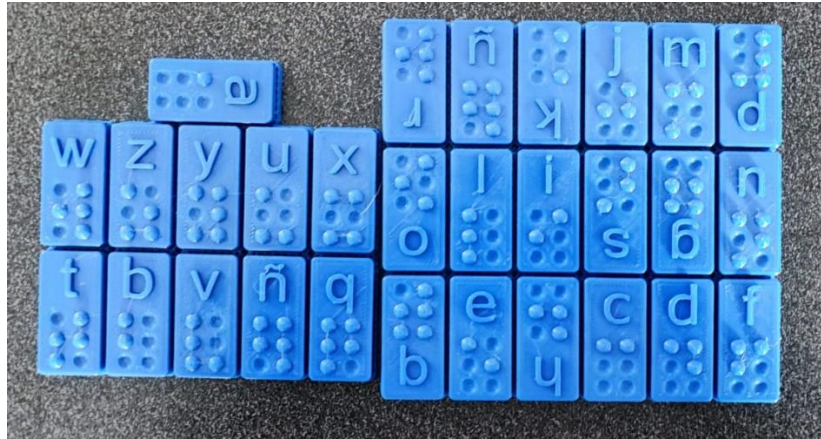


Figura 3.30. Módulos Braille impresos en 3D.

3.11.2 Ensamblaje del sistema superior

Cada uno de los elementos listados en la Tabla 3.14 son acoplados conforme a lo constituido en el diseño, como se muestra en la Figura 3.31.

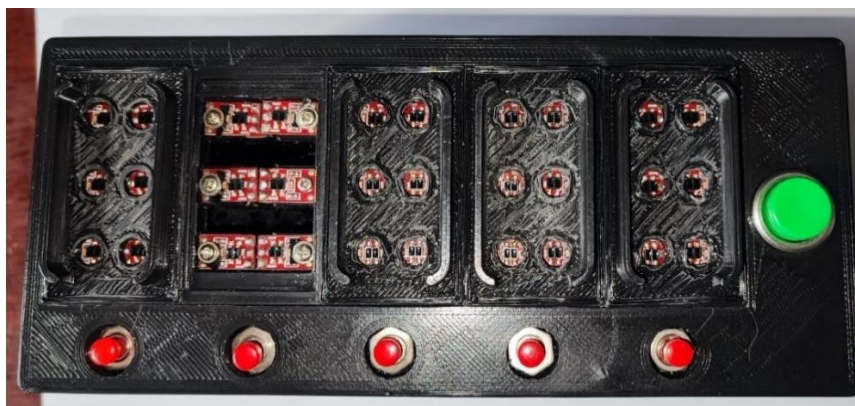


Figura 3.31. Ensamblaje del sistema superior.

3.11.3 Fabricación del sistema inferior

En este apartado se encuentra la estructura inferior y demás elementos electrónicos de control, comunicación y alimentación. En la Figura 3.32 se observa la estructura inferior.



Figura 3.32. Estructura inferior impresa en 3D.

Para la fabricación de la tarjeta de circuito impreso se usa una baquelita de 45mmX35mm, también una hoja de papel transfer en donde está impreso en monocromático lo detallado en la Figura 3.21. Por medio de transferencia de calor entre el papel y la baquelita se transfiere el diseño de la PCB. Después, con una solución de agua y cloruro férrico se elimina el exceso de cobre que forman las pistas. Por último, se realizan perforaciones para los pines y se sueldan todos los elementos como se observa en la Figura 3.33.



Figura 3.33. Fabricación de la PCB, elementos soldados en la PCB.

3.11.4 Ensamblaje del sistema inferior

Los elementos electrónicos como Arduino Mega, PCB y el módulo reductor de voltaje son fijados a la base de la estructura inferior por medio de tornillos M3x4, mientras que el conector jack, el led y el interruptor basculante son fijados a presión. El ensamblaje de ambos sistemas se presenta en la Figura 3.34.

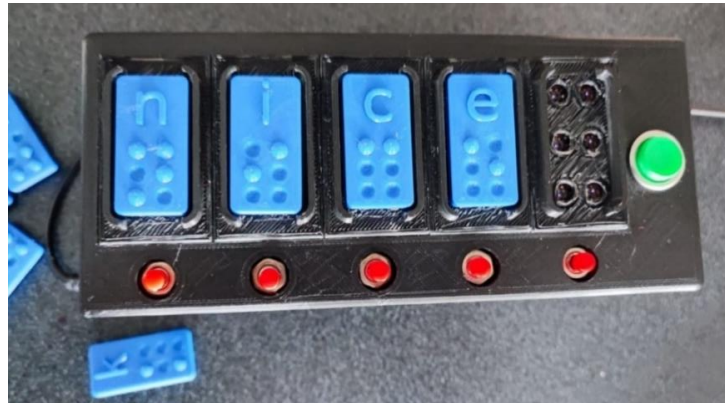


Figura 3.34. Dispositivo Braille.

3.12 Análisis de costos

Los costos de construcción del dispositivo se presentan en la Tabla 3.25.

Tabla 3.25. Costos de construcción del dispositivo Braille.

Cantidad	Descripción	Costo unitario	Costo total
1	Interruptor lesser pulsador redondo abierto	\$ 1.00	\$ 1.00
10	Tornillo M3x6	\$ 0.05	\$ 0.50
5	Interruptor pulsador mini redondo abierto	\$ 0.75	\$ 3.75
14	Tuerca hexagonal M3	\$ 0.05	\$ 0.70
1	Arduino Mega	\$ 24.00	\$ 24.00
8	Tornillo M3x4	\$ 0.05	\$ 0.40
1	Módulo reductor de voltaje 5A XL4015	\$ 5.00	\$ 5.00
1	Fuente de alimentación	\$ 5.00	\$ 5.00
1	Jack 5.5x2.1	\$ 0.45	\$ 0.45
1	Interruptor basculante KCD1	\$ 0.60	\$ 0.60
1	Led verde 3mm	\$ 0.05	\$ 0.05
4	Tornillo M3x40	\$ 0.05	\$ 0.20
4	Patas de goma	\$ 0.15	\$ 0.60
1	Paquete de cables	\$ 3.50	\$ 3.50
30	Sensores QTR 1RC	\$ 3.75	\$112.50
1	Piezas impresas en 3D	\$ 74.70	74.70
Costo Total			\$232.95

Los precios que ostentan los dispositivos mencionados en la sección 1.2.6 son aproximadamente superiores en un 100% al precio presentado en este dispositivo. El BecDot es el dispositivo más semejante, pero con muchas limitaciones con respecto a su funcionalidad. Además, el dispositivo previamente mencionado no se encuentra en circulación en el mercado nacional.

3.13 Pruebas de funcionamiento

Una vez ensamblados los componentes del dispositivo Braille se procede a realizar pruebas de funcionamiento.

Estas pruebas son realizadas en primera instancia por la señora Ruth Noemí Trejo con el cargo de presidenta de la Asociación de No Videntes de Imbabura, quien padece de discapacidad visual, además es la encargada de enseñar el lenguaje Braille a los niños.

La razón por la que las pruebas fueron realizadas por la señora Noemí, se dan debido a que, de primera mano sabe la necesidad que puede cubrir el dispositivo a la hora de enseñar Braille.

En la Figura 3.35 se muestran las pruebas que se realizaron al dispositivo Braille. Para realizar la evaluación se pidió al usuario que colocará las letras solicitadas (ver Tabla 3.26) de un grupo de 5 letras en donde se encontraban las letras “espejo” detalladas en la sección 1.2.5.1.



Figura 3.35. Actividades realizadas para poner en prueba al dispositivo.

Tabla 3.26. Pruebas realizadas en el dispositivo

Letras	Nº de intentos	Resultado
d	1	Funciona correctamente
f	1	Funciona correctamente
q	1	Funciona correctamente
ñ	2	Funciona correctamente
tenis	1	Funciona correctamente
hijos	1	Funciona correctamente
niños	2	Funciona correctamente

El documento que verifica la validación del dispositivo se detalla en el **anexo** ;Error! No se encuentra el origen de la referencia..

3.14 Desarrollo de la guía de usuario

3.14.1 Información preliminar

El dispositivo didáctico para la enseñanza del sistema Braille está vinculado principalmente con el desarrollo de la sensibilidad táctil, a partir de la continua práctica con el uso del dispositivo y otras actividades lúdicas (relativas a un juego) que se pueden desarrollar para el aprendizaje del sistema Braille. La implementación de este dispositivo permite que los niños

con discapacidad visual puedan aprender el sistema Braille de una manera más interactiva y dinámica, lo que les permite mejorar su capacidad de lectura en lenguaje en relieve.

3.14.2 Descripción general

Se presenta un dispositivo de manipulación modular que tiene una retroalimentación auditiva del alfabeto Braille.

3.14.3 Ajustes iniciales del sistema

Para usar el dispositivo didáctico Braille conjunto con su aplicación denominada BraiLEEApp se deben seguir los siguientes pasos:

1. Conectar el jack macho del adaptador cargador al conector jack hembra del dispositivo Braille (ver Figura 3.36).



Figura 3.36. Conexión para la alimentación del dispositivo.

2. Conectar el enchufe del adaptador cargador al tomacorriente.
3. Ubicar el dispositivo en un lugar amplio y firme.
4. Encender el dispositivo Braille presionando el interruptor basculante. El led verde encima del interruptor indica si el dispositivo está encendido (Figura 3.37).

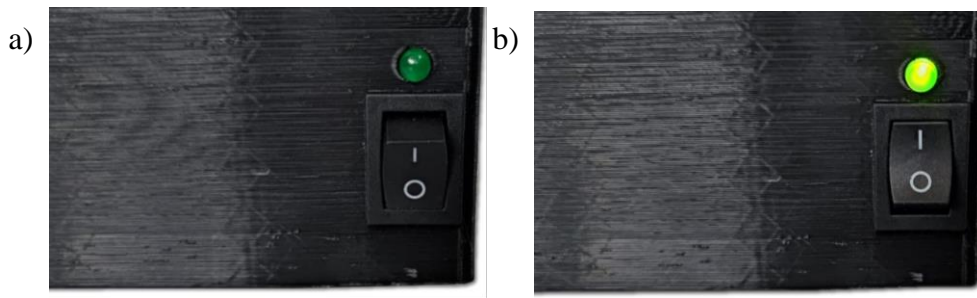


Figura 3.37. Estados del interruptor basculante; (a) apagado, (b) encendido.

5. Descargar e instalar la aplicación BraiLEEAApp del siguiente enlace:

<https://utneduec->

my.sharepoint.com/:f/g/personal/satuquerrest_utn_edu_ec/EikUCoPpJXIOgdOW6ElbZ

[RwBy8o9KSoMHoGzLX7hrm7IyQ?e=GXj19w](https://my.sharepoint.com/:f/g/personal/satuquerrest_utn_edu_ec/EikUCoPpJXIOgdOW6ElbZ/RwBy8o9KSoMHoGzLX7hrm7IyQ?e=GXj19w)

6. Encender el bluetooth del celular.

7. Emparejar el dispositivo HC-06 con el celular que va a usar la aplicación. La clave de vinculación es 1234.

8. Aumentar el volumen de multimedia del celular al que el usuario crea adecuado.

9. Abrir la aplicación BraiLEEAApp y aceptar los permisos que solicita la aplicación (Figura 3.38a). En caso de no aceptar los permisos la aplicación seguirá solicitándolos para poder iniciarse, además si no se tiene encendido el bluetooth, la aplicación mostrará un cuadro de diálogo en dónde solicitará la activación del bluetooth (Figura 3.38b).

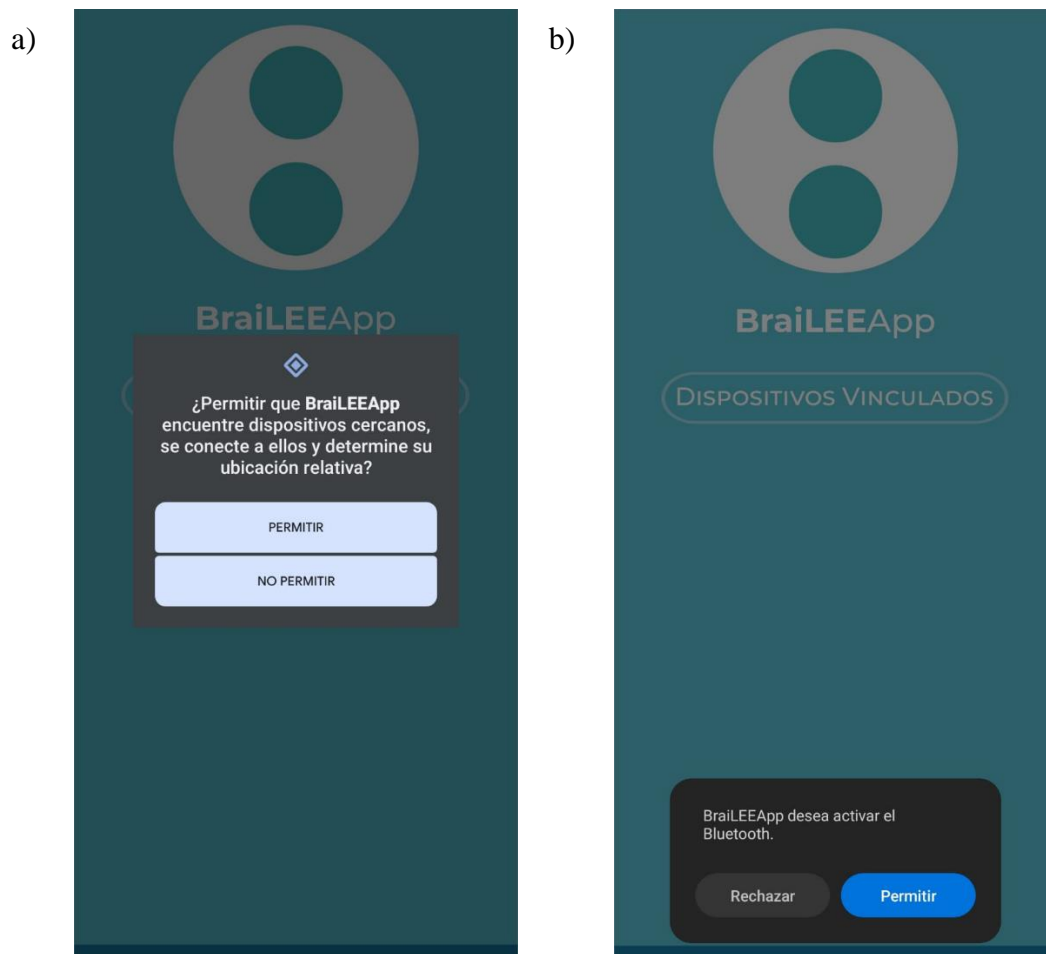


Figura 3.38. Cuadros de diálogo; (a) permisos de la aplicación, (b) activación del bluetooth.

10. Seleccionar HC-06 en la lista de dispositivos vinculados que se muestran en la interfaz (Figura 3.39). Si el dispositivo HC-06 no aparece puede significar que no está vinculado, en ese caso se debe verificar que se haya vinculado.



Figura 3.39. Lista de dispositivos vinculados.

11. Una vez se realice una correcta conexión el celular emitirá por los parlantes “conexión satisfactoria” y se mostrará la interfaz principal. En el caso de no conectarse se escuchará “error de conexión”. Si lo último ocurre se debe verificar que el dispositivo se encuentre encendido y volver a intentarlo. En el caso de persistir este error se solicita apagar y después encender el dispositivo Braille.

3.14.4 Recomendaciones para el uso del dispositivo

Para usar el dispositivo se deben haber realizado los 11 pasos descritos en el apartado anterior.

El dispositivo Braille consta de cinco módulos de lectura en dónde pueden ser ingresados un módulo Braille a la vez para formar una palabra de máximo cinco letras. Se cuenta con 54 módulos Braille que son un total de dos abecedarios.

La correcta orientación del dispositivo Braille se muestra en la Figura 3.40. De igual forma como se colocan los módulos Braille en el dispositivo (ver Figura 3.41).



Figura 3.40. Orientación del dispositivo.

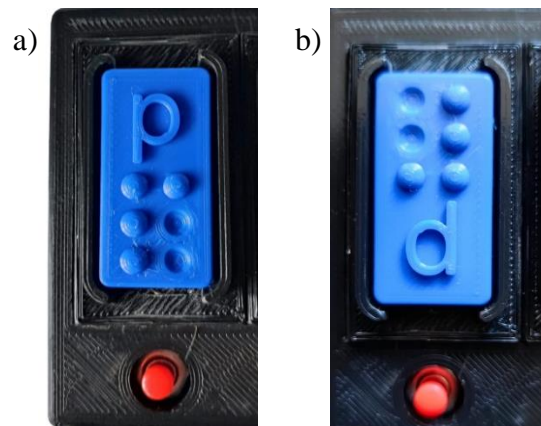


Figura 3.41. Orientación de los módulos Braille; (a) forma correcta, (b) forma incorrecta.

Cabe tomar en cuenta que los módulos Braille no necesitan algún tipo de presión al colocarse debe hacerse con el cuidado adecuado para preservar la integridad del dispositivo. Además, para su extracción se debe realizar aplicando presión en los costados superiores e inferiores elevando verticalmente al módulo Braille como muestra la Figura 3.42.



Figura 3.42. Forma correcta de extraer los módulos Braille.

No se debe realizar únicamente en el extremo superior (Figura 3.43a) o solo en el extremo inferior (Figura 3.43b), esta acción puede comprometer la integridad de la tapa del módulo de lectura.

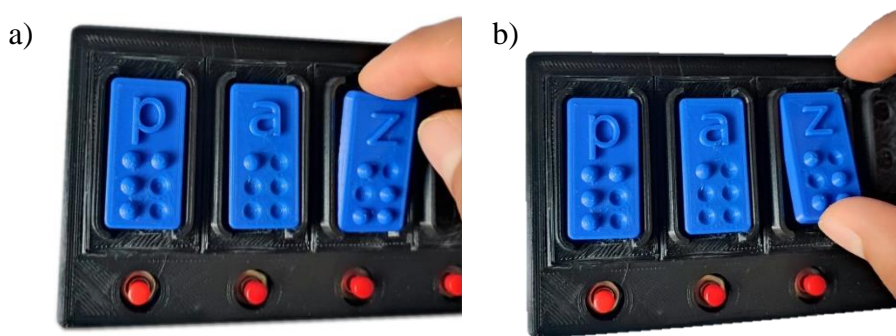


Figura 3.43. Formas incorrectas para la extracción de los módulos Braille; (a) presión superior, (b) presión inferior.

Para formar una palabra, se debe realizar el ingreso de los módulos Braille de izquierda a derecha, ya que es de esta forma como el dispositivo leerá la palabra que se ingrese.

Los pulsadores pequeños de color rojo ubicados debajo de los módulos de lectura al presionarlos hacen que el celular emita el sonido de la letra que contiene el módulo de lectura ubicado previamente. En la Figura 3.44 se puede ver cuáles son los cambios en la interfaz de la aplicación cuando se realiza el deletreo con los pulsadores rojos.

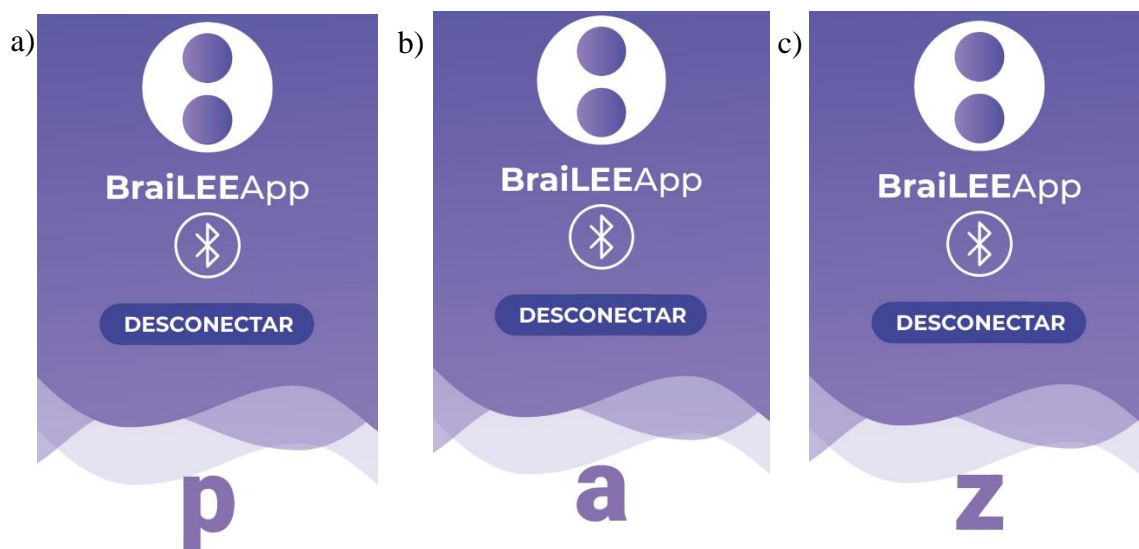


Figura 3.44. Cambios en la interfaz de la aplicación; (a) deletreo de la letra p, (b) deletreo de la letra a, (c) deletreo de la letra z.

El pulsador verde ubicado al costado derecho del dispositivo realiza la acción de emitir por el parlante del celular la palabra de máximo cinco letras que se pueda formar en el dispositivo en la Figura 3.45 se presentan los cambios de la interfaz móvil.

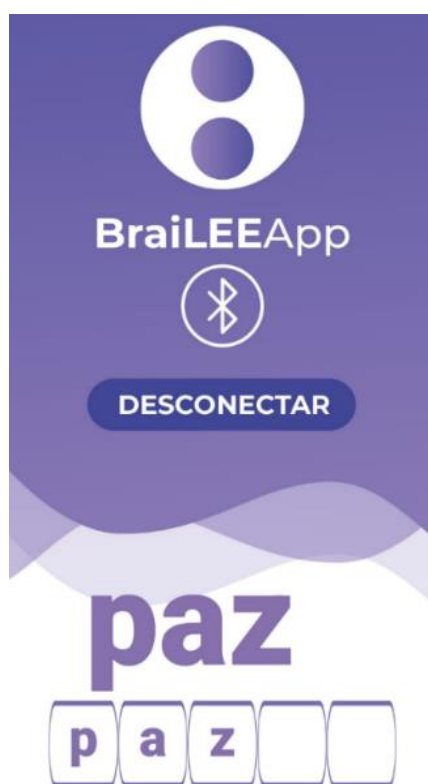


Figura 3.45. Cambios en la interfaz al presionar el pulsador verde.

Si al presionarse el pulsador verde el celular emite por su salida de audio “Por favor, vuelva a intentarlo” significa que no se ha ingresado ninguna letra al dispositivo o las letras ingresadas están mal colocadas. Este mensaje también aplica al presionar alguno de los pulsadores rojos.

Para finalizar la conexión se debe presionar el botón de regreso por defecto del dispositivo móvil, en donde selecciona “si” al cuadro de diálogo mostrado en la Figura 3.46. También, se puede pulsar el botón “desconectar” ubicado en la mitad de la pantalla del celular.

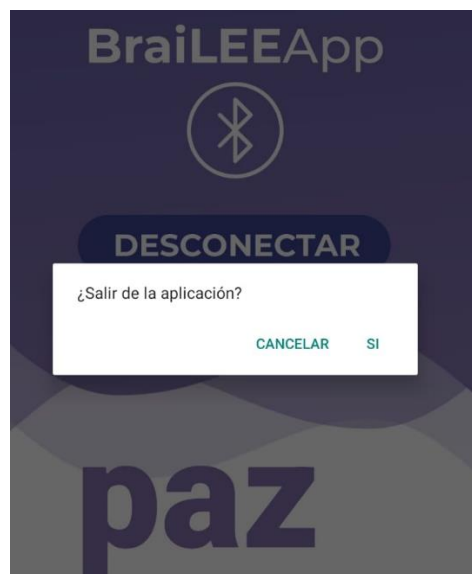


Figura 3.46. Cambios en la interfaz al salir de la aplicación.

3.14.5 Precauciones

Es de vital importancia leer detenidamente las indicaciones antes de realizar cualquier manipulación del dispositivo.

El dispositivo estrictamente debe mantenerse en un lugar seco y no debe exponerse a zonas de alta temperatura debido a que la mayoría de sus partes son plásticas y pueden deformarse.

En caso de existir derrame de líquidos sobre el dispositivo apagarlo y desconectarlo de la red eléctrica inmediatamente. Después, debe ser inspeccionado por el fabricante o personal autorizado.

Evitar golpes, y caídas para preservar el correcto funcionamiento del dispositivo

3.14.6 Riesgos

Solo el fabricante o personas debidamente instruidas pueden hacer trabajos de mantenimiento o reparación en el dispositivo.

Existe riesgo de asfixia en niños por ingesta de los módulos Braille. El usuario en caso de ser un infante debe estar bajo la supervisión de un tutor.

CONCLUSIONES

La discapacidad visual es un condicionamiento que perjudica a millones de personas en el mundo, con un gran impacto en su desarrollo personal, educativo y social. En este contexto, la mecatrónica se transforma en una herramienta práctica y efectiva para el desarrollo de tecnologías que permitan servir como instrumentos para mejorar la inclusión educativa.

La investigación documental permite identificar los distintos tipos de elementos electrónicos y programas computacionales para el proceso de diseño y construcción del dispositivo que se ajustan a las necesidades específicas del proyecto

El diseño del dispositivo se lleva a cabo considerando los requerimientos y necesidades específicas del usuario, lo que permite el desarrollo de un diseño que cumple con la funcionalidad y calidad esperada. Además, para la selección de distintos aspectos del dispositivo, se emplearon tablas comparativas y en otras un análisis por criterios ponderados.

En concordancia con los parámetros establecidos en el diseño, se desarrolla la construcción del dispositivo por medio del proceso de fabricación acorde al material seleccionado.

En consecuencia, la implementación del dispositivo permite una enseñanza más interactiva y dinámica, facilitando el interés y la motivación de los niños por aprender. Al estar enfocado en la enseñanza específicamente del alfabeto Braille este artefacto provee una experiencia de aprendizaje táctil, adaptativa e innovadora.

En conclusión, la validación del prototipo diseñado con la presidenta de la Asociación de No Videntes Imbabura permitió comprobar su eficacia en el aprendizaje del alfabeto Braille y su facilidad de uso para los niños con discapacidad visual. La aplicación móvil que se integra con el dispositivo proporciona una herramienta adicional para el aprendizaje y la práctica del alfabeto Braille. Además, se realizaron pruebas que permitieron validar la eficacia del

dispositivo en su aplicación práctica. Con este trabajo se contribuye a mejorar la educación inclusiva y la accesibilidad de los niños con discapacidad visual, brindando una herramienta útil y eficaz para el aprendizaje del alfabeto Braille.

RECOMENDACIONES

Se sugiere que se realicen investigaciones futuras que posibiliten evaluar la efectividad del dispositivo a largo plazo, para que se identifiquen nuevas áreas de mejora y posibilidades de innovación.

Se recomienda realizar pruebas del dispositivo en diferentes entornos educativos para evaluar su efectividad en distintos contextos y diferentes tipos de usuarios.

En el aspecto de control de lectura de los módulos están definidos por sensores reflectivos; sin embargo, puede ser obtenida mediante el uso de sensores de distancia capacitivos.

Para futuras investigaciones el dispositivo puede ser usado también para introducir números y establecer funciones de una calculadora básica. Dicha mejora puede involucrar modificaciones en la estructura del equipo, aumento del costo de implementación y complejidad en aspectos de programación.

REFERENCIAS

- [1] G. A. Roth and E. Fee, “The Invention of Braille,” *Am J Public Health*, vol. 101, no. 3, pp. 454–454, Mar. 2011, doi: 10.2105/AJPH.2010.200865.
- [2] A. Marcet, M. Jiménez, and M. Perea, “Why braille reading is important and how to study it / Por qué es importante la lectura en braille y cómo estudiarla,” *Cultura y Educación*, vol. 28, no. 4, pp. 811–825, Oct. 2016, doi: 10.1080/11356405.2016.1230295.
- [3] CONADIS, “Estadísticas de Discapacidad,” 2022. <https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/estadisticas-de-discapacidad/> (accessed Sep. 15, 2022).
- [4] J. Muñoz, “Las TIC y la discapacidad visual,” *Centro de investigación y desarrollo y aplicación tiflotécnica*, pp. 293–308, 2010.
- [5] N. Martiniello, W. Wittich, and A. Jarry, “The perception and use of technology within braille instruction: A preliminary study of braille teaching professionals,” *British Journal of Visual Impairment*, Jun. 2018, doi: 10.1177/0264619618775765.
- [6] R. Jafri, “Electronic Braille Blocks: A Tangible Interface-Based Application for Teaching Braille Letter Recognition to Very Young Blind Children,” in *LNCS*, vol. 8548, 2014, pp. 551–558. doi: 10.1007/978-3-319-08599-9_81.
- [7] P. G. Forcelini, L. S. García, and E. P. B. Schultz, “Braille Technology Beyond the Financial Barriers,” in *Proceedings of the 8th International Conference on Software Development and Technologies for Enhancing Accessibility and Fighting Info-exclusion*, Jun. 2018, pp. 41–46. doi: 10.1145/3218585.3218590.

- [8] M. Bernart Schmidt, L. Gustavo, and A. R. G. Ramirez, "Single Braille cell," in *5th ISSNIP-IEEE Biosignals and Biorobotics Conference (2014): Biosignals and Robotics for Better and Safer Living (BRC)*, May 2014, pp. 1–5. doi: 10.1109/BRC.2014.6880990.
- [9] C. A. Hernandez Suarez and L. A. Jiménez Hernández, "PROTOTIPO DE TECNOLOGÍA EN ASISTENCIA PARA LA ENSEÑANZA DEL BRAILLE," *Redes de Ingeniería*, vol. 2, no. 2, p. 96, May 2012, doi: 10.14483/2248762X.7168.
- [10] D. O. Orbes Padilla, "JUGUETE AUTÓNOMO DE APRENDIZAJE BRAILLE," Universidad Técnica Del Norte, Ibarra, 2018.
- [11] A. Vallés Arándiga, "COMPRESIÓN LECTORA Y PROCESOS PSICOLÓGICOS," *Liberabit*, vol. 11, no. 11, pp. 41–48, 2005, Accessed: Oct. 22, 2022. [Online]. Available: http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1729-48272005000100007&lng=pt&tlng=es
- [12] MINISTERIO DE EDUCACIÓN DE ESPAÑA, "EDUCACIÓN INCLUSIVA: DISCAPACIDAD VISUAL MÓDULO 5: EL SISTEMA BRAILLE," Madrid, 2015.
- [13] R. Martí de León, "Poner puntos en relieve: el braille," *Revista Digital de la Biblioteca Central del Estado*, Jan. 18, 2009. <https://bcehricardogaribay.wordpress.com/2009/01/18/poner-puntos-en-relieve-el-braille-2/> (accessed Oct. 22, 2022).
- [14] ONCE, "El Braille: lectura, aprendizaje, alfabeto y signos," 2022. <https://www.once.es/servicios-sociales/braille> (accessed Oct. 22, 2022).
- [15] Ismael. Martínez Liébana and Delfina. Polo Chacón, *Guía didáctica para la lectoescritura braille*. ONCE, Dirección de Educación, 2004.

- [16] O. P. Loza Peñaloza, “Sistema electrónico braille para la ayuda en el aprendizaje de personas no videntes,” *Revista de Ciencias Sociales y Humanas*, Cuenca, pp. 209–225, 2006.
- [17] C. A. Sierra, M. del C. Alonso Gonzáles, C. Martínez Redondo, R. Mayo Tagarro, and P. Poveda Jareño, “Adaptación del método ‘Tomillo’ para el aprendizaje de la lecto-lectura en niños de educación infantil,” *Congreso estatal sobre prestación de servicios para personas ciegas y deficientes visuales*, vol. 4, no. Area de educación 2, pp. 265–284, Sep. 1996.
- [18] C. Valbuena García, G. Cruz, and J. C. Rodríguez Ortega, “Metodo de prelectura y preescritura braille ‘Almazara,’” *Congreso estatal sobre prestación de servicios para personas ciegas y deficientes visuales*, vol. 4, no. Area de educación 2, pp. 297–302, Oct. 1996.
- [19] J. Fuentes Hernández, “La maduración lecto-escritora en alumnos ciegos y deficientes visuales de 3 a 6 años. (Método Alameda),” *Congreso estatal sobre prestación de servicios para personas ciegas y deficientes visuales*, vol. 4, no. Area de educación 2, pp. 303–307, Sep. 1994.
- [20] Comisión de Braille Española, *Documento técnico B 11-1. La didáctica del braille más allá del código: nuevas perspectivas en la alfabetización del alumnado con discapacidad visual*. 2015.
- [21] M. A. Garcés Castillo and B. L. Gárces, “Proyecto de investigación educativa sobre el método de lectura en sistema braille ‘Seis Puntos,’” *Congreso estatal sobre prestación de servicios para personas ciegas y deficientes visuales*, vol. 4, no. Area de educación 2, pp. 289–298, 1994.

- [22] P. Gonzáles Paredes, I. Martínez Liebána, and J. A. Astasio Toledo, “‘Pérgamo’. Método de alfabetización para personas ciegas adultas.” *Congreso estatal sobre prestación de servicios para personas ciegas y deficientes visuales*, vol. 4, pp. 319–322, Sep. 1994.
- [23] P. D. Pérez, “BLITAB,” *TIFLOTECAEDUCA*, Dec. 29, 2020. <https://www.tifloeduca.eu/blitab/> (accessed Oct. 29, 2022).
- [24] R. Shilkrot, J. Huber, W. Meng Ee, P. Maes, and S. C. Nanayakkara, “FingerReader,” in *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*, Apr. 2015, vol. 2015-April, pp. 2363–2372. doi: 10.1145/2702123.2702421.
- [25] D. Coldewey, “The BecDot is a toy that helps teach vision-impaired kids to read braille,” *TECHCRUNCH*, Jan. 18, 2018. <https://techcrunch.com/2018/01/18/the-becdot-is-a-toy-that-helps-teach-vision-impaired-kids-to-read-braille/> (accessed Oct. 29, 2022).
- [26] Humanware, “BrailleNote Touch Plus 32 – Tablet and note taker,” 2022. <https://store.humanware.com/hus/blindness-brailnote-touch-plus-32.html> (accessed Oct. 29, 2022).
- [27] MIT App Inventor, “About us,” 2022. <https://appinventor.mit.edu/about-us> (accessed Nov. 16, 2022).
- [28] Android Studio, “Introducción a Android Studio,” 2022. <https://developer.android.com/studio/intro/index.html?hl=es-419> (accessed Nov. 16, 2022).
- [29] POLOLU, “QTR-1RC Reflectance Sensor (2-Pack).” <https://www.pololu.com/product/2459> (accessed Oct. 30, 2022).

- [30] Guillermina. Baena Paz, *Metodología de la investigación*, 3a.ed. Grupo Editorial Patria, 2017.
- [31] R. Hernández Sampieri, C. Fernández Collado, and L. del Pilar Baptista, *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN*, 6ta edición. McGRAW-HILL / INTERAMERICANA, 2014.
- [32] P. R. Bonenberger, “The First Snap-Fit Handbook,” in *The First Snap-Fit Handbook*, P. R. Bonenberger, Ed. München: Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG, 2016, pp. I–XXII. doi: 10.3139/9781569905968.fm.
- [33] ESUN, “PLA+.” [Online]. Available: www.esun3d.net
- [34] ELECTROSTORE, “ADAPTADOR CARGADOR 110V/9V 2A PLUG DC005.” <https://grupoelectrostore.com/shop/fuentes-cargadores-y-adaptadores-de-voltaje/cargadores-dc/adaptador-cargador-110v-9v-2a-plug-dc005/> (accessed Mar. 01, 2023).
- [35] COMPONENTS101, “XL4015 DC-DC Step Down Module.” <https://components101.com/modules/xl4015-dc-dc-converter-module> (accessed Mar. 01, 2023).
- [36] Ó. Torrente Artero, *ARDUINO Curso Práctico de formación*, Primera. México D.F., 2013. Accessed: Feb. 17, 2023. [Online]. Available: <http://www.alfaomega.com.mx>

ANEXOS

A. Programación del microcontrolador

```
unsigned long time;
#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial BT(2,3);
//Variables globales
int qtrL1 = 5;
int qtrL2 = 22;
int qtrL3 = 28;
int qtrL4 = 34;
int qtrL5 = 40;
int PE=4;
int BL1=47;
int BL2=46;
int BL3=11;
int BL4=12;
int BL5=13;
int ValPE = 0;
int ValBL1 = 0;
int ValBL2 = 0;
int ValBL3 = 0;
int ValBL4 = 0;
int ValBL5 = 0;
bool b1=false;
bool b2=false;
bool b3=false;
bool b4=false;
bool b5=false;
bool b6=false;
int s1=0;
int s2=0;
int s3=0;
int s4=0;
int s5=0;
int s6=0;
String letra1= " ";
String letra2= " ";
String letra3= " ";
String letra4= " ";
String letra5= " ";
int p1=0;
int p2=0;
int p3=0;
int p4=0;
int p5=0;
bool xL1= false;
bool xL2= false;
bool xL3= false;
bool xL4= false;
bool xL5= false;
String Palabra= " ";

void setup() {

  Serial.begin(9600);
  BT.begin(9600);

  pinMode(PE, INPUT_PULLUP);
  pinMode(BL1, INPUT_PULLUP);
  pinMode(BL2, INPUT_PULLUP);
  pinMode(BL3, INPUT_PULLUP);
  pinMode(BL4, INPUT_PULLUP);
  pinMode(BL5, INPUT_PULLUP);
}

void loop() {

  ValPE = digitalRead(PE);
  ValBL1 = digitalRead(BL1);
  ValBL2 = digitalRead(BL2);
  ValBL3 = digitalRead(BL3);
  ValBL4 = digitalRead(BL4);
  ValBL5 = digitalRead(BL5);

  if (ValPE==LOW && ValBL1==HIGH &&
  ValBL2==HIGH && ValBL3==HIGH &&
  ValBL4==HIGH && ValBL5==HIGH)
  {
    imp_letra1();
    imp_letra2();
    imp_letra3();
    imp_letra4();
    imp_letra5();
    Palabra= letra1+letra2+letra3+letra4+letra5;

    if(xL1==true || xL2==true || xL3==true ||
    xL4==true || xL5==true)
    {
      Serial.print("La palabra es: ");
      Serial.println(Palabra);
      BT.println(Palabra);
    }
    if(xL1==false && xL2==false &&
    xL3==false && xL4==false && xL5==false)
    {
      Serial.println("Las letras no tienen ningun
valor");
      BT.println("123456");
    }
  }

  if (ValPE==HIGH && ValBL1==LOW &&
  ValBL2==HIGH && ValBL3==HIGH &&
  ValBL4==HIGH && ValBL5==HIGH)
  {
    imp_letra1();
    Serial.print("La letra 1 es: ");
    Serial.println(letra1);

    if(xL1==true)
    {
```



```

    BT.println(letra1);
}
if(xL1==false)
{
    Serial.println("La letra 1 no tiene valor");
    delay(1000);
    BT.println("123456");
}
}
if (ValPE==HIGH && ValBL1==HIGH &&
ValBL2==LOW && ValBL3==HIGH &&
ValBL4==HIGH && ValBL5==HIGH)
{
    imp_letra2();
    Serial.print("La letra 2 es: ");
    Serial.println(letra2);
    //BT.println(letra2);
    if(xL2==true)
    {
        BT.println(letra2);
    }
    if(xL2==false)
    {
        Serial.println("La letra 2 no tiene valor");
        delay(1000);
        BT.println("123456");
    }
}
if (ValPE==HIGH && ValBL1==HIGH &&
ValBL2==HIGH && ValBL3==LOW &&
ValBL4==HIGH && ValBL5==HIGH)
{
    imp_letra3();
    Serial.print("La letra 3 es: ");
    Serial.println(letra3);
    if(xL3==true)
    {
        BT.println(letra3);
    }
    if(xL3==false)
    {
        Serial.println("La letra 3 no tiene valor");
        delay(1000);
        BT.println("123456");
    }
}
if (ValPE==HIGH && ValBL1==HIGH &&
ValBL2==HIGH && ValBL3==HIGH &&
ValBL4==LOW && ValBL5==HIGH)
{
    imp_letra4();
    Serial.print("La letra 4 es: ");
    Serial.println(letra4);
    if(xL4==true)
    {
        BT.println(letra4);
    }
    if(xL4==false)
    {
        Serial.println("La letra 4 no tiene valor");
        delay(1000);
        BT.println("123456");
    }
}
}
if (ValPE==HIGH && ValBL1==HIGH &&
ValBL2==HIGH && ValBL3==HIGH &&
ValBL4==HIGH && ValBL5==LOW)
{
    imp_letra5();
    Serial.print("La letra 5 es: ");
    Serial.println(letra5);
    if(xL5==true)
    {
        BT.println(letra5);
    }
    if(xL5==false)
    {
        Serial.println("La letra 5 no tiene valor");
        delay(1000);
        BT.println("123456");
    }
}
}

letra1= " ";
letra2= " ";
letra3= " ";
letra4= " ";
letra5= " ";
b1=false;
b2=false;
b3=false;
b4=false;
b5=false;
b6=false;
s1=0;
s2=0;
s3=0;
s4=0;
s5=0;
s6=0;
qtrL1 = 5;
qtrL2 = 22;
qtrL3 = 28;
qtrL4 = 34;
qtrL5 = 40;
xL1= false;
xL2= false;
xL3= false;
xL4= false;
xL5= false;
}

void leer_QTR1()
{
    for(int i=1;i<=6;i++)
    {
        pinMode(qtrL1,OUTPUT);
        digitalWrite(qtrL1,HIGH);
    }
}

```

```

delay(50);
pinMode(qtrL1,INPUT);
time=micros();
while(digitalRead(qtrL1)) {}
Serial.print("qtrL1: ");
Serial.print("qtr ");
Serial.print(qtrL1);
Serial.print("= ");
long a =micros()-time;
Serial.println(a);

if (qtrL1==5)
{
s1=a;
Serial.print("s1: "); Serial.println(s1);

if (s1<=400 && s1>=0)
{
b1=true;
Serial.print("s1: ");Serial.println(b1);
}
else
{
b1=false;
Serial.print("s1: ");Serial.println(b1);
}
}

if (qtrL1==6)
{
s2=a;
Serial.print("s2: "); Serial.println(s2);

if (s2<=400 && s2>=0)
{
b2=true;
Serial.print("s2: ");Serial.println(b2);
}
else
{
b2=false;
Serial.print("s2: ");Serial.println(b2);
}
}

if (qtrL1==7)
{
s3=a;
Serial.print("s3: "); Serial.println(s3);

if (s3<=400 && s3>=0)
{
b3=true;
Serial.print("s3: ");Serial.println(b3);
}
else
{
b3=false;
Serial.print("s3: ");Serial.println(b3);
}
}

if (qtrL1==8)
{
s4=a;
Serial.print("s4: "); Serial.println(s4);

if (s4<=400 && s4>=0)
{
b4=true;
Serial.print("s4: ");Serial.println(b4);
}
else
{
b4=false;
Serial.print("s4: ");Serial.println(b4);
}
}

if (qtrL1==9)
{
s5=a;
Serial.print("s5: "); Serial.println(s5);

if (s5<=400 && s5>=0)
{
b5=true;
Serial.print("s5: ");Serial.println(b5);
}
else
{
b5=false;
Serial.print("s5: ");Serial.println(b5);
}
}

if (qtrL1==10)
{
s6=a;
Serial.print("s6: "); Serial.println(s6);

if (s6<=400 && s6>=0)
{
b6=true;
Serial.print("s6: ");Serial.println(b6);
}
else
{
b6=false;
Serial.print("s6: ");Serial.println(b6);
}
}

```

```

    qtrL1=qtrL1+1;
    Serial.println(i);
    p1=1;
    p2=0;
    p3=0;
    p4=0;
    p5=0;
}
}
void leer_QTR2()
{
    for(int i=1;i<=6;i++)
    {
        pinMode(qtrL2,OUTPUT);
        digitalWrite(qtrL2,HIGH);
        delay(50);
        pinMode(qtrL2,INPUT);
        time=micros();
        while(digitalRead(qtrL2)) { }
        Serial.print("qtrL2: ");
        Serial.print("qtr ");
        Serial.print(qtrL2);
        Serial.print("= ");
        long a =micros()-time;
        Serial.println(a);

        if (qtrL2==22)
        {
            s1=a;
            Serial.print("s1: "); Serial.println(s1);

            if (s1<=400 && s1>=0)
            {
                b1=true;
                Serial.print("s1: ");Serial.println(b1);
            }
            else
            {
                b1=false;
                Serial.print("s1: ");Serial.println(b1);
            }
        }

        if (qtrL2==23)
        {
            s2=a;
            Serial.print("s2: "); Serial.println(s2);

            if (s2<=400 && s2>=0)
            {
                b2=true;
                Serial.print("s2: ");Serial.println(b2);
            }
            else
            {
                b2=false;
                Serial.print("s2: ");Serial.println(b2);
            }
        }

        if (qtrL2==24)
        {
            s3=a;
            Serial.print("s3: "); Serial.println(s3);

            if (s3<=400 && s3>=0)
            {
                b3=true;
                Serial.print("s3: ");Serial.println(b3);
            }
            else
            {
                b3=false;
                Serial.print("s3: ");Serial.println(b3);
            }
        }

        if (qtrL2==25)
        {
            s4=a;
            Serial.print("s4: "); Serial.println(s4);

            if (s4<=400 && s4>=0)
            {
                b4=true;
                Serial.print("s4: ");Serial.println(b4);
            }
            else
            {
                b4=false;
                Serial.print("s4: ");Serial.println(b4);
            }
        }

        if (qtrL2==26)
        {
            s5=a;
            Serial.print("s5: "); Serial.println(s5);

            if (s5<=400 && s5>=0)
            {
                b5=true;
                Serial.print("s5: ");Serial.println(b5);
            }
            else
            {
                b5=false;
                Serial.print("s5: ");Serial.println(b5);
            }
        }

        if (qtrL2==27)
        {
            s6=a;
            Serial.print("s6: "); Serial.println(s6);
        }
    }
}

```

```

    if (s6<=400 && s6>=0)
    {
        b6=true;
        Serial.print("s6: ");Serial.println(b6);
    }
    else
    {
        b6=false;
        Serial.print("s6: ");Serial.println(b6);
    }
}

qtrL2=qtrL2+1;
Serial.println(i);
p1=0;
p2=1;
p3=0;
p4=0;
p5=0;
}
}

void leer_QTR3()
{
    for(int i=1;i<=6;i++)
    {

        pinMode(qtrL3,OUTPUT);
        digitalWrite(qtrL3,HIGH);
        delay(50);
        pinMode(qtrL3,INPUT);
        time=micros();
        while(digitalRead(qtrL3)) {}
        Serial.print("qtrL3: ");
        Serial.print("qtr ");
        Serial.print(qtrL3);
        Serial.print("= ");
        long a =micros()-time;
        Serial.println(a);

        if (qtrL3==28)
        {
            s1=a;
            Serial.print("s1: "); Serial.println(s1);

            if (s1<=400 && s1>=0)
            {
                b1=true;
                Serial.print("s1: ");Serial.println(b1);
            }
            else
            {
                b1=false;
                Serial.print("s1: ");Serial.println(b1);
            }
        }
    }
}

if (qtrL3==29)
{
    s2=a;
    Serial.print("s2: "); Serial.println(s2);

    if (s2<=400 && s2>=0)
    {
        b2=true;
        Serial.print("s2: ");Serial.println(b2);
    }
    else
    {
        b2=false;
        Serial.print("s2: ");Serial.println(b2);
    }
}

if (qtrL3==30)
{
    s3=a;
    Serial.print("s3: "); Serial.println(s3);

    if (s3<=400 && s3>=0)
    {
        b3=true;
        Serial.print("s3: ");Serial.println(b3);
    }
    else
    {
        b3=false;
        Serial.print("s3: ");Serial.println(b3);
    }
}

if (qtrL3==31)
{
    s4=a;
    Serial.print("s4: "); Serial.println(s4);

    if (s4<=400 && s4>=0)
    {
        b4=true;
        Serial.print("s4: ");Serial.println(b4);
    }
    else
    {
        b4=false;
        Serial.print("s4: ");Serial.println(b4);
    }
}

if (qtrL3==32)
{
    s5=a;
    Serial.print("s5: "); Serial.println(s5);

    if (s5<=400 && s5>=0)
    {

```

```

    b5=true;
    Serial.print("s5: ");Serial.println(b5);
  }
  else
  {
    b5=false;
    Serial.print("s5: ");Serial.println(b5);
  }
}

```

```

if (qtrL3==33)
{
  s6=a;
  Serial.print("s6: "); Serial.println(s6);

```

```

  if (s6<=400 && s6>=0)
  {
    b6=true;
    Serial.print("s6: ");Serial.println(b6);
  }
  else
  {
    b6=false;
    Serial.print("s6: ");Serial.println(b6);
  }
}

```

```

qtrL3=qtrL3+1;
Serial.println(i);
p1=0;
p2=0;
p3=1;
p4=0;
p5=0;
}
}

```

```

void leer_QTR4()
{
  for(int i=1;i<=6;i++)
  {

    pinMode(qtrL4,OUTPUT);
    digitalWrite(qtrL4,HIGH);
    delay(50);
    pinMode(qtrL4,INPUT);
    time=micros();
    while(digitalRead(qtrL4)) {}
    Serial.print("qtrL4: ");
    Serial.print("qtr ");
    Serial.print(qtrL4);
    Serial.print("= ");
    long a =micros()-time;
    Serial.println(a);

```

```

if (qtrL4==34)
{

```

```

s1=a;
Serial.print("s1: "); Serial.println(s1);

if (s1<=400 && s1>=0)
{
  b1=true;
  Serial.print("s1: ");Serial.println(b1);
}
else
{
  b1=false;
  Serial.print("s1: ");Serial.println(b1);
}
}

```

```

if (qtrL4==35)
{
  s2=a;
  Serial.print("s2: "); Serial.println(s2);

  if (s2<=400 && s2>=0)
  {
    b2=true;
    Serial.print("s2: ");Serial.println(b2);
  }
  else
  {
    b2=false;
    Serial.print("s2: ");Serial.println(b2);
  }
}
}

```

```

if (qtrL4==36)
{
  s3=a;
  Serial.print("s3: "); Serial.println(s3);

```

```

  if (s3<=400 && s3>=0)
  {
    b3=true;
    Serial.print("s3: ");Serial.println(b3);
  }
  else
  {
    b3=false;
    Serial.print("s3: ");Serial.println(b3);
  }
}
}

```

```

if (qtrL4==37)
{
  s4=a;
  Serial.print("s4: "); Serial.println(s4);

```

```

  if (s4<=400 && s4>=0)
  {
    b4=true;

```

```

    Serial.print("s4: ");Serial.println(b4);
  }
  else
  {
    b4=false;
    Serial.print("s4: ");Serial.println(b4);
  }
}

if (qtrL4==38)
{
  s5=a;
  Serial.print("s5: "); Serial.println(s5);

  if (s5<=400 && s5>=0)
  {
    b5=true;
    Serial.print("s5: ");Serial.println(b5);
  }
  else
  {
    b5=false;
    Serial.print("s5: ");Serial.println(b5);
  }
}

if (qtrL4==39)
{
  s6=a;
  Serial.print("s6: "); Serial.println(s6);

  if (s6<=400 && s6>=0)
  {
    b6=true;
    Serial.print("s6: ");Serial.println(b6);
  }
  else
  {
    b6=false;
    Serial.print("s6: ");Serial.println(b6);
  }
}

qtrL4=qtrL4+1;
Serial.println(i);
p1=0;
p2=0;
p3=0;
p4=1;
p5=0;
}
}

void leer_QTR5()
{
  for(int i=1;i<=6;i++)
  {
    pinMode(qtrL5,OUTPUT);
    digitalWrite(qtrL5,HIGH);
    delay(50);
    pinMode(qtrL5,INPUT);
    time=micros();
    while(digitalRead(qtrL5)) {}
    Serial.print("qtrL5: ");
    Serial.print("qtr ");
    Serial.print(qtrL5);
    Serial.print("= ");
    long a =micros()-time;
    Serial.println(a);

    if (qtrL5==40)
    {
      s1=a;
      Serial.print("s1: "); Serial.println(s1);

      if (s1<=400 && s1>=0)
      {
        b1=true;
        Serial.print("s1: ");Serial.println(b1);
      }
      else
      {
        b1=false;
        Serial.print("s1: ");Serial.println(b1);
      }
    }

    if (qtrL5==41)
    {
      s2=a;
      Serial.print("s2: "); Serial.println(s2);

      if (s2<=400 && s2>=0)
      {
        b2=true;
        Serial.print("s2: ");Serial.println(b2);
      }
      else
      {
        b2=false;
        Serial.print("s2: ");Serial.println(b2);
      }
    }

    if (qtrL5==42)
    {
      s3=a;
      Serial.print("s3: "); Serial.println(s3);

      if (s3<=400 && s3>=0)
      {
        b3=true;
        Serial.print("s3: ");Serial.println(b3);
      }
    }
  }
}

```

```

}
else
{
    b3=false;
    Serial.print("s3: ");Serial.println(b3);
}
}

if (qtrL5==43)
{
    s4=a;
    Serial.print("s4: "); Serial.println(s4);

    if (s4<=400 && s4>=0)
    {
        b4=true;
        Serial.print("s4: ");Serial.println(b4);
    }
    else
    {
        b4=false;
        Serial.print("s4: ");Serial.println(b4);
    }
}

if (qtrL5==44)
{
    s5=a;
    Serial.print("s5: "); Serial.println(s5);

    if (s5<=400 && s5>=0)
    {
        b5=true;
        Serial.print("s5: ");Serial.println(b5);
    }
    else
    {
        b5=false;
        Serial.print("s5: ");Serial.println(b5);
    }
}

if (qtrL5==45)
{
    s6=a;
    Serial.print("s6: "); Serial.println(s6);

    if (s6<=400 && s6>=0)
    {
        b6=true;
        Serial.print("s6: ");Serial.println(b6);
    }
    else
    {
        b6=false;
        Serial.print("s6: ");Serial.println(b6);
    }
}

qtrL5=qtrL5+1;
Serial.println(i);
p1=0;
p2=0;
p3=0;
p4=0;
p5=1;
}
}

void a ()
{
    if (b1==true && b2==false && b3==false &&
b4==false && b5==false && b6==false )
    {
        if (p1==1)
        {
            letra1="a";
            xL1= true;
        }
        if (p2==1)
        {
            letra2="a";
            xL2= true;
        }
        if (p3==1)
        {
            letra3="a";
            xL3= true;
        }
        if (p4==1)
        {
            letra4="a";
            xL4= true;
        }
        if (p5==1)
        {
            letra5="a";
            xL5= true;
        }
    }
}

void b ()
{
    if (b1==true && b2==true && b3==false &&
b4==false && b5==false && b6==false )
    {
        if (p1==1)
        {
            letra1="b";
            xL1= true;
        }
        if (p2==1)
        {
            letra2="b";
            xL2= true;
        }
        if (p3==1)

```

```

    {
        letra3="b";
        xL3= true;
    }
    if (p4==1)
    {
        letra4="b";
        xL4= true;
    }
    if (p5==1)
    {
        letra5="b";
        xL5= true;
    }
}
void c ()
{
    if (b1==true && b2==false && b3==false &&
b4==true && b5==false && b6==false )
    {
        if (p1==1)
        {
            letra1="c";
            xL1= true;
        }
        if (p2==1)
        {
            letra2="c";
            xL2= true;
        }
        if (p3==1)
        {
            letra3="c";
            xL3= true;
        }
        if (p4==1)
        {
            letra4="c";
            xL4= true;
        }
        if (p5==1)
        {
            letra5="c";
            xL5= true;
        }
    }
}
void d ()
{
    if (b1==true && b2==false && b3==false &&
b4==true && b5==true && b6==false )
    {
        if (p1==1)
        {
            letra1="d";
            xL1= true;
        }
    }
}

```

```

    if (p2==1)
    {
        letra2="d";
        xL2= true;
    }
    if (p3==1)
    {
        letra3="d";
        xL3= true;
    }
    if (p4==1)
    {
        letra4="d";
        xL4= true;
    }
    if (p5==1)
    {
        letra5="d";
        xL5= true;
    }
}
void e ()
{
    if (b1==true && b2==false && b3==false &&
b4==false && b5==true && b6==false )
    {
        if (p1==1)
        {
            letra1="e";
            xL1= true;
        }
        if (p2==1)
        {
            letra2="e";
            xL2= true;
        }
        if (p3==1)
        {
            letra3="e";
            xL3= true;
        }
        if (p4==1)
        {
            letra4="e";
            xL4= true;
        }
        if (p5==1)
        {
            letra5="e";
            xL5= true;
        }
    }
}
void f ()
{
    if (b1==true && b2==true && b3==false &&
b4==true && b5==false && b6==false )

```



```

{
if (p1==1)
{
letra1="f";
xL1= true;
}
if (p2==1)
{
letra2="f";
xL2= true;
}
if (p3==1)
{
letra3="f";
xL3= true;
}
if (p4==1)
{
letra4="f";
xL4= true;
}
if (p5==1)
{
letra5="f";
xL5= true;
}
}
}
void g ()
{
if (b1==true && b2==true && b3==false &&
b4==true && b5==true && b6==false )
{
if (p1==1)
{
letra1="g";
xL1= true;
}
if (p2==1)
{
letra2="g";
xL2= true;
}
if (p3==1)
{
letra3="g";
xL3= true;
}
if (p4==1)
{
letra4="g";
xL4= true;
}
if (p5==1)
{
letra5="g";
xL5= true;
}
}
}

```

```

}
}
void h ()
{
if (b1==true && b2==true && b3==false &&
b4==false && b5==true && b6==false )
{
if (p1==1)
{
letra1="h";
xL1= true;
}
if (p2==1)
{
letra2="h";
xL2= true;
}
if (p3==1)
{
letra3="h";
xL3= true;
}
if (p4==1)
{
letra4="h";
xL4= true;
}
if (p5==1)
{
letra5="h";
xL5= true;
}
}
}
void i ()
{
if (b1==false && b2==true && b3==false &&
b4==true && b5==false && b6==false )
{
if (p1==1)
{
letra1="i";
xL1= true;
}
if (p2==1)
{
letra2="i";
xL2= true;
}
if (p3==1)
{
letra3="i";
xL3= true;
}
if (p4==1)
{
letra4="i";
xL4= true;
}
}
}

```

```

    }
    if (p5==1)
    {
        letra5="i";
        xL5= true;
    }
}
void j ()
{
    if (b1==false && b2==true && b3==false &&
b4==true && b5==true && b6==false )
    {
        if (p1==1)
        {
            letra1="j";
            xL1= true;
        }
        if (p2==1)
        {
            letra2="j";
            xL2= true;
        }
        if (p3==1)
        {
            letra3="j";
            xL3= true;
        }
        if (p4==1)
        {
            letra4="j";
            xL4= true;
        }
        if (p5==1)
        {
            letra5="j";
            xL5= true;
        }
    }
}
void k ()
{
    if (b1==true && b2==false && b3==true &&
b4==false && b5==false && b6==false )
    {
        if (p1==1)
        {
            letra1="k";
            xL1= true;
        }
        if (p2==1)
        {
            letra2="k";
            xL2= true;
        }
        if (p3==1)
        {
            letra3="k";
            xL3= true;
        }
    }
}

```

```

    if (p4==1)
    {
        letra4="k";
        xL4= true;
    }
    if (p5==1)
    {
        letra5="k";
        xL5= true;
    }
}
void l ()
{
    if (b1==true && b2==true && b3==true &&
b4==false && b5==false && b6==false )
    {
        if (p1==1)
        {
            letra1="l";
            xL1= true;
        }
        if (p2==1)
        {
            letra2="l";
            xL2= true;
        }
        if (p3==1)
        {
            letra3="l";
            xL3= true;
        }
        if (p4==1)
        {
            letra4="l";
            xL4= true;
        }
        if (p5==1)
        {
            letra5="l";
            xL5= true;
        }
    }
}
void m ()
{
    if (b1==true && b2==false && b3==true &&
b4==true && b5==false && b6==false )
    {
        if (p1==1)
        {
            letra1="m";
            xL1= true;
        }
        if (p2==1)
        {
            letra2="m";
            xL2= true;
        }
        if (p3==1)

```

```

    {
        letra3="m";
        xL3= true;
    }
    if (p4==1)
    {
        letra4="m";
        xL4= true;
    }
    if (p5==1)
    {
        letra5="m";
        xL5= true;
    }
}
void n ()
{
    if (b1==true && b2==false && b3==true &&
b4==true && b5==true && b6==false )
    {
        if (p1==1)
        {
            letra1="n";
            xL1= true;
        }
        if (p2==1)
        {
            letra2="n";
            xL2= true;
        }
        if (p3==1)
        {
            letra3="n";
            xL3= true;
        }
        if (p4==1)
        {
            letra4="n";
            xL4= true;
        }
        if (p5==1)
        {
            letra5="n";
            xL5= true;
        }
    }
}
void nie ()
{
    if (b1==true && b2==true && b3==false &&
b4==true && b5==true && b6==true )
    {
        if (p1==1)
        {
            letra1="ñ";
            xL1= true;
        }
        if (p2==1)
        {

```

```

            letra2="ñ";
            xL2= true;
        }
        if (p3==1)
        {
            letra3="ñ";
            xL3= true;
        }
        if (p4==1)
        {
            letra4="ñ";
            xL4= true;
        }
        if (p5==1)
        {
            letra5="ñ";
            xL5= true;
        }
    }
}
void o ()
{
    if (b1==true && b2==false && b3==true &&
b4==false && b5==true && b6==false )
    {
        if (p1==1)
        {
            letra1="o";
            xL1= true;
        }
        if (p2==1)
        {
            letra2="o";
            xL2= true;
        }
        if (p3==1)
        {
            letra3="o";
            xL3= true;
        }
        if (p4==1)
        {
            letra4="o";
            xL4= true;
        }
        if (p5==1)
        {
            letra5="o";
            xL5= true;
        }
    }
}
void p ()
{
    if (b1==true && b2==true && b3==true &&
b4==true && b5==false && b6==false )
    {
        if (p1==1)
        {
            letra1="p";

```

```

    xL1= true;
}
if (p2==1)
{
    letra2="p";
    xL2= true;
}
if (p3==1)
{
    letra3="p";
    xL3= true;
}
if (p4==1)
{
    letra4="p";
    xL4= true;
}
if (p5==1)
{
    letra5="p";
    xL5= true;
}
}
}
void q ()
{
    if (b1==true && b2==true && b3==true &&
b4==true && b5==true && b6==false )
    {
        if (p1==1)
        {
            letra1="q";
            xL1= true;
        }
        if (p2==1)
        {
            letra2="q";
            xL2= true;
        }
        if (p3==1)
        {
            letra3="q";
            xL3= true;
        }
        if (p4==1)
        {
            letra4="q";
            xL4= true;
        }
        if (p5==1)
        {
            letra5="q";
            xL5= true;
        }
    }
}
void r ()
{
    if (b1==true && b2==true && b3==true &&
b4==false && b5==true && b6==false )

```

```

{
    if (p1==1)
    {
        letra1="r";
        xL1= true;
    }
    if (p2==1)
    {
        letra2="r";
        xL2= true;
    }
    if (p3==1)
    {
        letra3="r";
        xL3= true;
    }
    if (p4==1)
    {
        letra4="r";
        xL4= true;
    }
    if (p5==1)
    {
        letra5="r";
        xL5= true;
    }
}
}
void s ()
{
    if (b1==false && b2==true && b3==true &&
b4==true && b5==false && b6==false )
    {
        if (p1==1)
        {
            letra1="s";
            xL1= true;
        }
        if (p2==1)
        {
            letra2="s";
            xL2= true;
        }
        if (p3==1)
        {
            letra3="s";
            xL3= true;
        }
        if (p4==1)
        {
            letra4="s";
            xL4= true;
        }
        if (p5==1)
        {
            letra5="s";
            xL5= true;
        }
    }
}
}

```

```

void t ()
{
    if (b1==false && b2==true && b3==true &&
b4==true && b5==true && b6==false )
    {
        if (p1==1)
        {
            letra1="t";
            xL1= true;
        }
        if (p2==1)
        {
            letra2="t";
            xL2= true;
        }
        if (p3==1)
        {
            letra3="t";
            xL3= true;
        }
        if (p4==1)
        {
            letra4="t";
            xL4= true;
        }
        if (p5==1)
        {
            letra5="t";
            xL5= true;
        }
    }
}
void u ()
{
    if (b1==true && b2==false && b3==true &&
b4==false && b5==false && b6==true )
    {
        if (p1==1)
        {
            letra1="u";
            xL1= true;
        }
        if (p2==1)
        {
            letra2="u";
            xL2= true;
        }
        if (p3==1)
        {
            letra3="u";
            xL3= true;
        }
        if (p4==1)
        {
            letra4="u";
            xL4= true;
        }
        if (p5==1)
        {
            letra5="u";

```

```

        xL5= true;
    }
}
void v ()
{
    if (b1==true && b2==true && b3==true &&
b4==false && b5==false && b6==true )
    {
        if (p1==1)
        {
            letra1="v";
            xL1= true;
        }
        if (p2==1)
        {
            letra2="v";
            xL2= true;
        }
        if (p3==1)
        {
            letra3="v";
            xL3= true;
        }
        if (p4==1)
        {
            letra4="v";
            xL4= true;
        }
        if (p5==1)
        {
            letra5="v";
            xL5= true;
        }
    }
}
void w ()
{
    if (b1==false && b2==true && b3==false &&
b4==true && b5==true && b6==true )
    {
        if (p1==1)
        {
            letra1="w";
            xL1= true;
        }
        if (p2==1)
        {
            letra2="w";
            xL2= true;
        }
        if (p3==1)
        {
            letra3="w";
            xL3= true;
        }
        if (p4==1)
        {
            letra4="w";
            xL4= true;

```

```

    }
    if (p5==1)
    {
        letra5="w";
        xL5= true;
    }
}
void x ()
{
    if (b1==true && b2==false && b3==true &&
b4==true && b5==false && b6==true )
    {
        if (p1==1)
        {
            letra1="x";
            xL1= true;
        }
        if (p2==1)
        {
            letra2="x";
            xL2= true;
        }
        if (p3==1)
        {
            letra3="x";
            xL3= true;
        }
        if (p4==1)
        {
            letra4="x";
            xL4= true;
        }
        if (p5==1)
        {
            letra5="x";
            xL5= true;
        }
    }
}
void y ()
{
    if (b1==true && b2==false && b3==true &&
b4==true && b5==true && b6==true )
    {
        if (p1==1)
        {
            letra1="y";
            xL1= true;
        }
        if (p2==1)
        {
            letra2="y";
            xL2= true;
        }
        if (p3==1)
        {
            letra3="y";
            xL3= true;
        }
    }
}

```

```

    if (p4==1)
    {
        letra4="y";
        xL4= true;
    }
    if (p5==1)
    {
        letra5="y";
        xL5= true;
    }
}
void z ()
{
    if (b1==true && b2==false && b3==true &&
b4==false && b5==true && b6==true )
    {
        if (p1==1)
        {
            letra1="z";
            xL1= true;
        }
        if (p2==1)
        {
            letra2="z";
            xL2= true;
        }
        if (p3==1)
        {
            letra3="z";
            xL3= true;
        }
        if (p4==1)
        {
            letra4="z";
            xL4= true;
        }
        if (p5==1)
        {
            letra5="z";
            xL5= true;
        }
    }
}
void alfabeto ()
{
    a (); b (); c (); d (); e (); f (); g (); h (); i ();
j ();
k (); l (); m (); n (); nie (); o (); p (); q (); r ();
s (); t (); u (); v ();
w (); x (); y (); z ();
}

void imp_letra1 ()
{
    leer_QTR1();
    alfabeto();
}

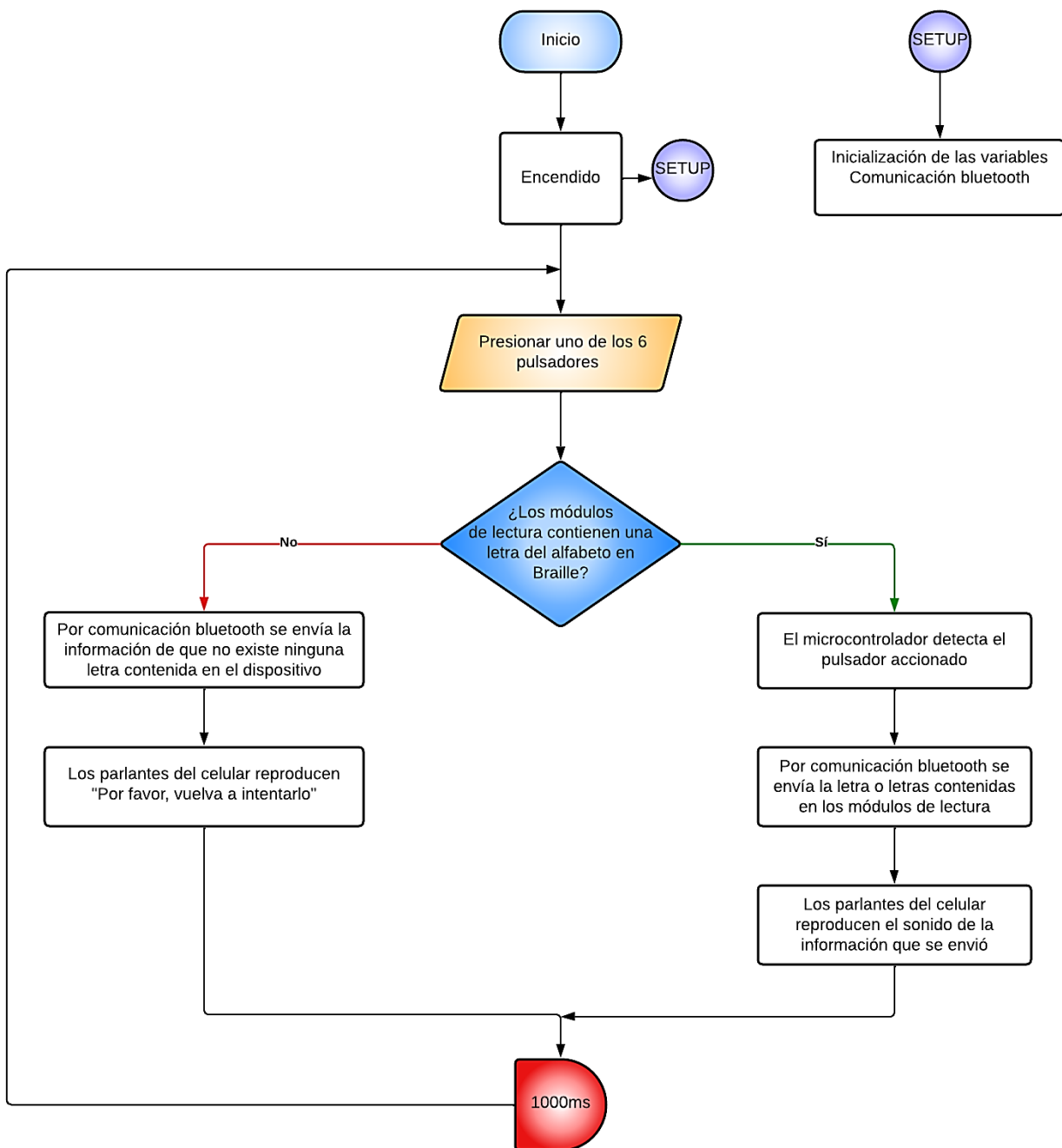
```

```

Serial.print("Letra 1: ");
Serial.println(letra1);
b1=false;
b2=false;
b3=false;
b4=false;
b5=false;
b6=false;
s1=0;
s2=0;
s3=0;
s4=0;
s5=0;
s6=0;
qtrL1 = 5;
p1=0;
p2=0;
p3=0;
p4=0;
p5=0;
}
void imp_letra2()
{
  leer_QTR2();
  alfabeto();
  Serial.print("Letra 2: ");
  Serial.println(letra2);
  b1=false;
  b2=false;
  b3=false;
  b4=false;
  b5=false;
  b6=false;
  s1=0;
  s2=0;
  s3=0;
  s4=0;
  s5=0;
  s6=0;
  qtrL2 = 22;
  p1=0;
  p2=0;
  p3=0;
  p4=0;
  p5=0;
}
void imp_letra3()
{
  leer_QTR3();
  alfabeto();
  Serial.print("Letra 3: ");
  Serial.println(letra3);
  b1=false;
  b2=false;
  b3=false;
  b4=false;
  b5=false;
  b6=false;
  s1=0;
  s2=0;
  s3=0;
  s4=0;
  s5=0;
  s6=0;
  qtrL3 = 28;
  p1=0;
  p2=0;
  p3=0;
  p4=0;
  p5=0;
}
void imp_letra4()
{
  leer_QTR4();
  alfabeto();
  Serial.print("Letra 4: ");
  Serial.println(letra4);
  b1=false;
  b2=false;
  b3=false;
  b4=false;
  b5=false;
  b6=false;
  s1=0;
  s2=0;
  s3=0;
  s4=0;
  s5=0;
  s6=0;
  qtrL4 = 34;
  p1=0;
  p2=0;
  p3=0;
  p4=0;
  p5=0;
}
void imp_letra5()
{
  leer_QTR5();
  alfabeto();
  Serial.print("Letra 5: ");
  Serial.println(letra5);
  b1=false;
  b2=false;
  b3=false;
  b4=false;
  b5=false;
  b6=false;
  s1=0;
  s2=0;
  s3=0;
  s4=0;
  s5=0;
  s6=0;
  qtrL5 = 40;
  p1=0;
  p2=0;
  p3=0;
  p4=0;
  p5=0;
}

```

}
B. Diagrama de flujo



C. Valores de reflectancia

Pruebas	Sensor	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3
1		376	604	6880
2		376	604	6896
3		376	604	6896
4		380	624	6904
5		380	608	6924
6		376	620	6908
7		380	620	6900
8		380	612	6900
9		380	624	6896
10		376	608	6888
11		376	636	6896
12		376	632	6900
13		380	652	6892
14		380	632	6884
15		376	628	6884
16		376	620	6880
17		372	612	6884
18		376	608	6884
19		376	616	6888
20		380	632	6892
21		376	624	6876
22		368	612	6900
23		380	628	6876
24		380	612	6900
25	qtr1	376	660	6876
26		372	620	6892
27		380	616	6892
28		380	616	6880
29		376	636	6884
30		380	616	6876
31		380	612	6672
32		372	624	6656
33		372	612	6684
34		372	620	6684
35		380	640	6688
36		376	636	6696
37		376	640	6708
38		380	644	6696
39		372	644	6712
40		380	632	6700
41		380	660	6708
42		372	676	6708
43		380	628	6692
44		372	640	6720
45		380	632	6700
46		384	628	6708
47		372	632	6700
48		384	640	6696
49		376	648	6708
50		376	616	6688

Pruebas	Sensor	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3
1		362	768	12016
2		366	760	12044
3		366	764	11776
4		366	772	11416
5		362	756	11256
6		366	760	11180
7		366	736	11308
8		362	756	11116
9		370	760	11156
10		370	772	11064
11		366	752	11004
12		374	752	11012
13		374	780	10672
14		366	776	10680
15		374	744	10716
16		374	756	10740
17		374	752	10764
18		374	756	10760
19		374	752	10800
20		374	748	10776
21		370	744	10384
22		366	752	10584
23		366	748	10692
24		366	744	10672
25		366	748	10676
26	qtr2	362	772	10724
27		362	760	10780
28		386	752	10872
29		382	744	10768
30		370	744	10856
31		362	752	10872
32		378	760	10812
33		362	784	10800
34		358	752	10788
35		358	744	10828
36		362	752	10788
37		362	752	10732
38		362	760	10792
39		362	752	10796
40		362	744	10812
41		362	764	10716
42		370	752	10740
43		362	744	10764
44		358	744	10776
45		362	744	10816
46		362	744	10736
47		362	744	10720
48		362	744	10800
49		362	740	10696
50		362	748	10792

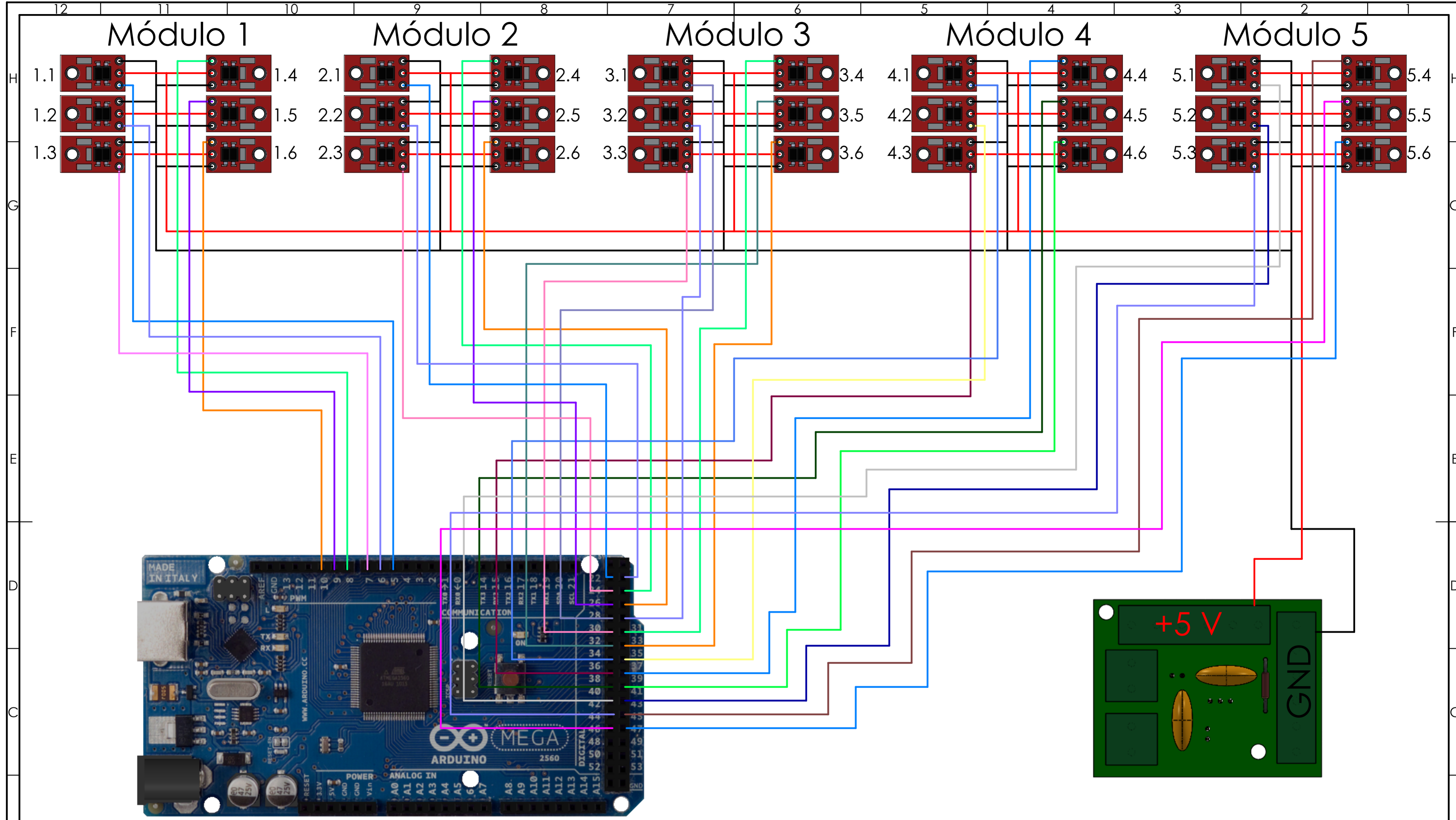
Pruebas	Sensor	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3
1		374	624	10596
2		370	616	10684
3		370	620	10692
4		374	624	10652
5		370	624	10592
6		370	616	10604
7		370	624	10632
8		370	628	10640
9		374	620	10612
10		374	620	10640
11		374	620	10632
12		374	624	10652
13		374	620	10672
14		378	620	10592
15		374	624	10680
16		370	620	10616
17		366	620	10668
18		358	620	10580
19		362	624	10684
20		358	624	10632
21		366	616	10652
22		370	624	10564
23		370	628	10620
24		374	624	10540
25		374	620	10548
26	qtr3	362	628	10624
27		358	624	10560
28		378	616	10564
29		374	620	10528
30		374	624	10592
31		362	624	10532
32		378	620	10600
33		366	624	10532
34		374	628	10552
35		362	620	10552
36		370	620	10572
37		366	624	10524
38		366	624	10508
39		374	616	10556
40		358	620	10524
41		358	624	10580
42		370	624	10496
43		362	616	10620
44		366	620	10576
45		378	620	10532
46		354	620	10548
47		374	624	10536
48		362	628	10532
49		358	616	10572
50		366	628	10520

Pruebas	Sensor	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3
1		364	636	5308
2		364	636	5180
3		364	636	5168
4		368	608	5164
5		364	608	5200
6		368	608	5176
7		368	608	5184
8		368	616	5196
9		368	608	5176
10		364	616	5180
11		368	608	5168
12		364	608	5140
13		364	608	5136
14		368	612	5132
15		368	608	5188
16		368	604	5168
17		364	604	5152
18		364	608	5156
19		364	604	5168
20		364	604	5180
21		364	608	5180
22		368	612	5148
23		372	608	5156
24		368	632	5164
25		372	608	5196
26	qtr4	368	616	5156
27		368	608	5156
28		372	604	5168
29		368	608	5140
30		372	608	5176
31		368	608	5140
32		364	616	5148
33		364	604	5164
34		364	612	5156
35		372	604	5156
36		372	604	5148
37		372	612	5168
38		364	620	5144
39		368	604	5160
40		368	604	5212
41		364	604	5188
42		368	604	5180
43		372	600	5168
44		372	604	5192
45		364	604	5192
46		368	632	5196
47		372	604	5184
48		368	608	5152
49		364	616	5184
50		368	632	5180

Pruebas	Sensor	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3
1		340	700	8884
2		336	704	8892
3		344	700	8932
4		336	696	8912
5		340	704	8928
6		340	704	8904
7		340	708	8936
8		340	700	8904
9		340	700	8908
10		340	708	8824
11		340	700	8968
12		340	684	9032
13		344	676	9096
14		344	676	8984
15		340	684	9004
16		340	684	8996
17		340	676	9104
18		340	684	9008
19		336	684	9028
20		336	684	9104
21		336	684	9004
22		336	712	9012
23		336	704	9048
24		340	704	9028
25	qtr5	340	672	9072
26		340	672	9072
27		336	672	8996
28		344	680	9100
29		336	672	9084
30		340	672	9056
31		336	668	9012
32		340	672	9000
33		340	680	8964
34		336	672	9008
35		340	672	8996
36		336	676	8996
37		340	676	8984
38		344	676	8984
39		340	676	9016
40		344	672	8988
41		350	696	8944
42		340	704	8964
43		336	704	9096
44		344	696	9060
45		336	700	9052
46		340	700	9024
47		344	696	9044
48		336	700	9052
49		340	700	9032
50		340	700	9080

Pruebas	Sensor	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3
1		352	696	10064
2		360	700	10048
3		356	692	10040
4		356	712	10084
5		352	696	10044
6		352	708	10040
7		356	700	10252
8		356	684	10232
9		352	664	10252
10		356	660	10348
11		356	696	10232
12		356	656	10232
13		356	656	10260
14		356	660	10252
15		356	660	10264
16		356	660	10216
17		356	660	11172
18		356	660	10264
19		356	656	10216
20		352	660	10616
21		356	664	12860
22		356	656	10232
23		340	660	10164
24		352	660	10668
25		356	660	10216
26	qtr6	356	656	10248
27		352	656	10256
28		352	660	10196
29		340	656	10216
30		344	816	11652
31		340	704	10232
32		340	696	10212
33		344	696	11724
34		344	696	10876
35		344	684	10200
36		344	680	10212
37		340	688	10200
38		352	680	10172
39		352	684	10236
40		344	684	10216
41		356	684	10232
42		348	660	10204
43		352	684	10304
44		352	708	10700
45		348	684	10220
46		352	704	10248
47		356	684	10248
48		352	688	10248
49		352	680	10204
50		348	704	10228

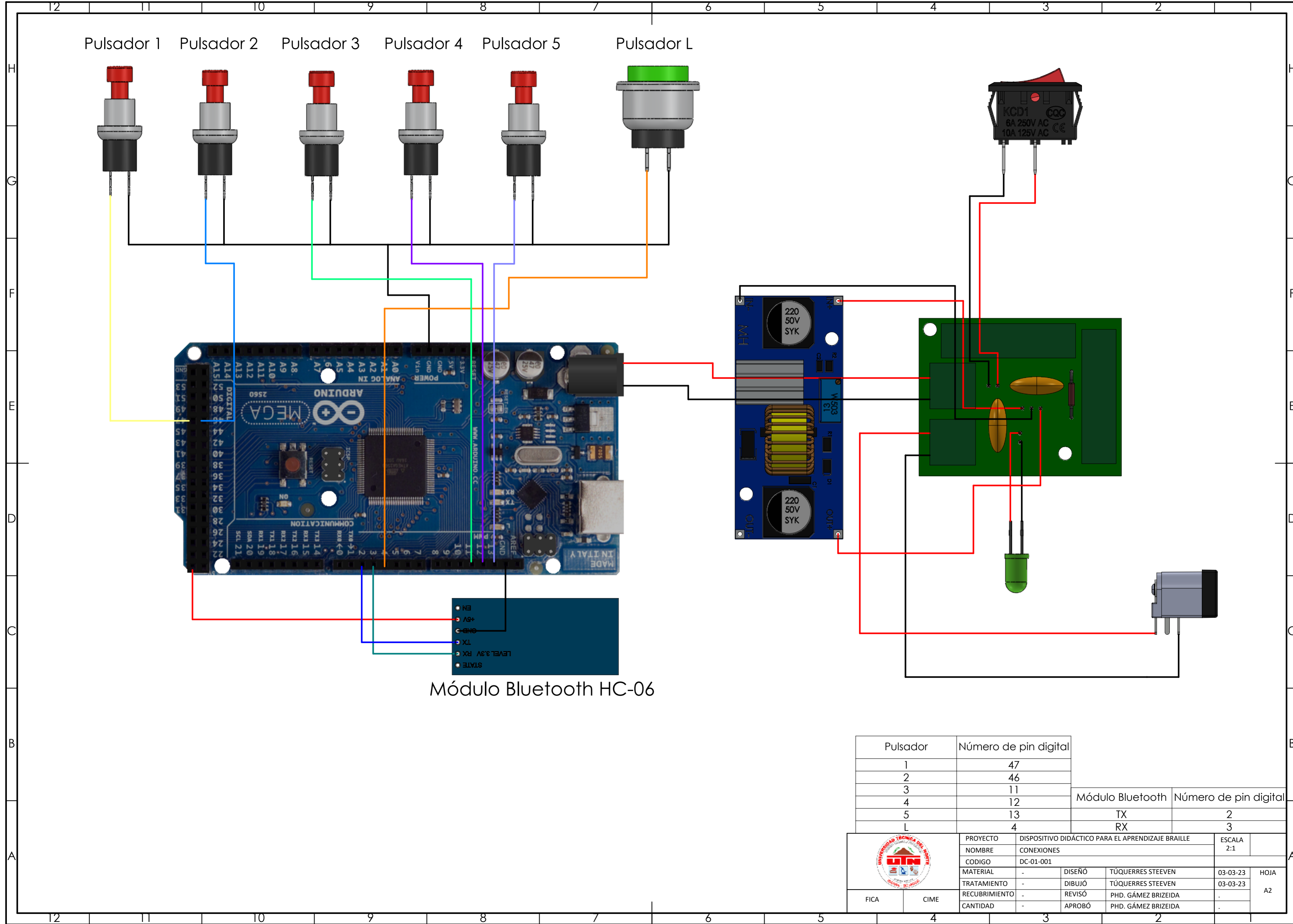
D. Diagrama de conexiones



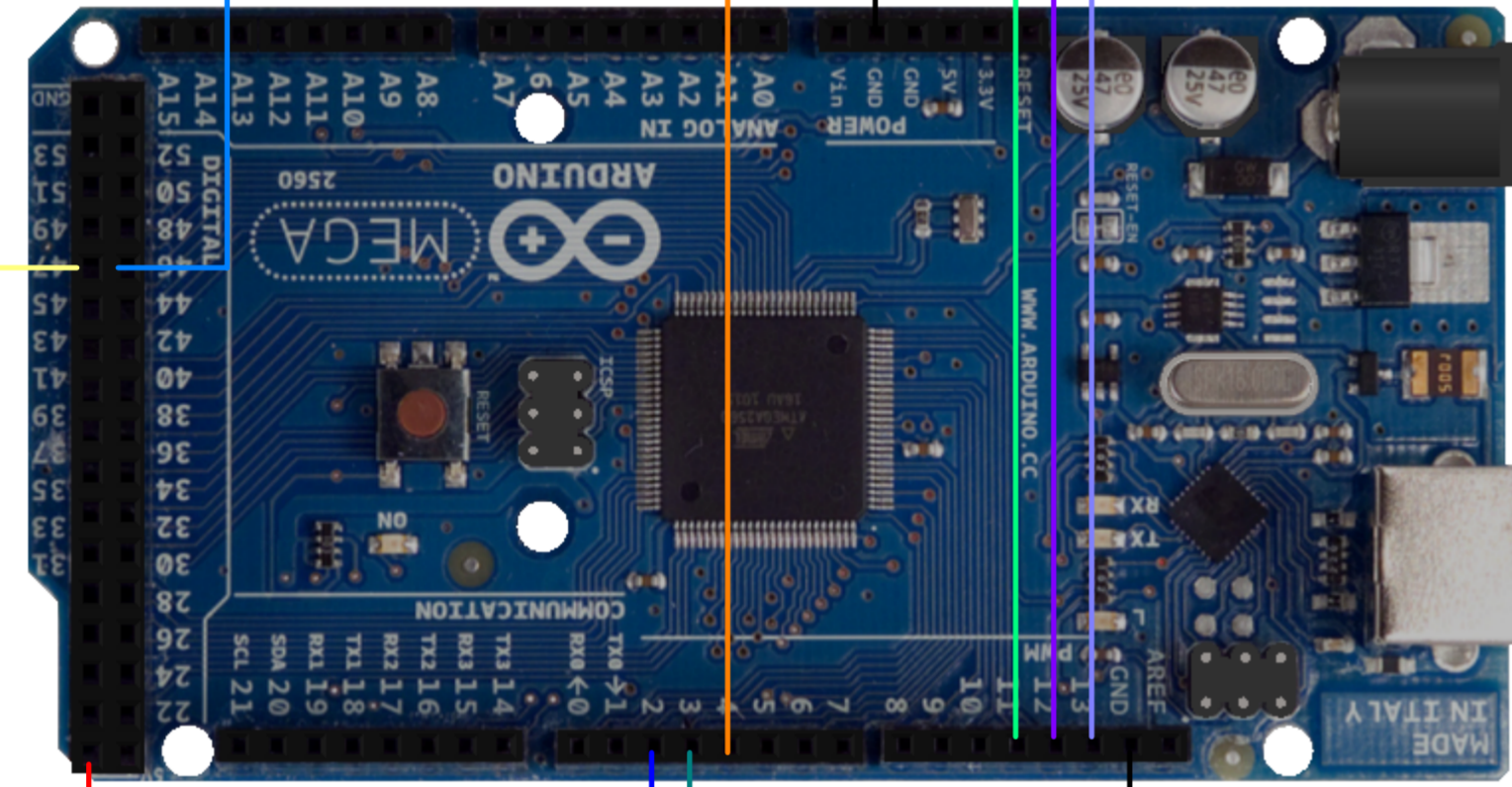
Módulo	Número de pin digital	Módulo	Número de pin digital	Módulo	Número de pin digital	Módulo	Número de pin digital	Módulo	Número de pin digital
1.1	5	2.1	22	3.1	28	4.1	34	5.1	40
1.2	6	2.2	23	3.2	29	4.2	35	5.2	41
1.3	7	2.3	24	3.3	30	4.3	36	5.3	42
1.4	8	2.4	25	3.4	31	4.4	37	5.4	43
1.5	9	2.5	26	3.5	32	4.5	38	5.5	44
1.6	10	2.6	27	3.6	33	4.6	39	5.6	45



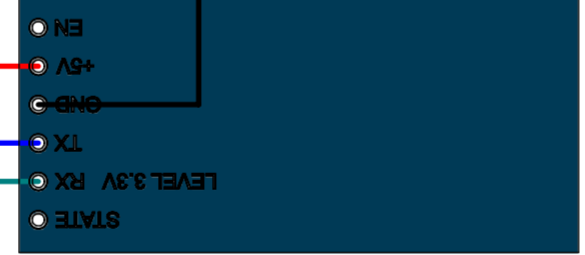
FICA	CIME	PROYECTO	DISPOSITIVO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE BRAILLE		ESCALA	HOJA
		NOMBRE	CONEXIONES PARA LOS SENSORES REFLECTIVOS		2:1	
		CODIGO	DC-01-001			
		MATERIAL	PLA	DISEÑO	TÚQUERRES STEEVEN	03-03-23
		TRATAMIENTO	-	DIBUJÓ	TÚQUERRES STEEVEN	03-03-23
		RECUBRIMIENTO	-	REVISÓ	PHD. GÁMEZ BRIZEIDA	.
		CANTIDAD	-	APROBÓ	PHD. GÁMEZ BRIZEIDA	.



Pulsador 1 Pulsador 2 Pulsador 3 Pulsador 4 Pulsador 5 Pulsador L



Módulo Bluetooth HC-06



Pulsador	Número de pin digital	Módulo Bluetooth	Número de pin digital
1	47		
2	46		
3	11		
4	12		
5	13		
L	4		
		TX	2
		RX	3

	PROYECTO	DISPOSITIVO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE BRAILLE			ESCALA	2:1	
	NOMBRE	CONEXIONES					
	CODIGO	DC-01-001					
	MATERIAL	-	DISEÑO	TÚQUERRES STEEVEN	03-03-23	HOJA	A2
	TRATAMIENTO	-	DIBUJÓ	TÚQUERRES STEEVEN	03-03-23		
RECUBRIMIENTO	-	REVISÓ	PHD. GÁMEZ BRIZEIDA	.			
CANTIDAD	-	APROBÓ	PHD. GÁMEZ BRIZEIDA	.			



FICA CIME

E. Código de programación de la aplicación móvil

MainActivity.kt

```
package com.appbt

import android.content.Intent
import android.os.Build
import androidx.appcompat.app.AppCompatActivity
import android.os.Bundle
import android.view.WindowManager
import android.widget.AdapterView
import android.widget.Toast
import androidx.appcompat.app.AlertDialog
import com.appbt.databinding.ActivityMainBinding
import com.ingenieriajhr.blujhr.BluJhr
import kotlin.collections.ArrayList

class MainActivity : AppCompatActivity() {

    private lateinit var blue: BluJhr;
    private lateinit var binding: ActivityMainBinding
    var devicesBluetooth = ArrayList<String>()

    override fun onCreate(savedInstanceState: Bundle?) {
        super.onCreate(savedInstanceState)
        binding = ActivityMainBinding.inflate(layoutInflater)
        setContentView(binding.root)
        window.addFlags(WindowManager.LayoutParams.FLAG_KEEP_SCREEN_ON)
        blue = BluJhr(this)
        blue.onBluetooth()

        binding.listDeviceBluetooth.setOnItemClickListener { adapterView, view, i, l ->
            val intent = Intent(this, ConnBlue::class.java)
            intent.putExtra("addres", devicesBluetooth[i])
            startActivity(intent)
        }
    }

    override fun onBackPressed() {
        AlertDialog.Builder(this@MainActivity)
            .setMessage("¿Salir de la aplicación?")
            .setCancelable(false)
            .setPositiveButton("Si") { dialog, whichButton ->
                finishAffinity() //Sale de la aplicación.
            }
            .setNegativeButton("Cancelar") { dialog, whichButton ->

            }
            .show()
    }
}
```

```

}

/**
 * pedimos los permisos correspondientes, para android 12 hay que pedir los siguientes BLUETOOTH_SCAN
 y BLUETOOTH_CONNECT
 * en android 12 o superior se requieren permisos adicionales
 */
override fun onRequestPermissionsResult(requestCode: Int, permissions: Array<out String>, grantResults:
IntArray) {
    if (blue.checkPermissions(requestCode,grantResults)){
        Toast.makeText(this, "Acceso permitido", Toast.LENGTH_SHORT).show()
        blue.initializeBluetooth()
    }else{
        if(Build.VERSION.SDK_INT < Build.VERSION_CODES.S){
            blue.initializeBluetooth()
        }else{
            Toast.makeText(this, "Algo salio mal", Toast.LENGTH_SHORT).show()
        }
    }
    super.onRequestPermissionsResult(requestCode, permissions, grantResults)
}

override fun onActivityResult(requestCode: Int, resultCode: Int, data: Intent?) {
    if (!blue.stateBluetooth() && requestCode == 100){
        blue.initializeBluetooth()
    }else{
        if (requestCode == 100){
            devicesBluetooth = blue.deviceBluetooth()
            if (devicesBluetooth.isNotEmpty()){
                val adapter = ArrayAdapter(this,android.R.layout.simple_expandable_list_item_1,devicesBluetooth)
                binding.listDeviceBluetooth.adapter = adapter
            }else{
                Toast.makeText(this, "No tienes vinculados dispositivos", Toast.LENGTH_SHORT).show()
            }
        }
    }
    super.onActivityResult(requestCode, resultCode, data)
}
}

```

activity_main.xml

```

<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<androidx.constraintlayout.widget.ConstraintLayout
xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android"
xmlns:app="http://schemas.android.com/apk/res-auto"
xmlns:tools="http://schemas.android.com/tools"
android:layout_width="match_parent"
android:layout_height="match_parent"
android:orientation="vertical"
tools:context=".MainActivity">

<ImageView
    android:id="@+id/imageView"

```

```
    android:layout_width="wrap_content"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:scaleType="fitXY"
    app:layout_constraintEnd_toEndOf="parent"
    app:layout_constraintStart_toStartOf="parent"
    app:layout_constraintTop_toTopOf="parent"
    app:srcCompat="@drawable/fondoappini" />
```

```
<ListView
    android:id="@+id/listDeviceBluetooth"
    android:layout_width="380dp"
    android:layout_height="300dp"
    android:visibility="visible"
    app:layout_constraintBottom_toBottomOf="parent"
    app:layout_constraintEnd_toEndOf="parent"
    app:layout_constraintHorizontal_bias="0.483"
    app:layout_constraintStart_toStartOf="parent"
    app:layout_constraintTop_toBottomOf="@+id/imageView4" />
```

```
<ImageView
    android:id="@+id/imageView2"
    android:layout_width="272dp"
    android:layout_height="315dp"
    app:layout_constraintEnd_toEndOf="parent"
    app:layout_constraintStart_toStartOf="parent"
    app:layout_constraintTop_toTopOf="parent"
    app:srcCompat="@drawable/logoappin" />
```

```
<ImageView
    android:id="@+id/imageView3"
    android:layout_width="221dp"
    android:layout_height="64dp"
    app:layout_constraintEnd_toEndOf="parent"
    app:layout_constraintStart_toStartOf="parent"
    app:layout_constraintTop_toBottomOf="@+id/imageView2"
    app:srcCompat="@drawable/nombreapp" />
```

```
<ImageView
    android:id="@+id/imageView4"
    android:layout_width="385dp"
    android:layout_height="105dp"
    app:layout_constraintEnd_toEndOf="@+id/imageView"
    app:layout_constraintHorizontal_bias="0.492"
    app:layout_constraintStart_toStartOf="parent"
    app:layout_constraintTop_toBottomOf="@+id/imageView3"
    app:srcCompat="@drawable/dipsvinc" />
```

```
</androidx.constraintlayout.widget.ConstraintLayout>
```

ConnBlue.kt

```
package com.appbt
```

```
import android.content.Intent
import android.os.Bundle
import android.os.Process
import android.speech.tts.TextToSpeech
import android.view.View
import android.view.WindowManager
import android.widget.Toast
import androidx.appcompat.app.AppCompatActivity
import com.appbt.databinding.ActivityConnBlueBinding
import com.ingenieriajhr.blujhr.BluJhr
import java.util.*
```

```
class ConnBlue : AppCompatActivity() {
```

```
    var adres = ""
```

```
    lateinit var blu: BluJhr
```

```
    lateinit var tts: TextToSpeech
```

```
    private lateinit var binding: ActivityConnBlueBinding
```

```
    var estadoConexion = BluJhr.Connected.False
```

```
    override fun onCreate(savedInstanceState: Bundle?) {
        super.onCreate(savedInstanceState)
```

```
        binding = ActivityConnBlueBinding.inflate(layoutInflater)
        setContentView(binding.root)
        window.addFlags(WindowManager.LayoutParams.FLAG_KEEP_SCREEN_ON)
        adres = intent.getStringExtra("adres").toString()
```

```
        blu = BluJhr(this)
```

```
        blu.setDataLoadFinishedListener(object: BluJhr.ConnectedBluetooth{
```

```
            override fun onConnectState(state: BluJhr.Connected) {
```

```
                when (state) {
```

```
                    BluJhr.Connected.True -> {
```

```
                        Toast.makeText(applicationContext, "Conectado", Toast.LENGTH_SHORT).show()
```

```
                        estadoConexion = state
```

```
                        tts = TextToSpeech(applicationContext, TextToSpeech.OnInitListener {
```

```
                            if(it==TextToSpeech.SUCCESS)
```

```
                                {
```

```
                                    tts.language = Locale.ROOT
```

```
                                    tts.setSpeechRate(1.0f)
```

```
                                    tts.speak("Conexión satisfactoria",TextToSpeech.QUEUE_ADD,null)
```

```
                                }
```

```
                            }
```

```
                        })
```



```

* Se llama al siguiente método cuando cambia el foco de la ventana.
*/
override fun onFocusChanged(hasFocus: Boolean) {
    super.onFocusChanged(hasFocus)
    if (estadoConexion != BluJhr.Connected.True){
        blu.connect(addr)
    }
}

private fun rxReceived() {
    blu.loadDateRx(object: BluJhr.ReceivedData{
        override fun rxDate(rx: String) {
            binding.txtConsola.text = ""
            binding.txt1.text = ""
            binding.txt2.text = ""
            binding.txt3.text = ""
            binding.txt4.text = ""
            binding.txt5.text = ""
            var txt = ""
            var txt1 = ""
            var txt2 = ""
            var txt3 = ""
            var txt4 = ""
            var txt5 = ""
            binding.txterror.text = ""
            txt = rx.toString()

            if (txt.toString().length == 5) {
                binding.txtConsola.text = binding.txtConsola.text.toString() + rx

                tts = TextToSpeech(applicationContext, TextToSpeech.OnInitListener {
                    if(it==TextToSpeech.SUCCESS)
                    {
                        tts.language = Locale.ROOT
                        tts.setSpeechRate(0.5f)
                        tts.speak(binding.txtConsola.text.toString(),TextToSpeech.QUEUE_ADD,null)
                        binding.txt1.visibility = View.VISIBLE
                        binding.txt2.visibility = View.VISIBLE
                        binding.txt3.visibility = View.VISIBLE
                        binding.txt4.visibility = View.VISIBLE
                        binding.txt5.visibility = View.VISIBLE
                        txt1 = txt.substring(0,1)
                        txt2 = txt.substring(1,2)
                        txt3 = txt.substring(2,3)
                        txt4 = txt.substring(3,4)
                        txt5 = txt.substring(4,5)
                        binding.txt1.text = txt1
                        binding.txt2.text = txt2
                        binding.txt3.text = txt3
                        binding.txt4.text = txt4
                        binding.txt5.text = txt5
                    }
                })
            }

            if (txt.toString().length == 1) {
                binding.txt1.visibility = View.GONE
                binding.txt2.visibility = View.GONE
                binding.txt3.visibility = View.GONE
            }
        }
    })
}

```



```

    android:layout_height="wrap_content"
    android:scaleType="fitXY"
    app:layout_constraintBottom_toBottomOf="parent"
    app:layout_constraintEnd_toEndOf="parent"
    app:layout_constraintStart_toStartOf="parent"
    app:layout_constraintTop_toTopOf="parent"
    app:srcCompat="@drawable/fondoapp" />

<TextView
    android:id="@+id/txtConsola"
    android:layout_width="0dp"
    android:layout_height="200dp"
    android:fontFamily="sans-serif-black"
    android:text="hola"
    android:textAlignment="center"
    android:textColor="#8670AE"
    android:textSize="150sp"
    app:layout_constraintBottom_toBottomOf="@+id/imageView5"
    app:layout_constraintEnd_toEndOf="parent"
    app:layout_constraintHorizontal_bias="0.0"
    app:layout_constraintStart_toStartOf="parent"
    app:layout_constraintTop_toBottomOf="@+id/btndesc"
    app:layout_constraintVertical_bias="0.219"></TextView>

<ImageView
    android:id="@+id/imageView6"
    android:layout_width="188dp"
    android:layout_height="223dp"
    app:layout_constraintEnd_toEndOf="parent"
    app:layout_constraintStart_toStartOf="parent"
    app:layout_constraintTop_toTopOf="parent"
    app:srcCompat="@drawable/logoapp" />

<ImageView
    android:id="@+id/imageView7"
    android:layout_width="293dp"
    android:layout_height="68dp"
    app:layout_constraintEnd_toEndOf="parent"
    app:layout_constraintStart_toStartOf="parent"
    app:layout_constraintTop_toBottomOf="@+id/imageView6"
    app:srcCompat="@drawable/nombreapp" />

<ImageView
    android:id="@+id/imageView8"
    android:layout_width="151dp"
    android:layout_height="96dp"
    app:layout_constraintEnd_toEndOf="parent"
    app:layout_constraintStart_toStartOf="parent"
    app:layout_constraintTop_toBottomOf="@+id/imageView7"
    app:srcCompat="@drawable/iconobt" />

<ImageButton
    android:id="@+id/btndesc"
    android:layout_width="338dp"
    android:layout_height="133dp"
    android:backgroundTint="#00FFFFFF"
    android:contentDescription="@string/BOTONDESCONECTAR"
    android:scaleType="centerInside"
    app:layout_constraintEnd_toEndOf="parent"
    app:layout_constraintStart_toStartOf="parent"

```

```

app:layout_constraintTop_toBottomOf="@+id/imageView8"
app:srcCompat="@drawable/btndesct" />

<ImageView
    android:id="@+id/imageView9"
    android:layout_width="400dp"
    android:layout_height="100dp"
    app:layout_constraintEnd_toEndOf="parent"
    app:layout_constraintStart_toStartOf="parent"
    app:layout_constraintTop_toBottomOf="@+id/txtConsola"
    app:srcCompat="@drawable/iconobt" />

<TextView
    android:id="@+id/txt1"
    android:layout_width="80dp"
    android:layout_height="100dp"
    android:fontFamily="sans-serif-black"
    android:foreground="@drawable/cajetinhueco"
    android:text="1"
    android:textAlignment="center"
    android:textColor="#8670AE"
    android:textSize="60sp"
    app:layout_constraintStart_toStartOf="@+id/imageView9"
    app:layout_constraintTop_toTopOf="@+id/imageView9" />

<TextView
    android:id="@+id/txt2"
    android:layout_width="80dp"
    android:layout_height="100dp"
    android:fontFamily="sans-serif-black"
    android:foreground="@drawable/cajetinhueco"
    android:text="2"
    android:textAlignment="center"
    android:textColor="#8670AE"
    android:textSize="60sp"
    app:layout_constraintStart_toEndOf="@+id/txt1"
    app:layout_constraintTop_toTopOf="@+id/txt1" />

<TextView
    android:id="@+id/txt3"
    android:layout_width="80dp"
    android:layout_height="100dp"
    android:fontFamily="sans-serif-black"
    android:foreground="@drawable/cajetinhueco"
    android:text="3"
    android:textAlignment="center"
    android:textColor="#8670AE"
    android:textSize="60sp"
    app:layout_constraintBottom_toBottomOf="@+id/txt2"
    app:layout_constraintEnd_toStartOf="@+id/txt4"
    app:layout_constraintStart_toEndOf="@+id/txt2" />

<TextView
    android:id="@+id/txt4"
    android:layout_width="80dp"
    android:layout_height="100dp"
    android:fontFamily="sans-serif-black"
    android:foreground="@drawable/cajetinhueco"
    android:text="4"
    android:textAlignment="center"

```

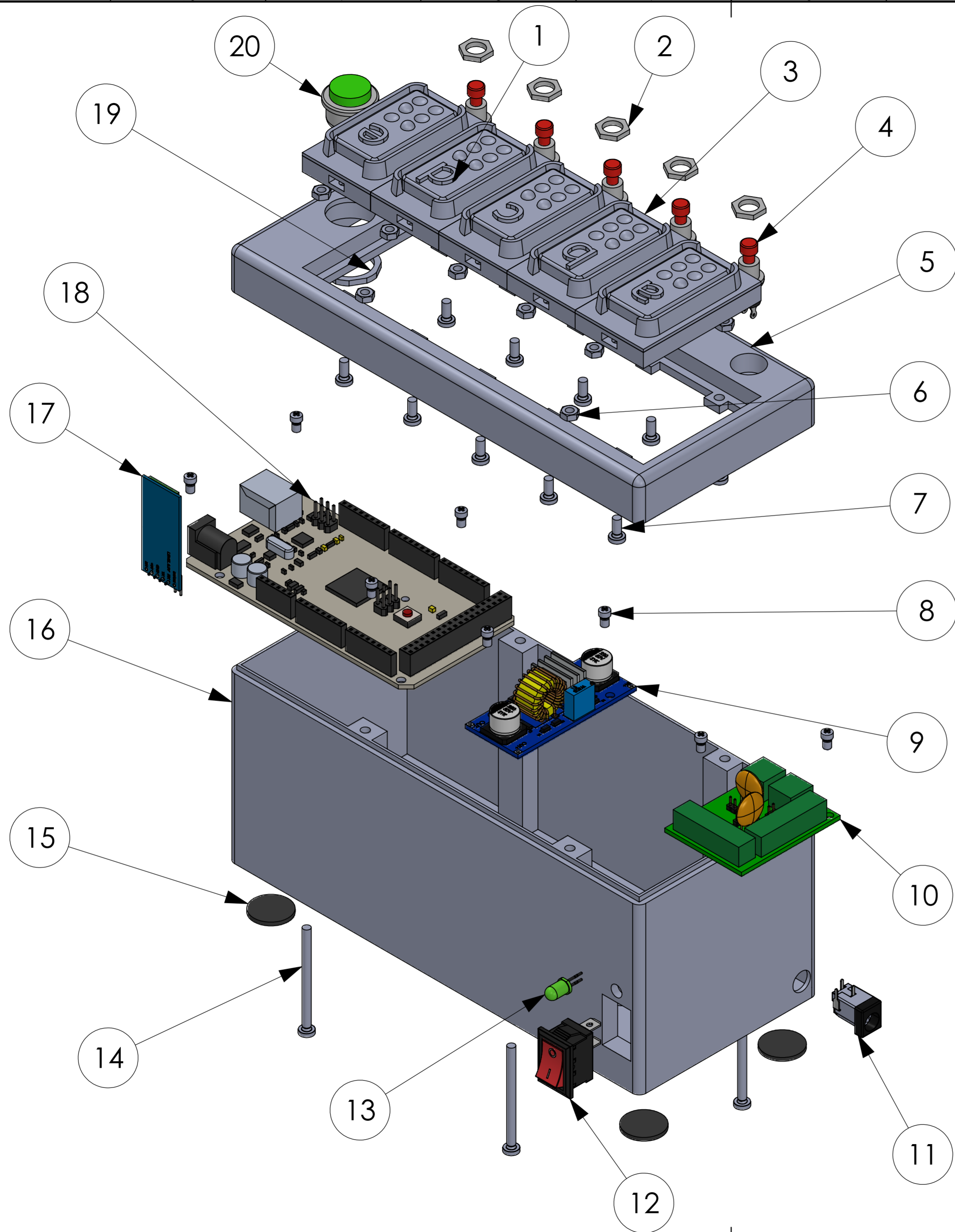
```
    android:textColor="#8670AE"  
    android:textSize="60sp"  
    app:layout_constraintStart_toEndOf="@+id/txt3"  
    app:layout_constraintTop_toTopOf="@+id/txt3" />
```

```
<TextView  
    android:id="@+id/txt5"  
    android:layout_width="80dp"  
    android:layout_height="100dp"  
    android:fontFamily="sans-serif-black"  
    android:foreground="@drawable/cajetinhueco"  
    android:text="5"  
    android:textAlignment="center"  
    android:textColor="#8670AE"  
    android:textSize="60sp"  
    app:layout_constraintBottom_toBottomOf="@+id/txt4"  
    app:layout_constraintStart_toEndOf="@+id/txt4" />
```

```
<TextView  
    android:id="@+id/txterror"  
    android:layout_width="wrap_content"  
    android:layout_height="wrap_content"  
    android:fontFamily="sans-serif-black"  
    android:textColor="#8670AE"  
    android:textSize="60sp"  
    android:textStyle="italic"  
    app:layout_constraintEnd_toEndOf="parent"  
    app:layout_constraintStart_toStartOf="parent"  
    app:layout_constraintTop_toBottomOf="@+id/txtConsola" />
```

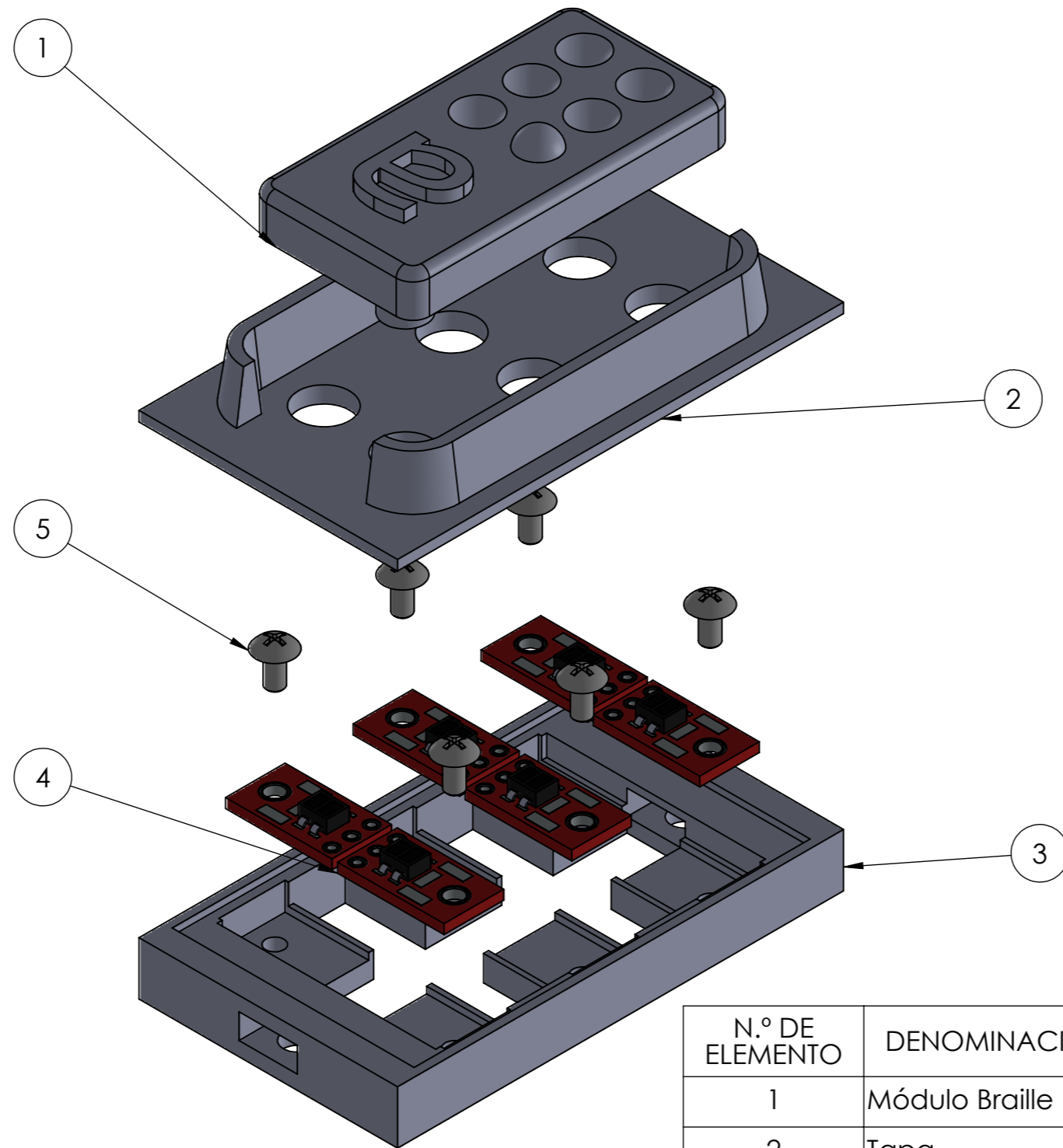
```
</androidx.constraintlayout.widget.ConstraintLayout>
```

F. Planos mecánicos



N.º DE ELEMENTO	DENOMINACIÓN	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Módulo de Braille	Impresión 3D - PLA	5
2	Tuerca para pulsador mini		5
3	Módulo de lectura	Impresión 3D - PLA	5
4	Pulsador mini redondo abierto		5
5	Estructura superior	Impresión 3D - PLA	1
6	Tuerca hexagonal M3	DIN 934	14
7	Tornillo M3x6	DIN 7985	10
8	Tornillo M3x4	DIN 7985	8
9	Módulo reductor de voltaje 5A	XL4015	1
10	Fuente de alimentación	PCB	1
11	Conector jack DC-005 para Arduino		1
12	Interrupor basculante KCD1		1
13	Led verde 3mm		1
14	Tornillo M3x40		4
15	Patas de goma		4
16	Estructura inferior	Impresión 3D - PLA	1
17	Módulo bluetooth HC-06		1
18	Arduino Mega		1
19	Tuerca para pulsador		1
20	Pulsador redondo abierto		1

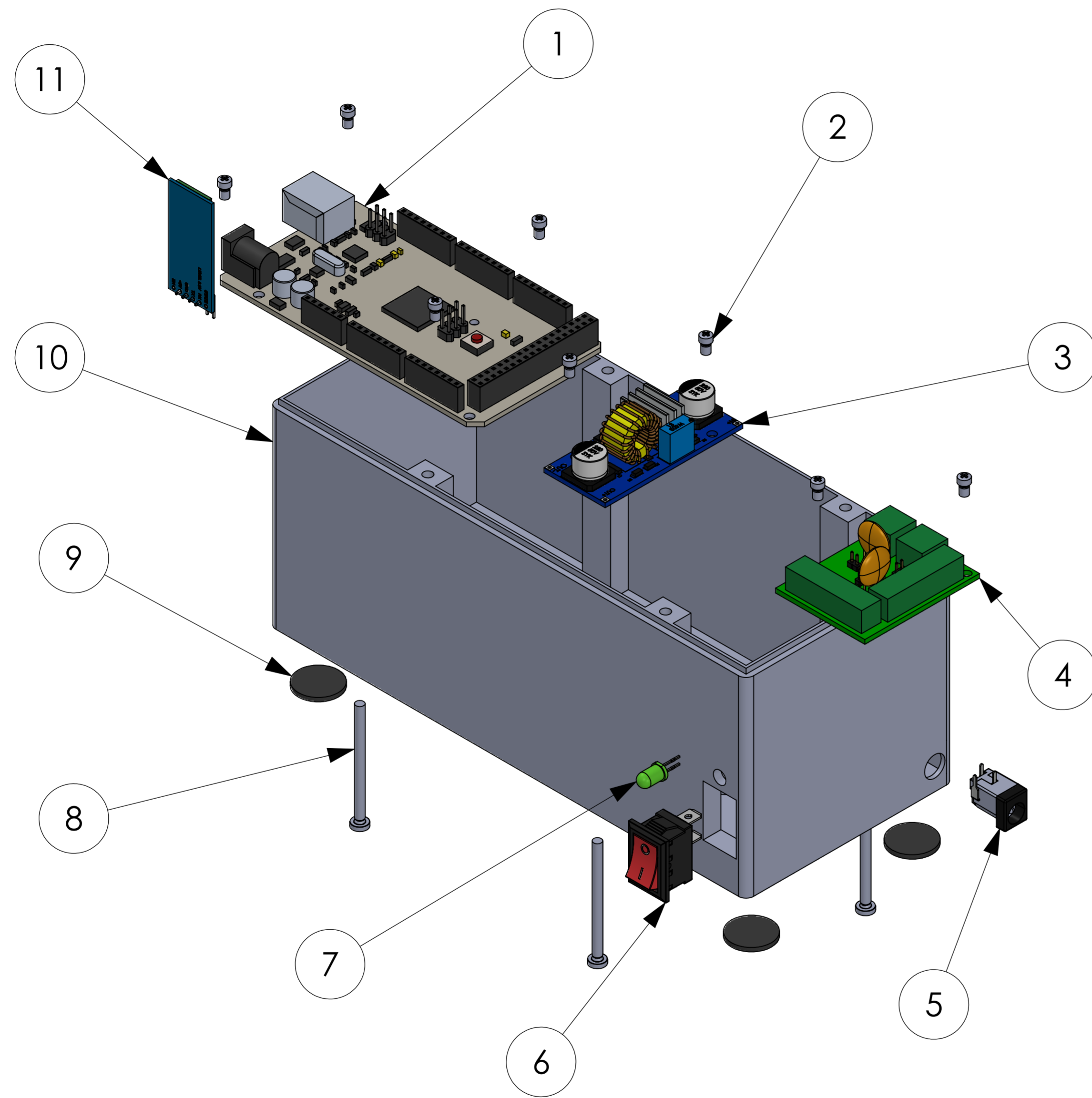
	PROYECTO	DISPOSITIVO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE BRAILLE			ESCALA	1:1
	SUBCONJUNTO	1			TOLERANCIA:	
	CODIGO	PC-01-001			DISEÑO	TÚQUERRES STEEVEN
	MATERIAL	PLA	DISEÑO	TÚQUERRES STEEVEN	03-03-23	HOJA
	TRATAMIENTO	-	DIBUJÓ	TÚQUERRES STEEVEN	03-03-23	A2
FICA	CIME	RECUBRIMIENTO	-	REVISÓ	PHD. GÁMEZ BRIZEIDA	
		CANTIDAD	1	APROBÓ	PHD. GÁMEZ BRIZEIDA	



N.º DE ELEMENTO	DENOMINACIÓN	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Módulo Braille	Impresión 3D - PLA	1
2	Tapa	Impresión 3D - PLA	1
3	Base	Impresión 3D - PLA	1
4	Sensor QTR 1RC		6
5	Tornillo M2x4	DIN 7985	6

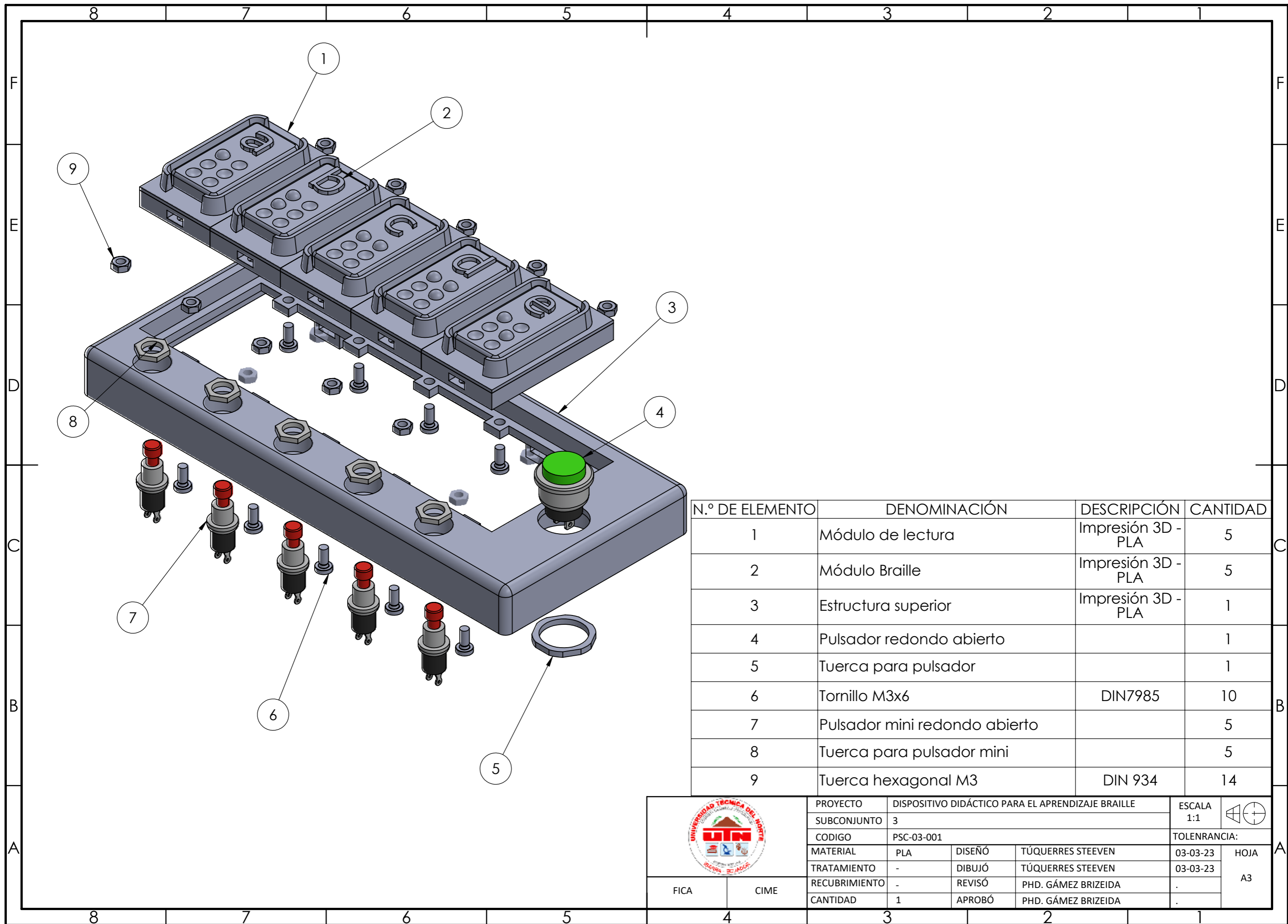


FICA	CIME	PROYECTO	DISPOSITIVO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE BRAILLE		ESCALA 1:1		
		SUBCONJUNTO	1				
		CODIGO	PSC-01-001		TOLERANCIA:		
		MATERIAL	PLA	DISEÑO	TÚQUERRES STEEVEN	03-03-23	HOJA A3
		TRATAMIENTO	-	DIBUJÓ	TÚQUERRES STEEVEN	03-03-23	
RECUBRIMIENTO	-	REVISÓ	PHD. GÁMEZ BRIZEIDA	.			
CANTIDAD	5	APROBÓ	PHD. GÁMEZ BRIZEIDA	.			



N.º DE ELEMENTO	DENOMINACIÓN	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Arduino Mega	Impresión 3D - PLA	1
2	Tornillo M3x4	DIN 7985	8
3	Módulo reductor de voltaje 5A	XL4015	1
4	Fuente de alimentación	PCB	1
5	Conector jack DC-005 para Arduino		1
6	Interruptor basculante KCD1		1
7	Led verde 3mm		1
8	Tornillo M3x40	DIN 7985	4
9	Patas de goma		4
10	Estructura inferior	Impresión 3D - PLA	1
11	Módulo bluetooth HC-06		1

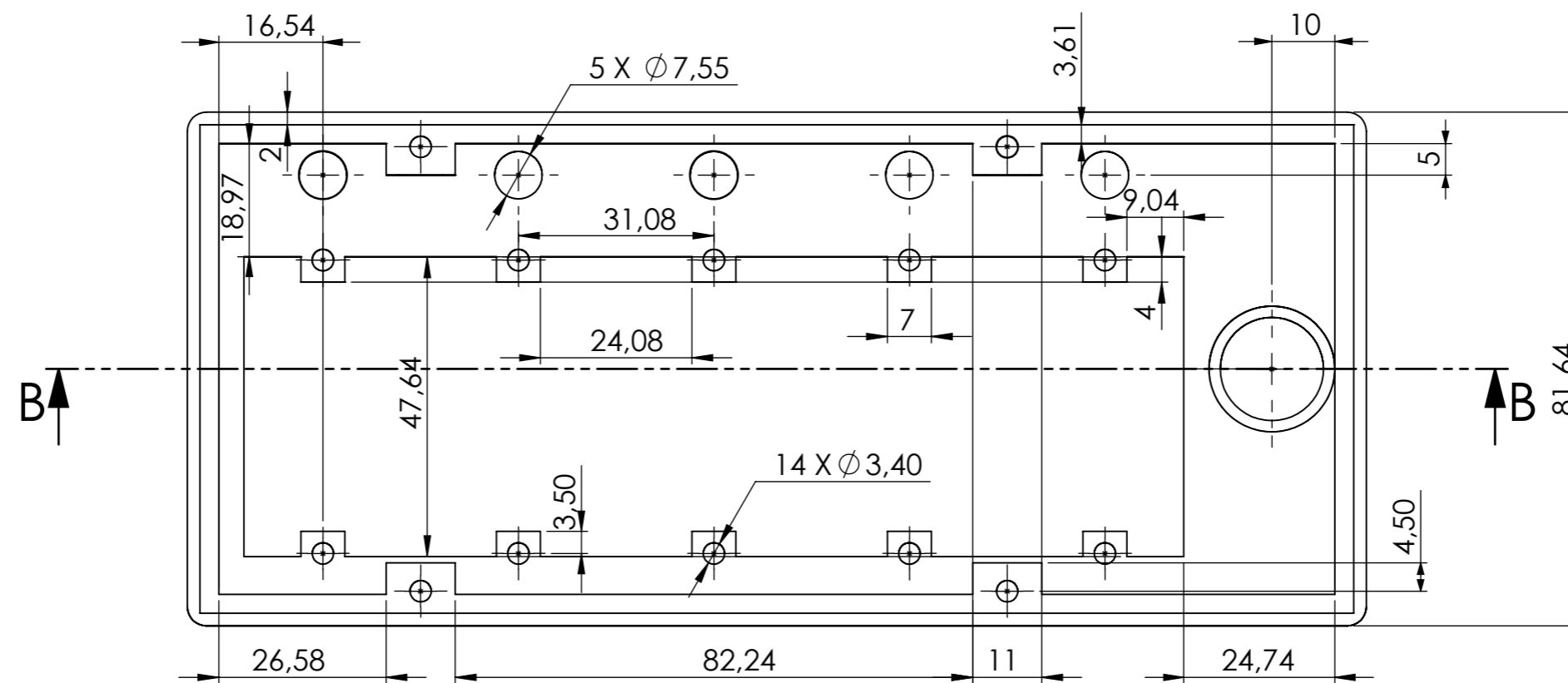
	PROYECTO	DISPOSITIVO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE BRAILLE			ESCALA	1:1
	SUBCONJUNTO	1			TOLENCANCIA:	
	CODIGO	PSC-02-001	DISEÑO	TÚQUERRES STEEVEN	03-03-23	HOJA
	MATERIAL	PLA	DIBUJÓ	TÚQUERRES STEEVEN	03-03-23	A2
	TRATAMIENTO	-	REVISÓ	PHD. GÁMEZ BRIZEIDA	.	
FICA	CIME	RECUBRIMIENTO	-	APROBÓ	PHD. GÁMEZ BRIZEIDA	.
		CANTIDAD	5			



N.º DE ELEMENTO	DENOMINACIÓN	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Módulo de lectura	Impresión 3D - PLA	5
2	Módulo Braille	Impresión 3D - PLA	5
3	Estructura superior	Impresión 3D - PLA	1
4	Pulsador redondo abierto		1
5	Tuerca para pulsador		1
6	Tornillo M3x6	DIN7985	10
7	Pulsador mini redondo abierto		5
8	Tuerca para pulsador mini		5
9	Tuerca hexagonal M3	DIN 934	14

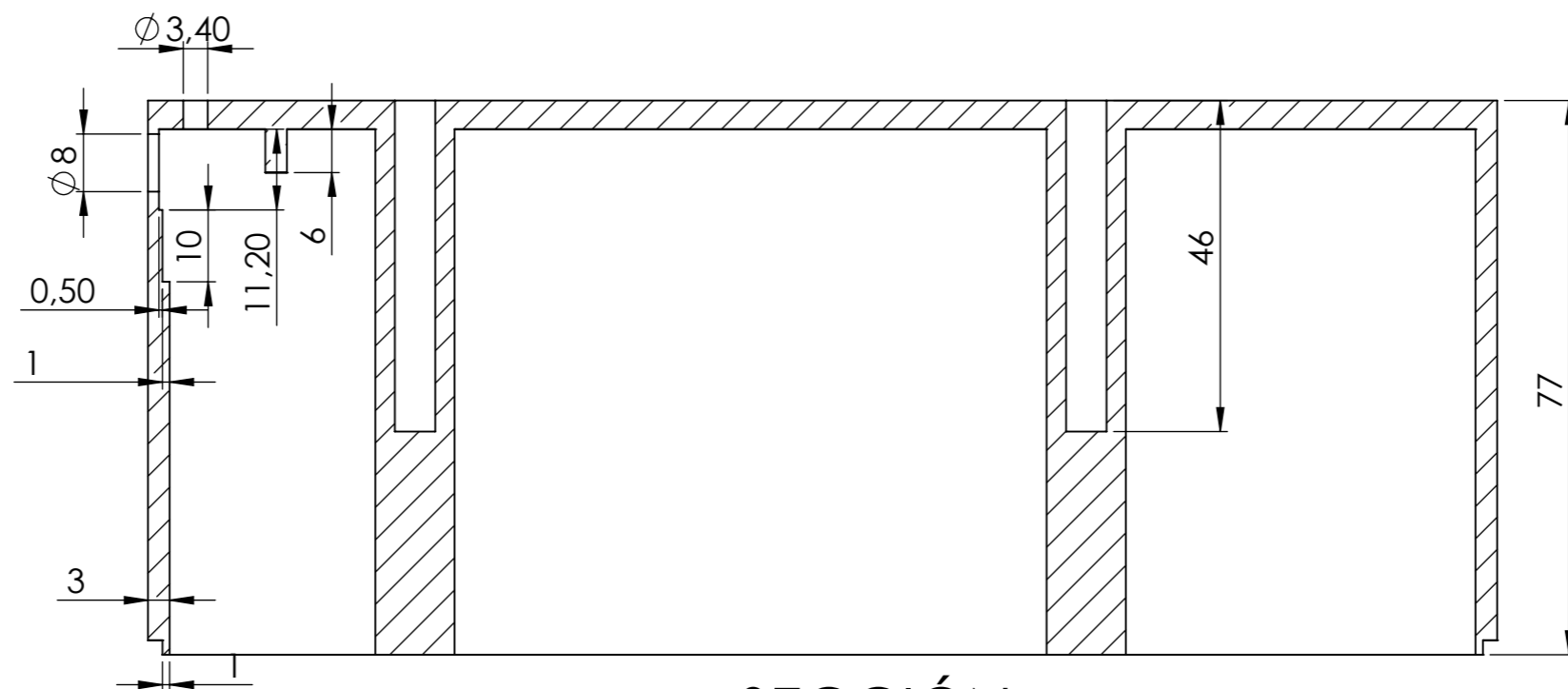
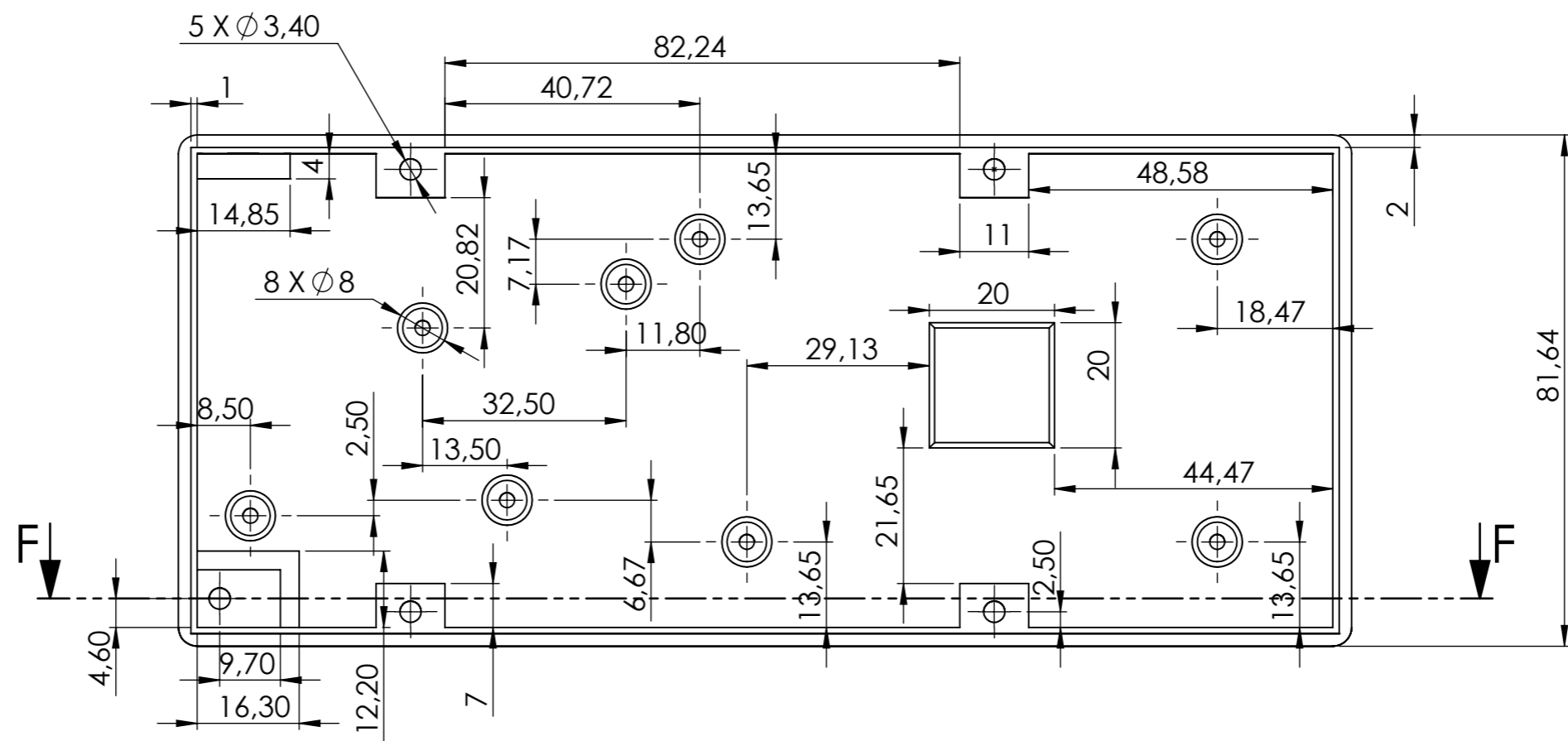
	PROYECTO			DISPOSITIVO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE BRAILLE		ESCALA 1:1	
	SUBCONJUNTO			3			
	CODIGO			PSC-03-001		TOLERANCIA:	
	MATERIAL		PLA	DISEÑO	TÚQUERRES STEEVEN	03-03-23	HOJA A3
	TRATAMIENTO		-	DIBUJÓ	TÚQUERRES STEEVEN	03-03-23	
	RECUBRIMIENTO		-	REVISÓ	PHD. GÁMEZ BRIZEIDA	.	
CANTIDAD		1	APROBÓ	PHD. GÁMEZ BRIZEIDA	.		

FICA CIME



FICA CIME

PROYECTO	DISPOSITIVO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE BRAILLE			ESCALA	1:1
PARTE	1				
CODIGO	PT-01-001			TOLERANCIA:	
MATERIAL	PLA	DISEÑO	TÚQUERRES STEEVEN	03-03-23	HOJA A3
TRATAMIENTO	-	DIBUJÓ	TÚQUERRES STEEVEN	03-03-23	
RECUBRIMIENTO	-	REVISÓ	PHD. GÁMEZ BRIZEIDA	.	
CANTIDAD	1	APROBÓ	PHD. GÁMEZ BRIZEIDA	.	

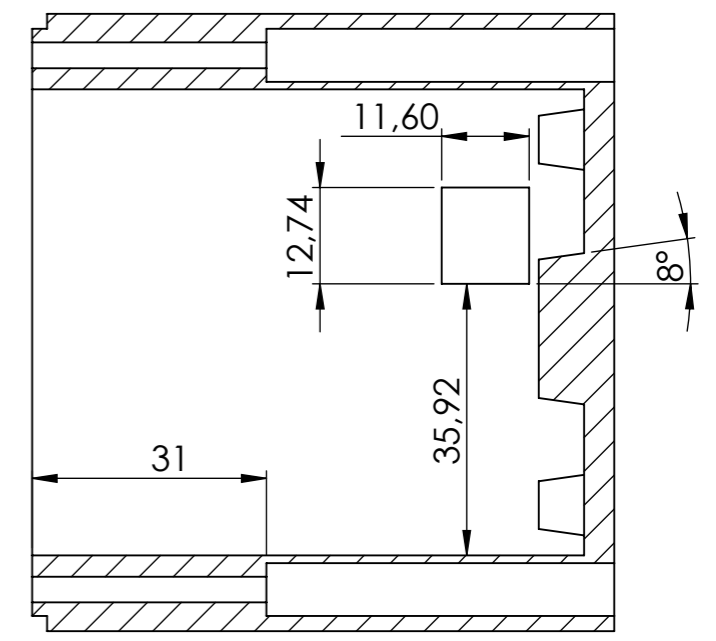
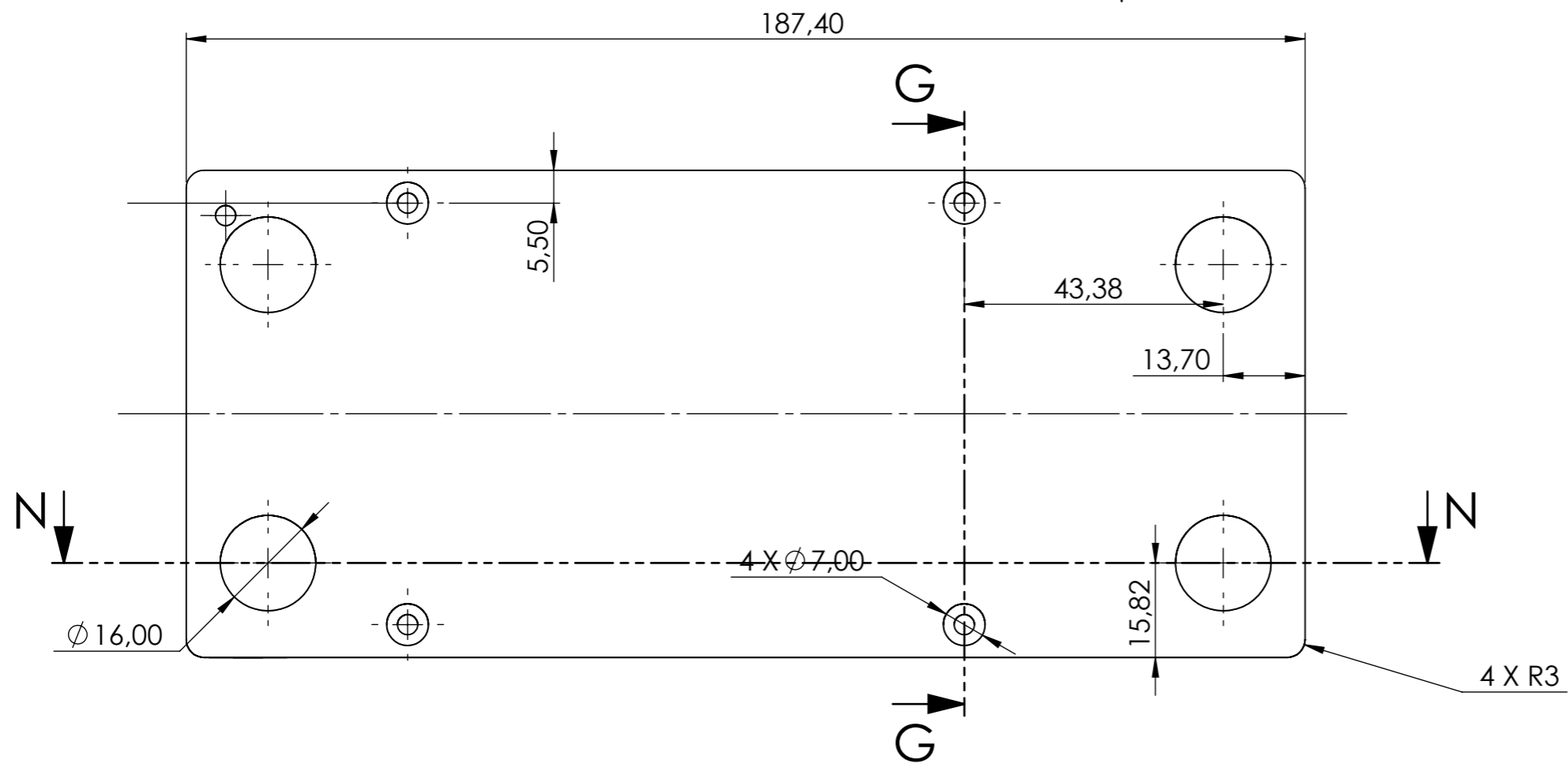


SECCIÓN F-F

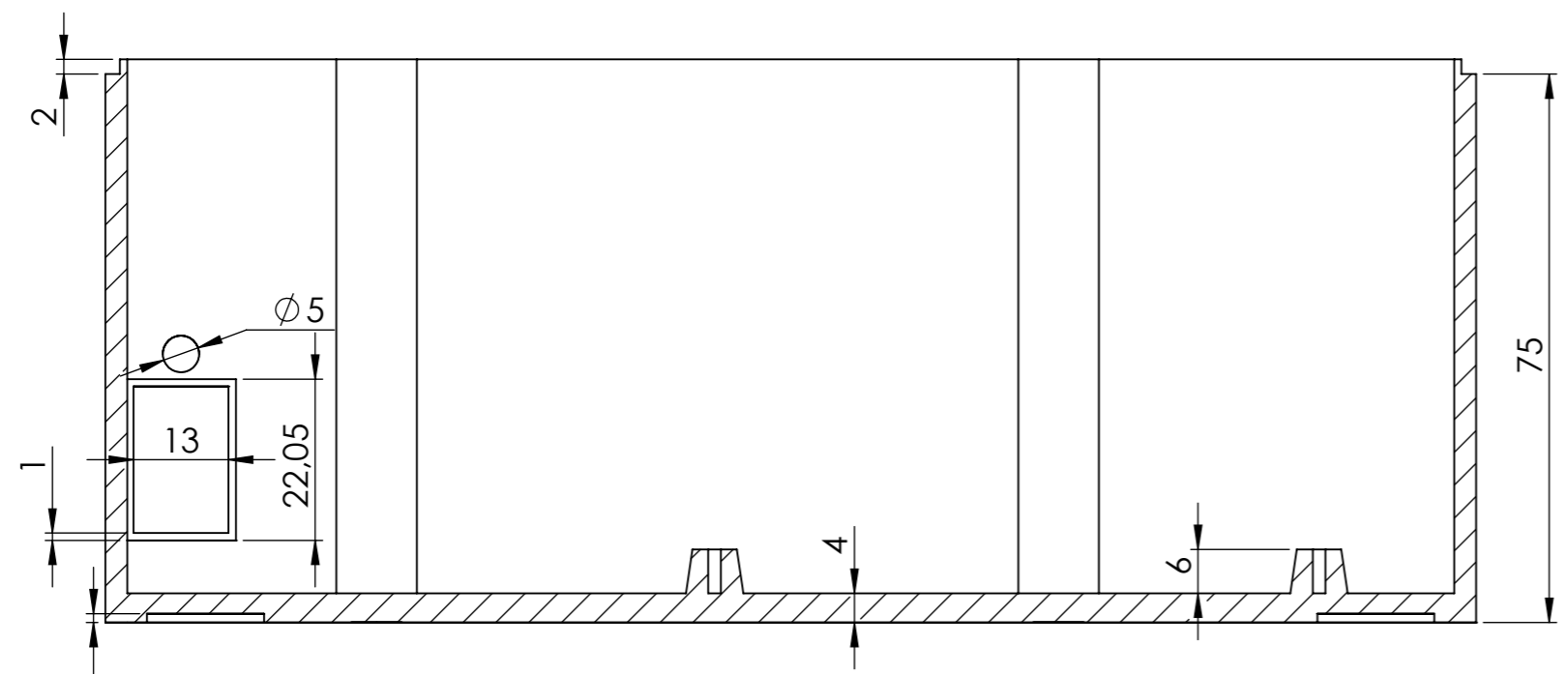


PROYECTO	DISPOSITIVO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE BRAILLE			ESCALA	1:1
PARTE	2				
CODIGO	PT-02-001			TOLERANCIA:	
MATERIAL	PLA	DISEÑO	TÚQUERRES STEEVEN	03-03-23	HOJA A3
TRATAMIENTO	-	DIBUJÓ	TÚQUERRES STEEVEN	03-03-23	
RECUBRIMIENTO	-	REVISÓ	PHD. GÁMEZ BRIZEIDA	.	
CANTIDAD	1	APROBÓ	PHD. GÁMEZ BRIZEIDA	.	

FICA CIME



SECCIÓN G-G
ESCALA 1 : 1

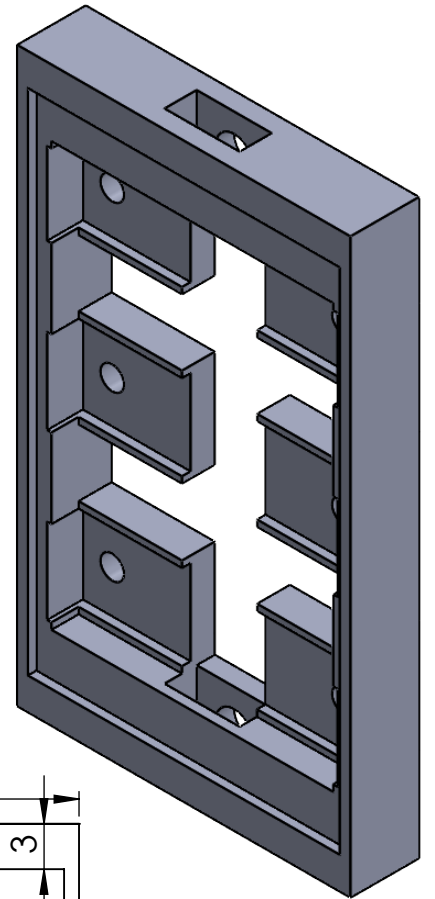
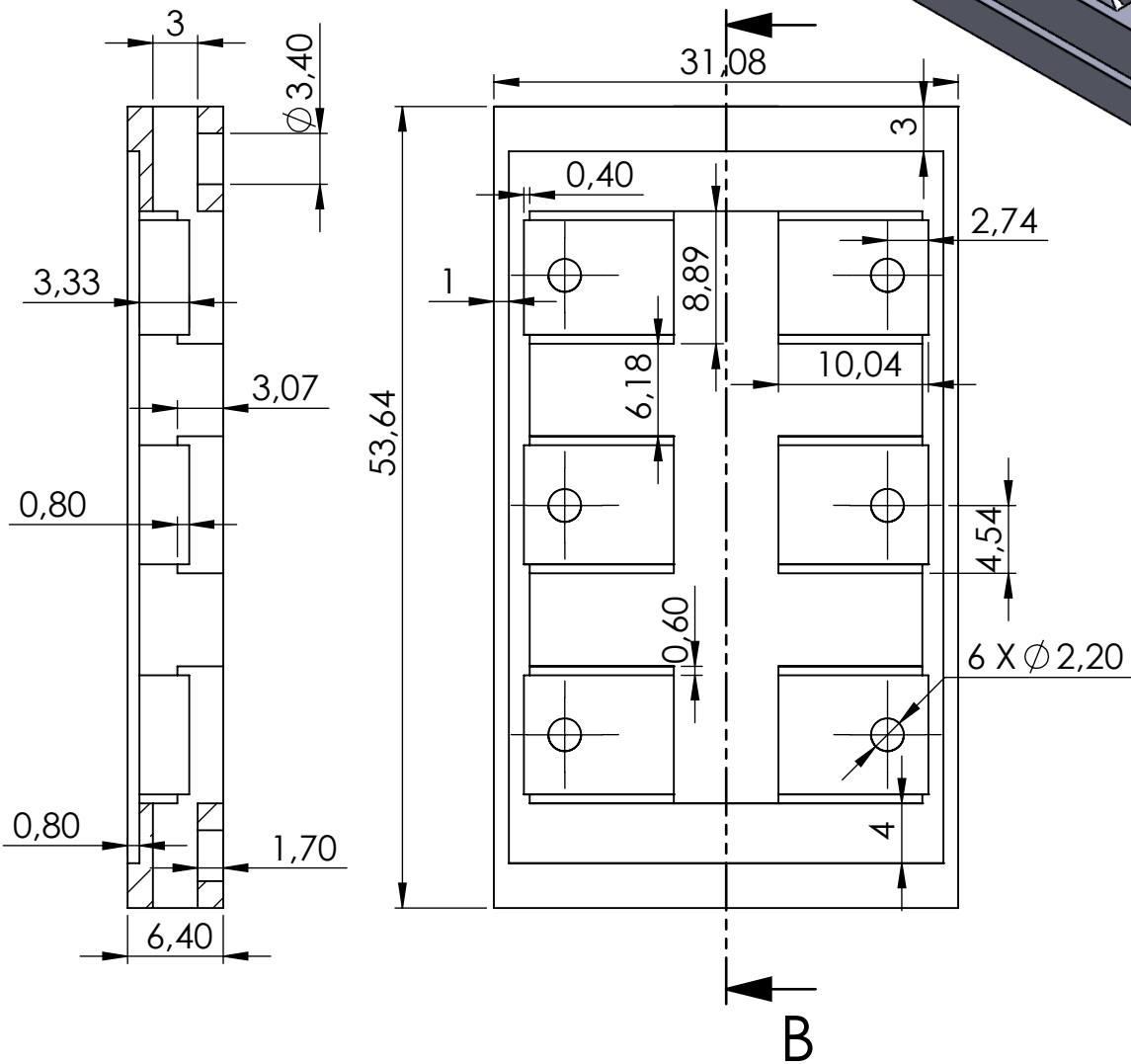


SECCIÓN N-N
ESCALA 1 : 1

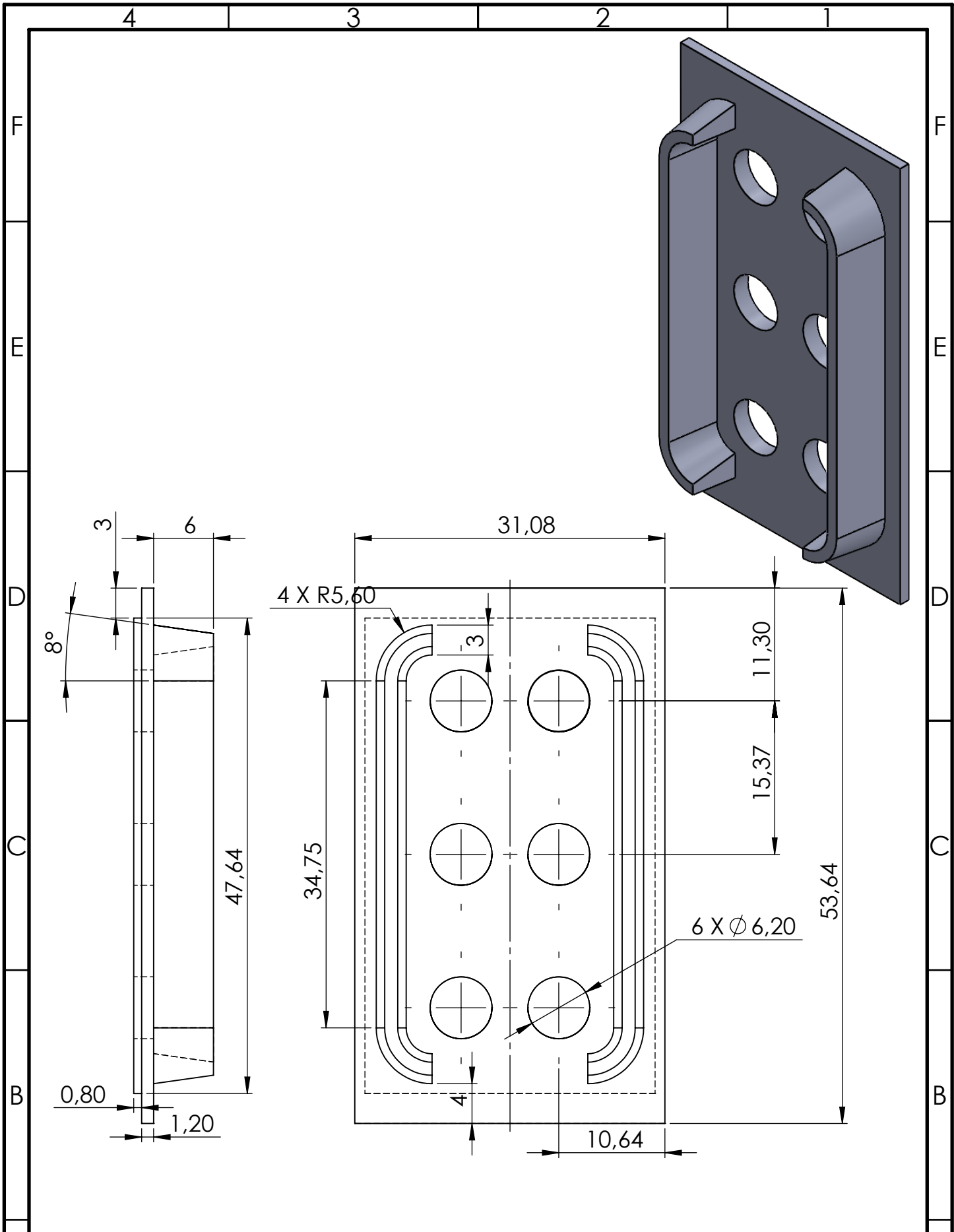


FICA	CIME	PROYECTO	DISPOSITIVO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE BRAILLE		ESCALA	1:1	
		PARTE	2				
		CODIGO	PT-02-002		TOLERANCIA:		
		MATERIAL	PLA	DISEÑO	TÚQUERRES STEEVEN	03-03-23	HOJA
		TRATAMIENTO	-	DIBUJÓ	TÚQUERRES STEEVEN	03-03-23	
		RECUBRIMIENTO	-	REVISÓ	PHD. GÁMEZ BRIZEIDA	.	A3
		CANTIDAD	1	APROBÓ	PHD. GÁMEZ BRIZEIDA	.	

SECCIÓN B-B

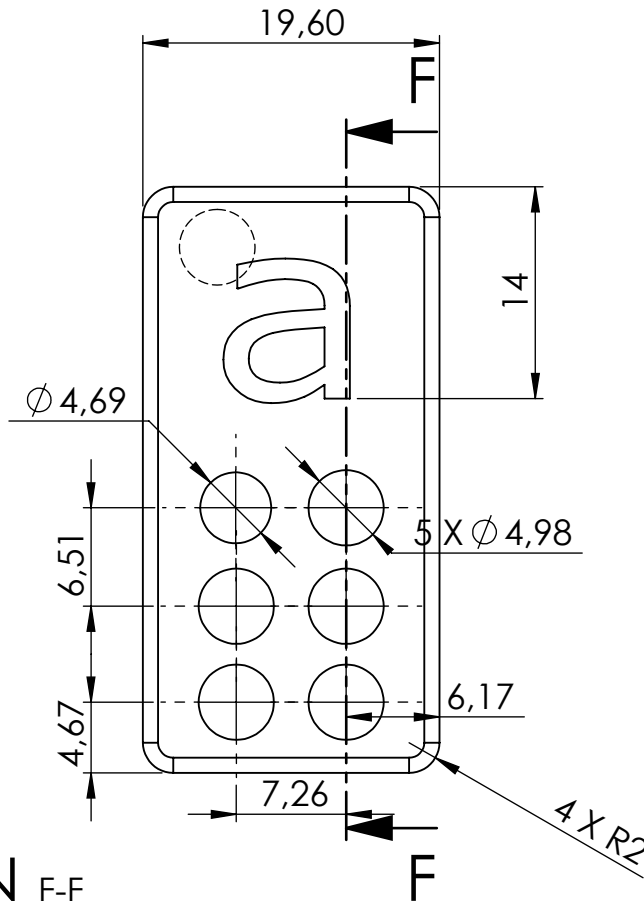
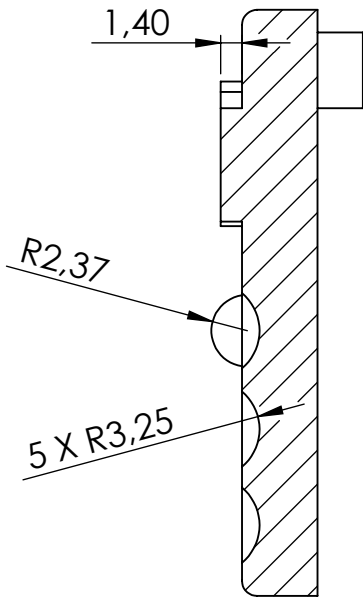
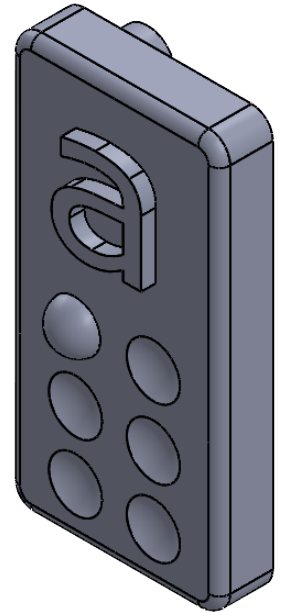


PROYECTO		DISPOSITIVO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE BRAILLE			ESCALA	
PARTE		3			2:1	
CODIGO		PT-03-001			TOLERANCIA:	
MATERIAL	PLA	DISEÑO	TÚQUERRES STEEVEN		03-03-23	HOJA A4
TRATAMIENTO	-	DIBUJÓ	TÚQUERRES STEEVEN		03-03-23	
RECUBRIMIENTO	-	REVISÓ	PHD. GÁMEZ BRIZEIDA		.	
CANTIDAD	5	APROBÓ	PHD. GÁMEZ BRIZEIDA		.	
FICA	CIME					

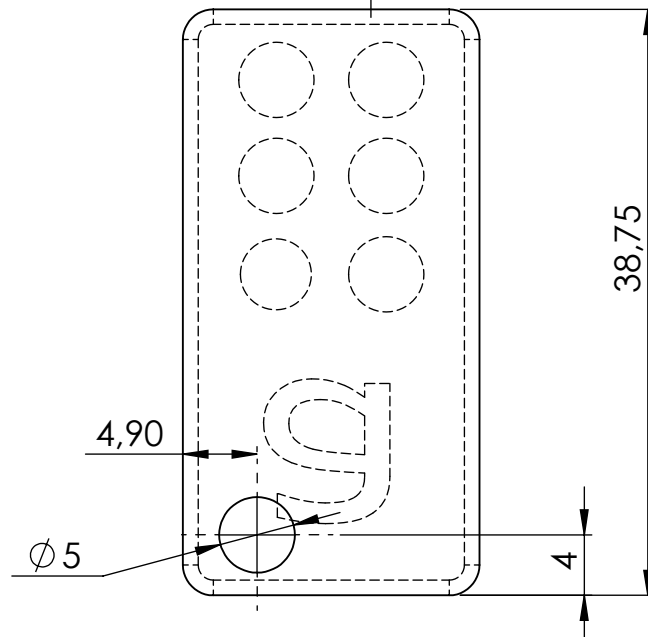
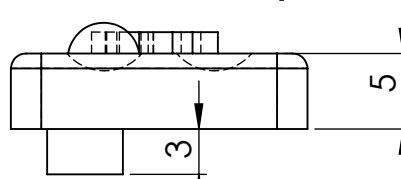


	PROYECTO			DISPOSITIVO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE BRAILLE		ESCALA		
	PARTE			4		2:1		
	CODIGO			PT-04-001		TOLERANCIA:		
	MATERIAL			PLA	DISEÑO	TÚQUERRES STEEVEN	03-03-23	HOJA A4
	TRATAMIENTO			-	DIBUJÓ	TÚQUERRES STEEVEN	03-03-23	
	RECUBRIMIENTO			-	REVISÓ	PHD. GÁMEZ BRIZEIDA	.	
CANTIDAD			5	APROBÓ	PHD. GÁMEZ BRIZEIDA	.		
FICA	CIME							

NOTA:
Fuente: Verdana
Altura: 12 mm
Estilo: Normal



SECCIÓN F-F

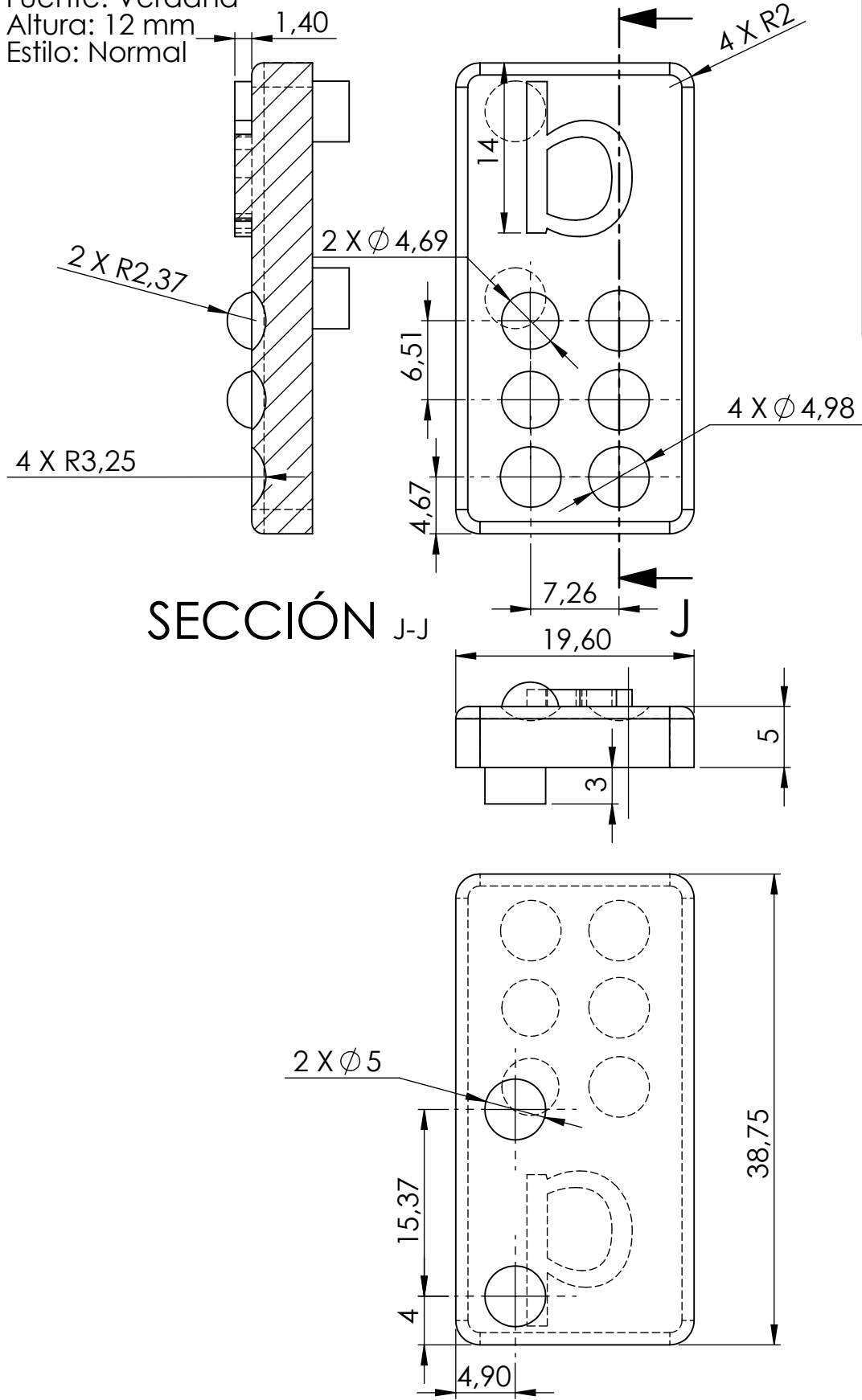


PROYECTO		DISPOSITIVO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE BRAILLE			ESCALA	
PARTE		5			2:1	
CODIGO		PT-05-001			TOLERANCIA:	
MATERIAL		PLA	DISEÑO	TÚQUERRES STEEVEN	03-03-23	HOJA A4
TRATAMIENTO		-	DIBUJÓ	TÚQUERRES STEEVEN	03-03-23	
RECUBRIMIENTO		-	REVISÓ	PHD. GÁMEZ BRIZEIDA	.	
CANTIDAD		2	APROBÓ	PHD. GÁMEZ BRIZEIDA	.	

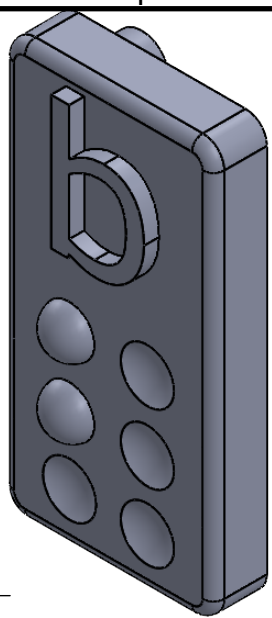
FICA

CIME

NOTA:
Fuente: Verdana
Altura: 12 mm
Estilo: Normal



SECCIÓN J-J



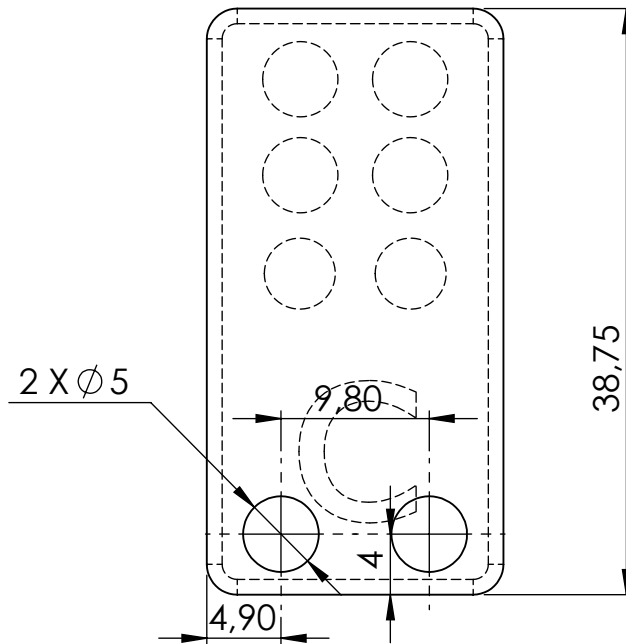
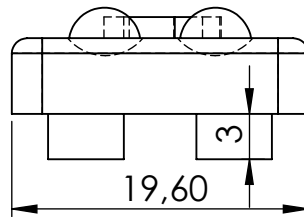
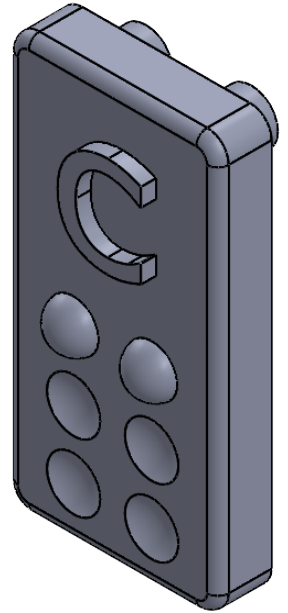
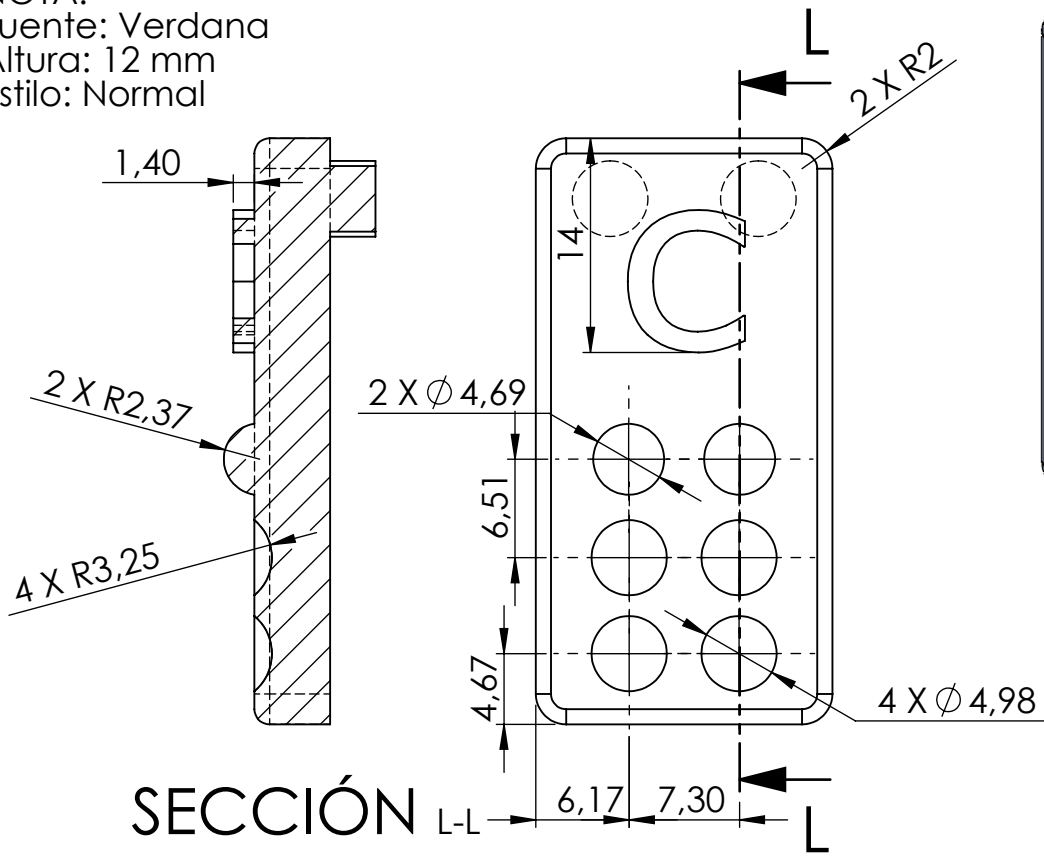
PROYECTO		DISPOSITIVO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE BRAILLE			ESCALA	
PARTE		6			2:1	
CODIGO		PT-06-001			TOLERANCIA:	
MATERIAL		PLA	DISEÑO	TÚQUERRES STEEVEN	03-03-23	HOJA A4
TRATAMIENTO		-	DIBUJÓ	TÚQUERRES STEEVEN	03-03-23	
RECUBRIMIENTO		-	REVISÓ	PHD. GÁMEZ BRIZEIDA	.	
CANTIDAD		2	APROBÓ	PHD. GÁMEZ BRIZEIDA	.	

F
E
D
C
B
A

F
E
D
C
B
A

4 3 2 1

NOTA:
Fuente: Verdana
Altura: 12 mm
Estilo: Normal



SECCIÓN L-L

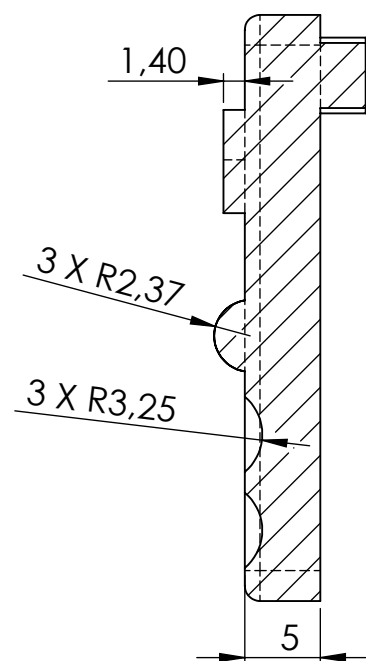


PROYECTO	DISPOSITIVO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE BRAILLE			ESCALA	2:1
PARTE	7				
CODIGO	PT-07-001			TOLERANCIA:	
MATERIAL	PLA	DISEÑO	TÚQUERRES STEEVEN	03-03-23	HOJA A4
TRATAMIENTO	-	DIBUJÓ	TÚQUERRES STEEVEN	03-03-23	
RECUBRIMIENTO	-	REVISÓ	PHD. GÁMEZ BRIZEIDA	.	
CANTIDAD	2	APROBÓ	PHD. GÁMEZ BRIZEIDA	.	

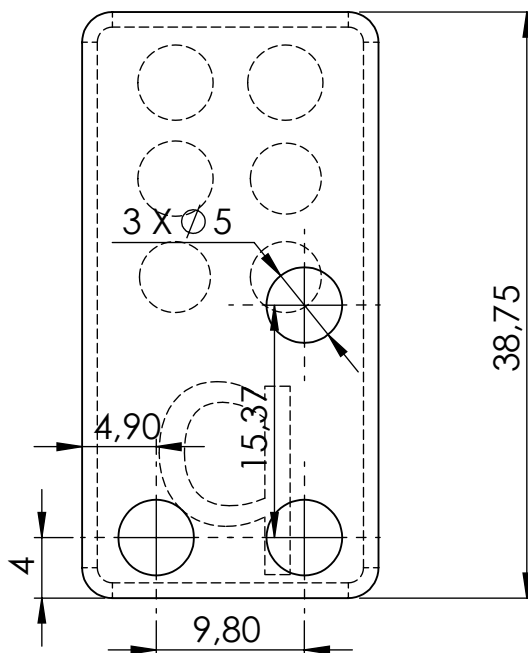
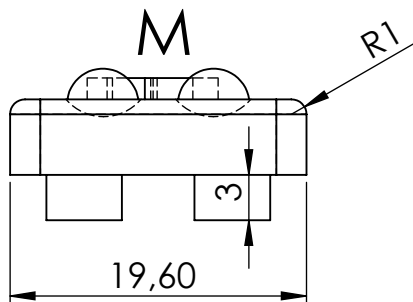
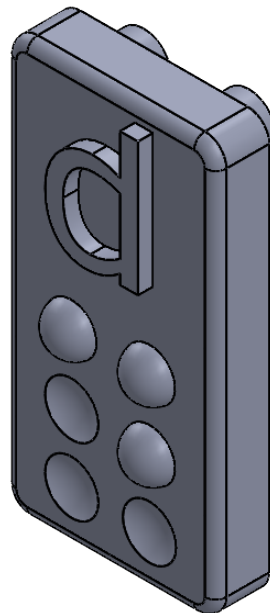
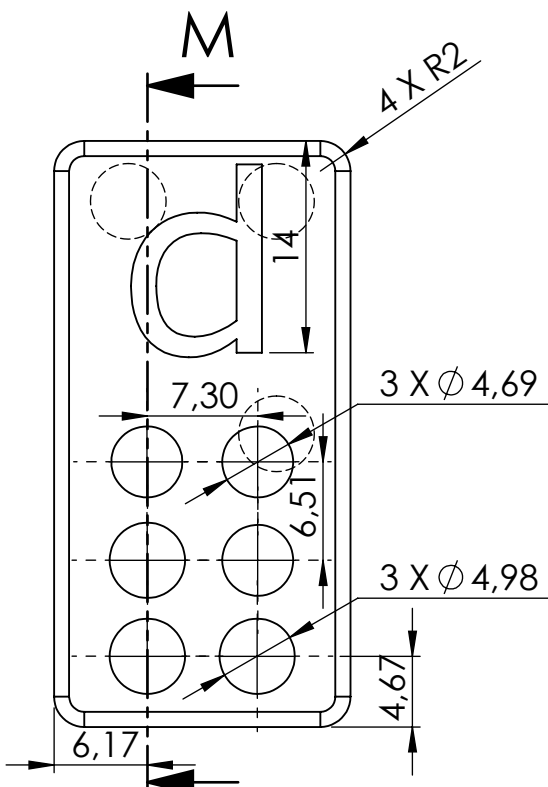
FICA

CIME

NOTA:
 Fuente: Verdana
 Altura: 12 mm
 Estilo: Normal

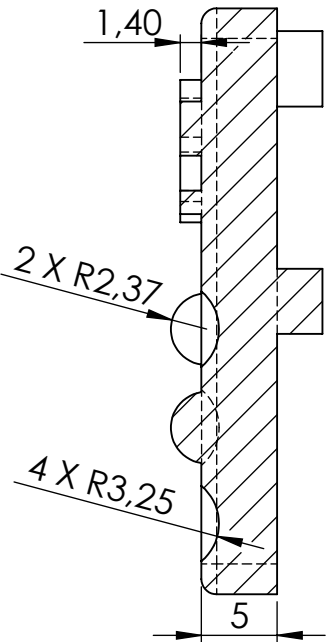
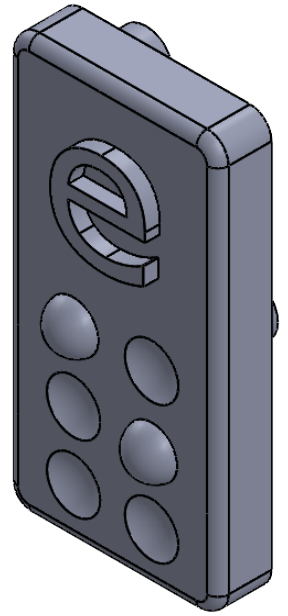


SECCIÓN M-M

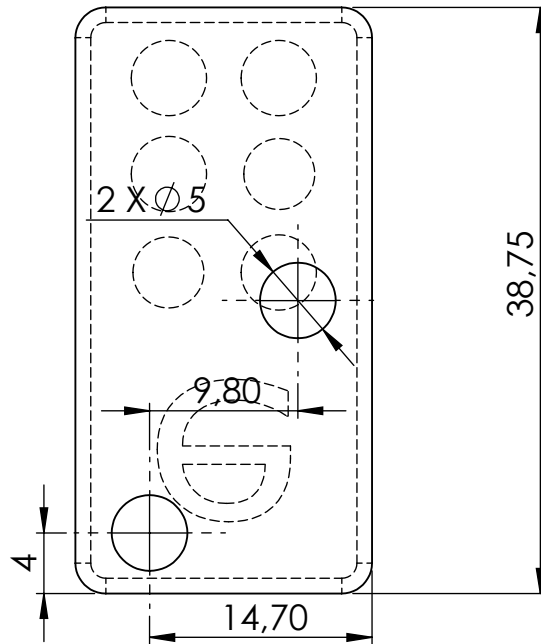
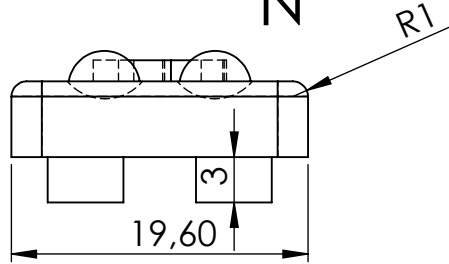
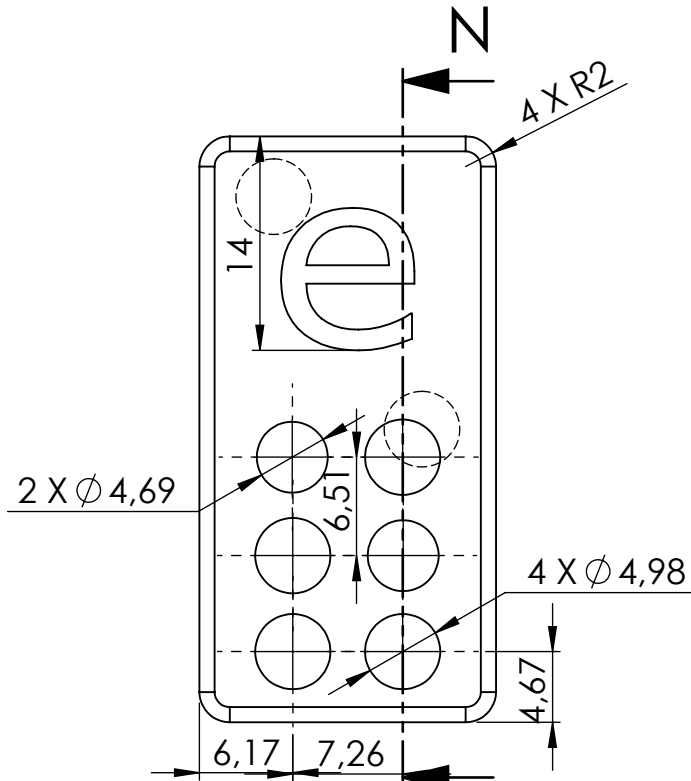



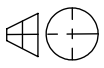
	PROYECTO		DISPOSITIVO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE BRAILLE		ESCALA	
	PARTE		8		2:1	
	CODIGO		PT-08-001		TOLERANCIA:	
	MATERIAL	PLA	DISEÑO	TÚQUERRES STEEVEN	03-03-23	HOJA A4
	TRATAMIENTO	-	DIBUJÓ	TÚQUERRES STEEVEN	03-03-23	
	RECUBRIMIENTO	-	REVISÓ	PHD. GÁMEZ BRIZEIDA	.	
FICA	CIME	CANTIDAD	2	APROBÓ	PHD. GÁMEZ BRIZEIDA	.

NOTA:
Fuente: Verdana
Altura: 12 mm
Estilo: Normal

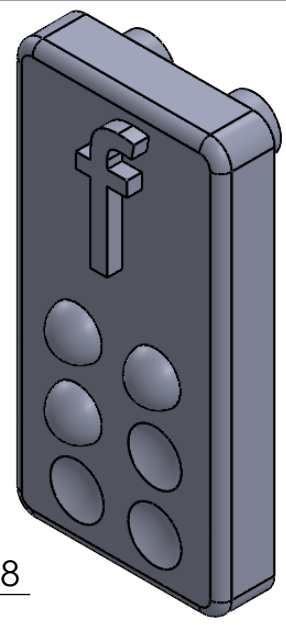
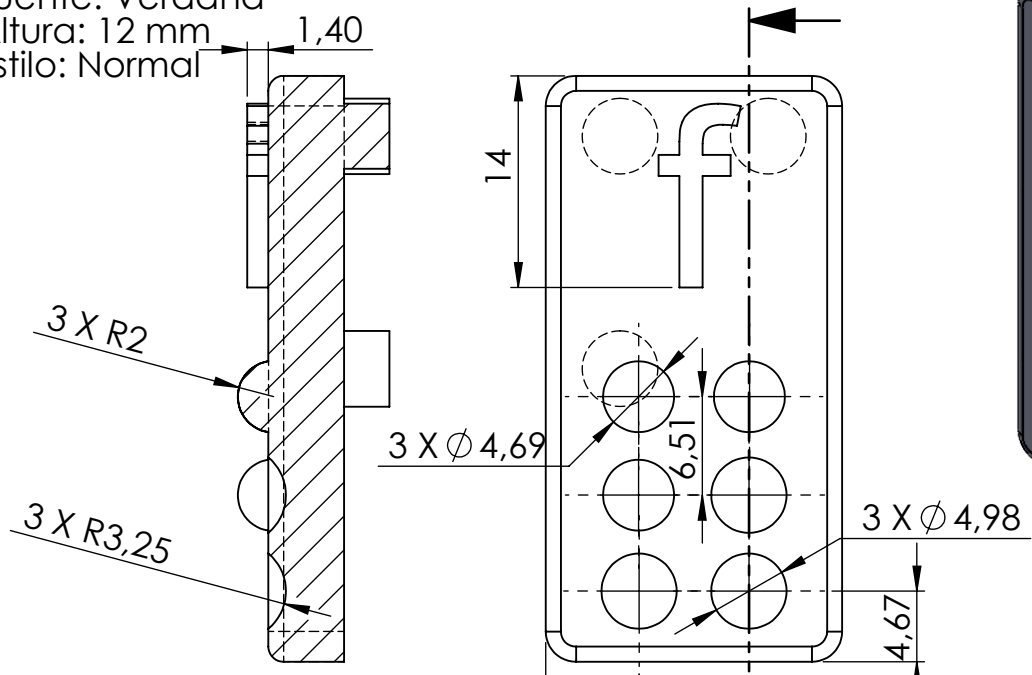


SECCIÓN N-N

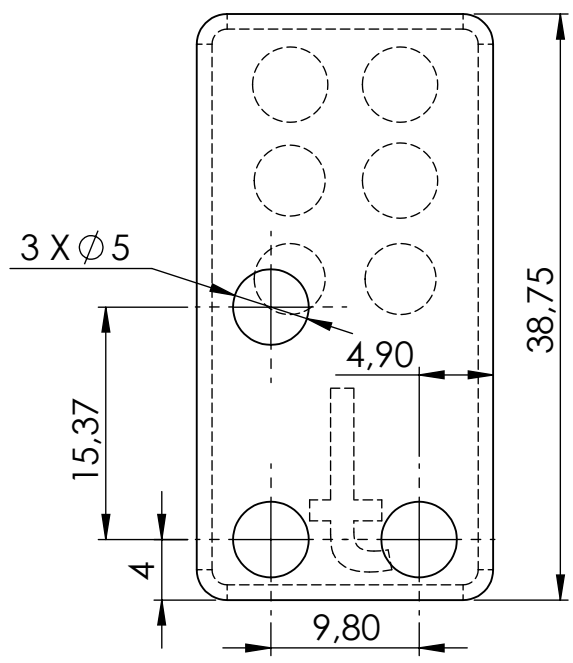
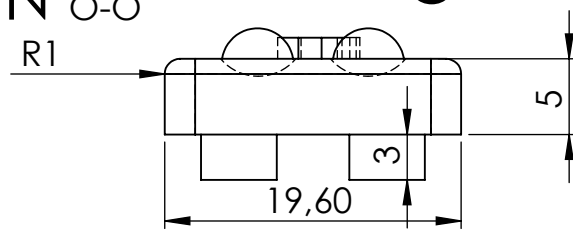


		PROYECTO			DISPOSITIVO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE BRAILLE		ESCALA			
		PARTE		9		2:1				
FICA		CIME		CODIGO			PT-09-001		TOLERANCIA:	
MATERIAL		PLA		DISEÑO		TÚQUERRES STEEVEN		03-03-23		HOJA
TRATAMIENTO		-		DIBUJÓ		TÚQUERRES STEEVEN		03-03-23		
RECUBRIMIENTO		-		REVISÓ		PHD. GÁMEZ BRIZEIDA		.		A4
CANTIDAD		2		APROBÓ		PHD. GÁMEZ BRIZEIDA		.		

NOTA:
Fuente: Verdana
Altura: 12 mm
Estilo: Normal

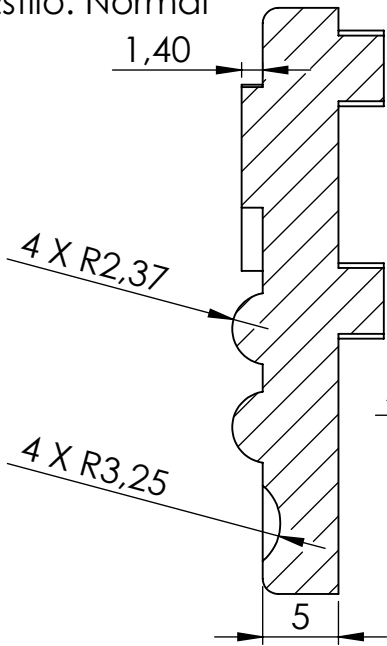


SECCIÓN O-O

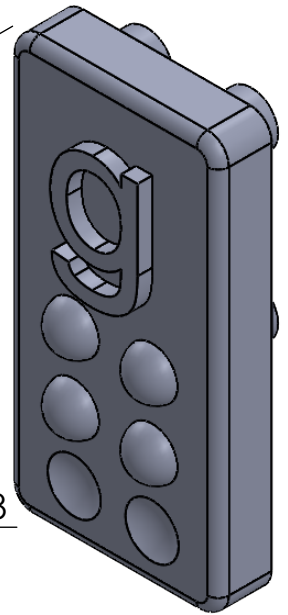
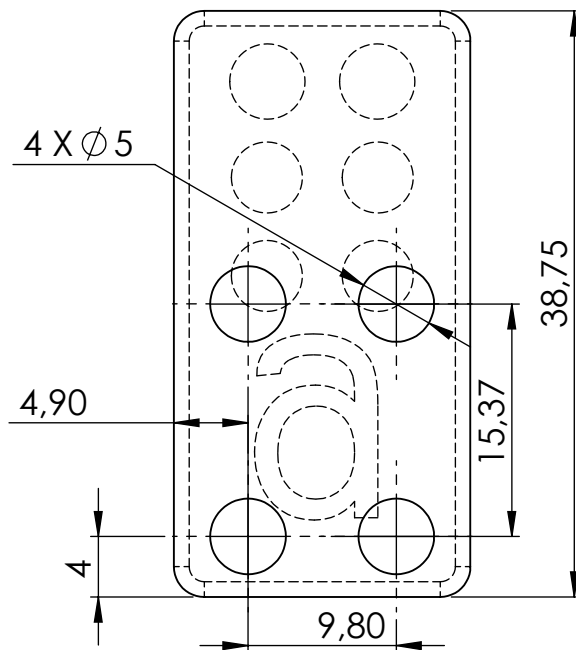
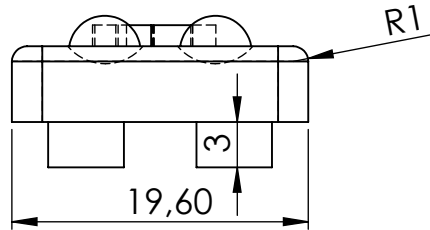
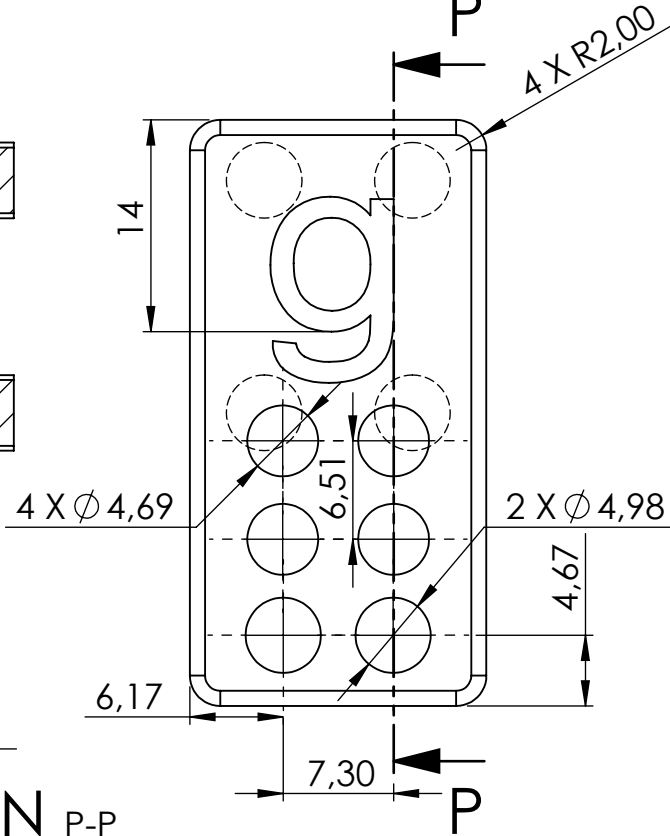




	PROYECTO		DISPOSITIVO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE BRAILLE		ESCALA	
	PARTE		10		2:1	
	CODIGO		PT-10-001		TOLERANCIA:	
	MATERIAL	PLA	DISEÑO	TÚQUERRES STEEVEN	03-03-23	HOJA A4
	TRATAMIENTO	-	DIBUJÓ	TÚQUERRES STEEVEN	03-03-23	
	RECUBRIMIENTO	-	REVISÓ	PHD. GÁMEZ BRIZEIDA	.	
	CANTIDAD	2	APROBÓ	PHD. GÁMEZ BRIZEIDA	.	
FICA	CIME					

NOTA:
Fuente: Verdana
Altura: 12 mm
Estilo: Normal

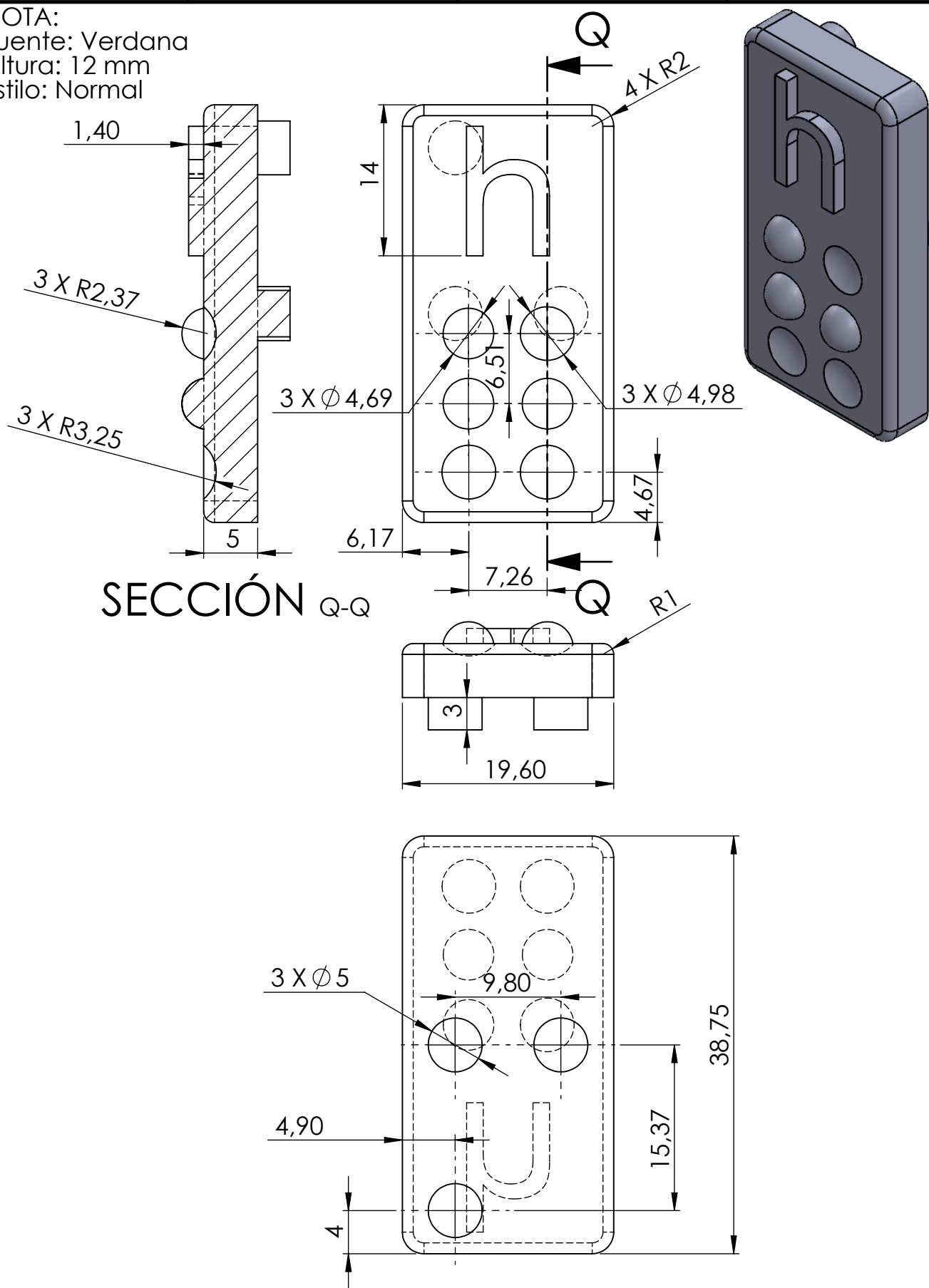


SECCIÓN P-P



		PROYECTO	DISPOSITIVO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE BRAILLE		ESCALA	
		PARTE	11		2:1	
FICA CIME		CODIGO	PT-11-001		TOLERANCIA:	
		MATERIAL	PLA	DISEÑO	TÚQUERRES STEEVEN	03-03-23
	TRATAMIENTO	-	DIBUJÓ	TÚQUERRES STEEVEN	03-03-23	
	RECUBRIMIENTO	-	REVISÓ	PHD. GÁMEZ BRIZEIDA	.	
	CANTIDAD	2	APROBÓ	PHD. GÁMEZ BRIZEIDA	.	

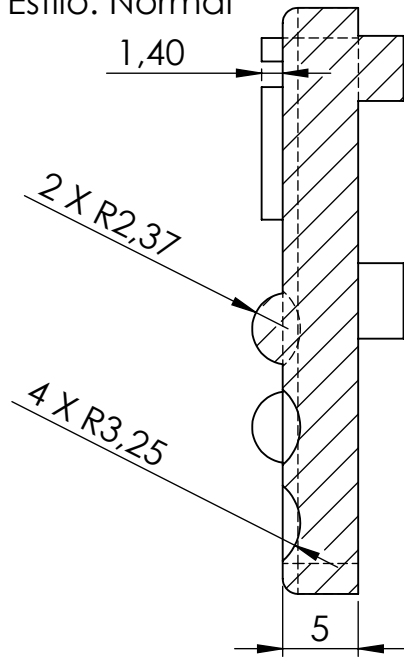
NOTA:
Fuente: Verdana
Altura: 12 mm
Estilo: Normal



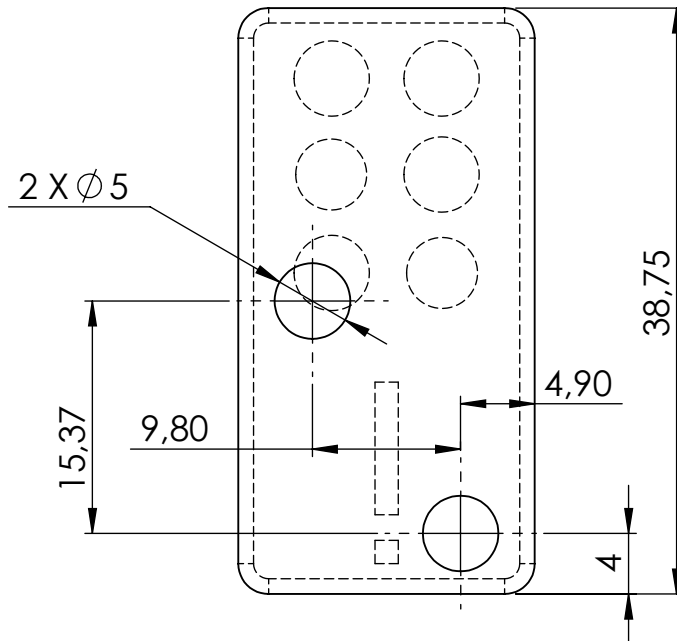
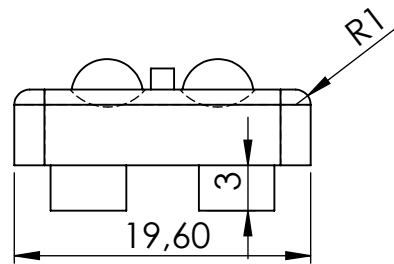
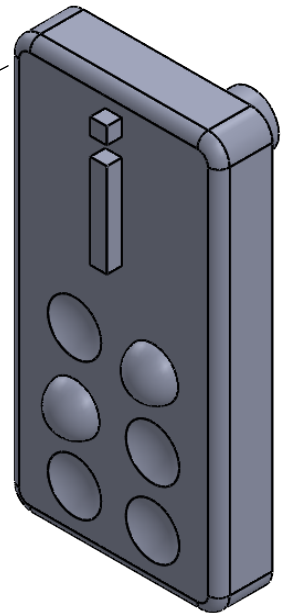
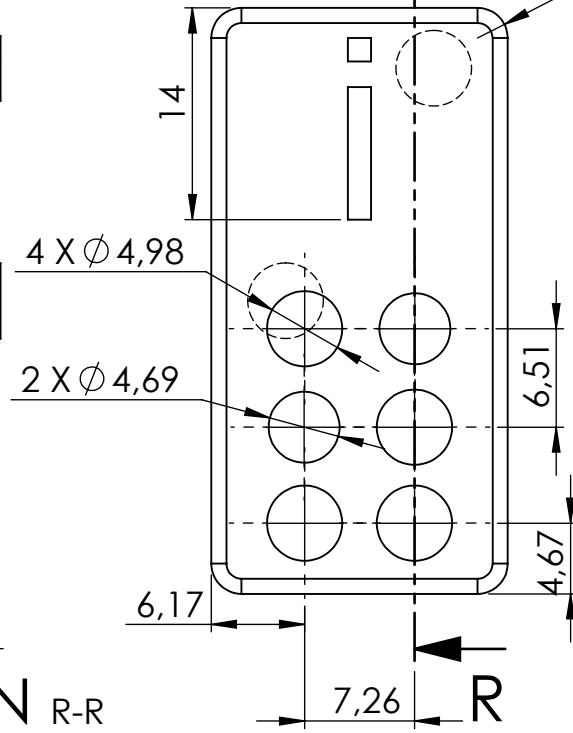
SECCIÓN Q-Q

	PROYECTO		DISPOSITIVO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE BRAILLE		ESCALA		
	PARTE		12		2:1		
	CODIGO		PT-12-001		TOLERANCIA:		
	MATERIAL	PLA	DISEÑO	TÚQUERRES STEEVEN		03-03-23	HOJA A4
	TRATAMIENTO	-	DIBUJÓ	TÚQUERRES STEEVEN		03-03-23	
	RECUBRIMIENTO	-	REVISÓ	PHD. GÁMEZ BRIZEIDA		.	
CANTIDAD	2	APROBÓ	PHD. GÁMEZ BRIZEIDA		.		
FICA	CIME						

NOTA:
Fuente: Verdana
Altura: 12 mm
Estilo: Normal



SECCIÓN R-R

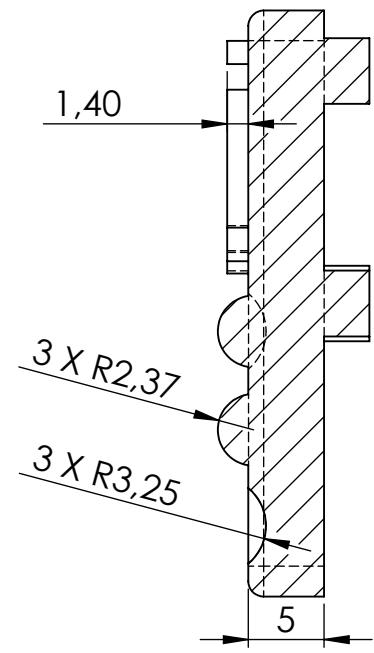


PROYECTO		DISPOSITIVO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE BRAILLE			ESCALA	
PARTE		13			2:1	
CODIGO		PT-13-001			TOLERANCIA:	
MATERIAL	PLA	DISEÑO	TÚQUERRES STEEVEN		03-03-23	HOJA A4
TRATAMIENTO	-	DIBUJÓ	TÚQUERRES STEEVEN		03-03-23	
RECUBRIMIENTO	-	REVISÓ	PHD. GÁMEZ BRIZEIDA		.	
CANTIDAD	2	APROBÓ	PHD. GÁMEZ BRIZEIDA		.	

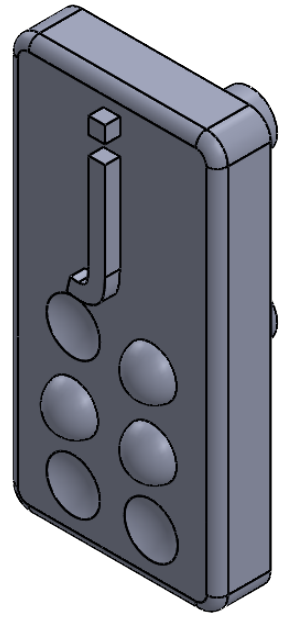
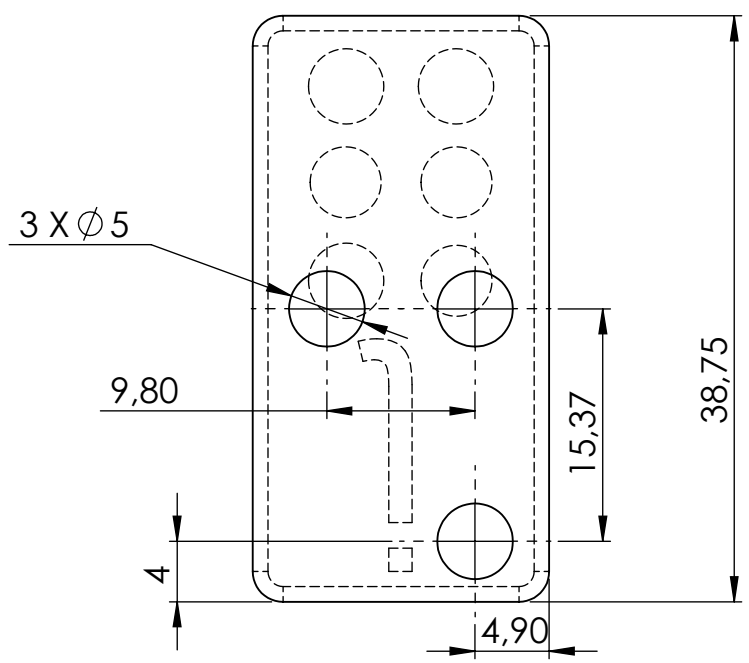
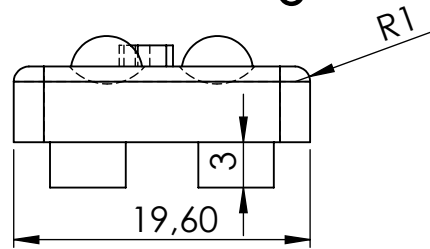
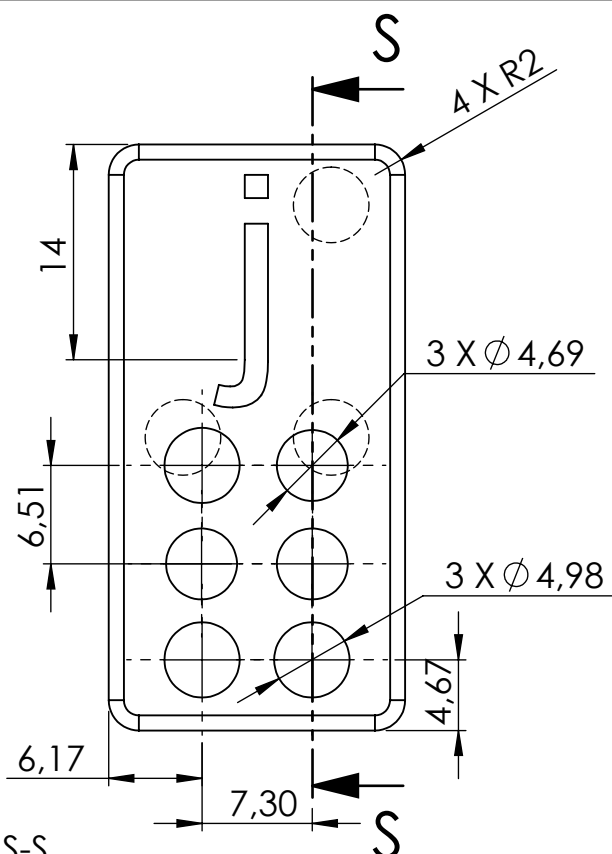
FICA


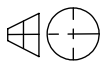
CIME

NOTA:
Fuente: Verdana
Altura: 12 mm
Estilo: Normal

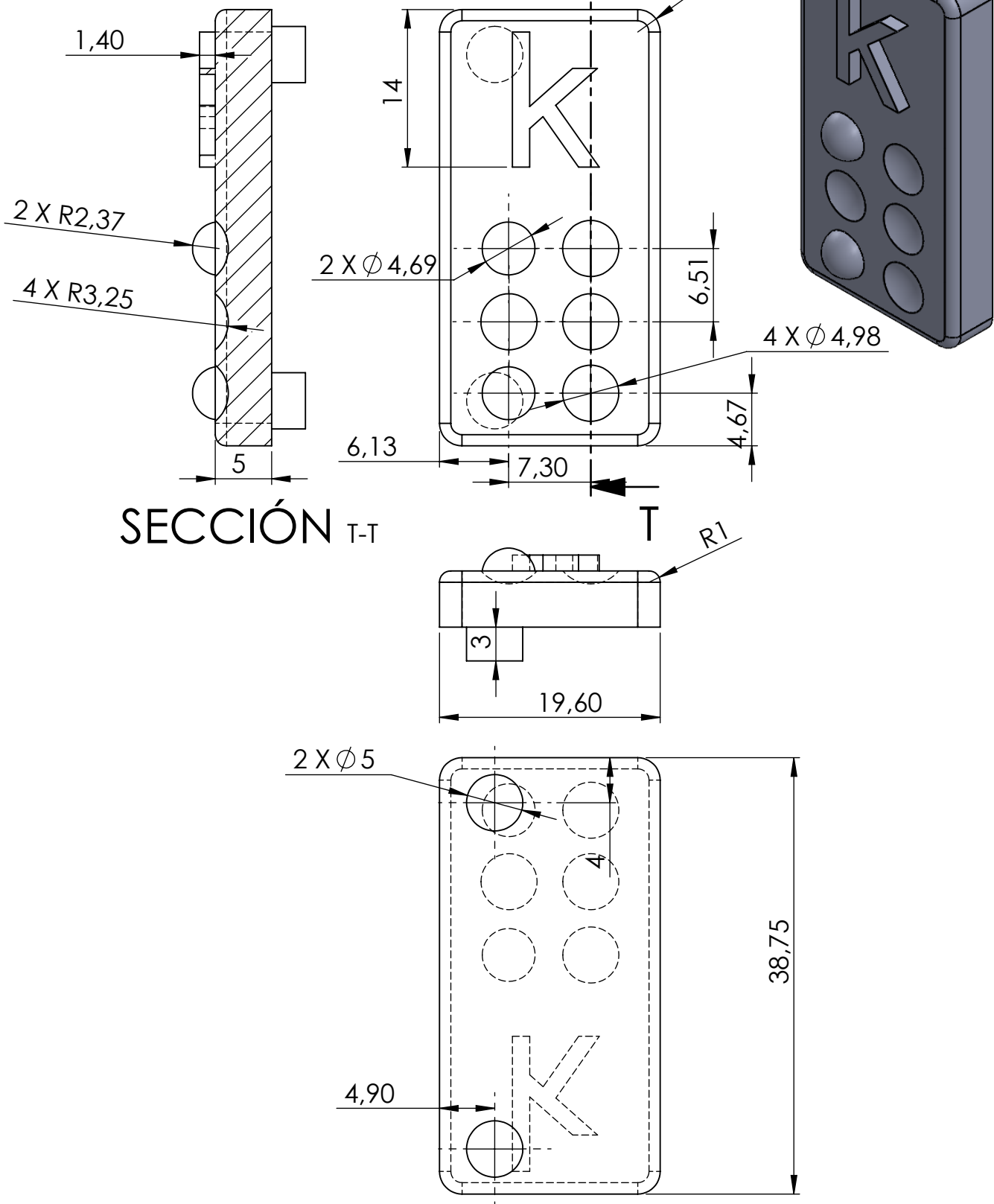


SECCIÓN S-S



		PROYECTO	DISPOSITIVO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE BRAILLE			ESCALA	
		PARTE	14			2:1	
FICA CIME		CODIGO	PT-14-001			TOLERANCIA:	
		MATERIAL	PLA	DISEÑO	TÚQUERRES STEEVEN		03-03-23
		TRATAMIENTO	-	DIBUJÓ	TÚQUERRES STEEVEN		03-03-23
		RECUBRIMIENTO	-	REVISÓ	PHD. GÁMEZ BRIZEIDA		.
		CANTIDAD	2	APROBÓ	PHD. GÁMEZ BRIZEIDA		.

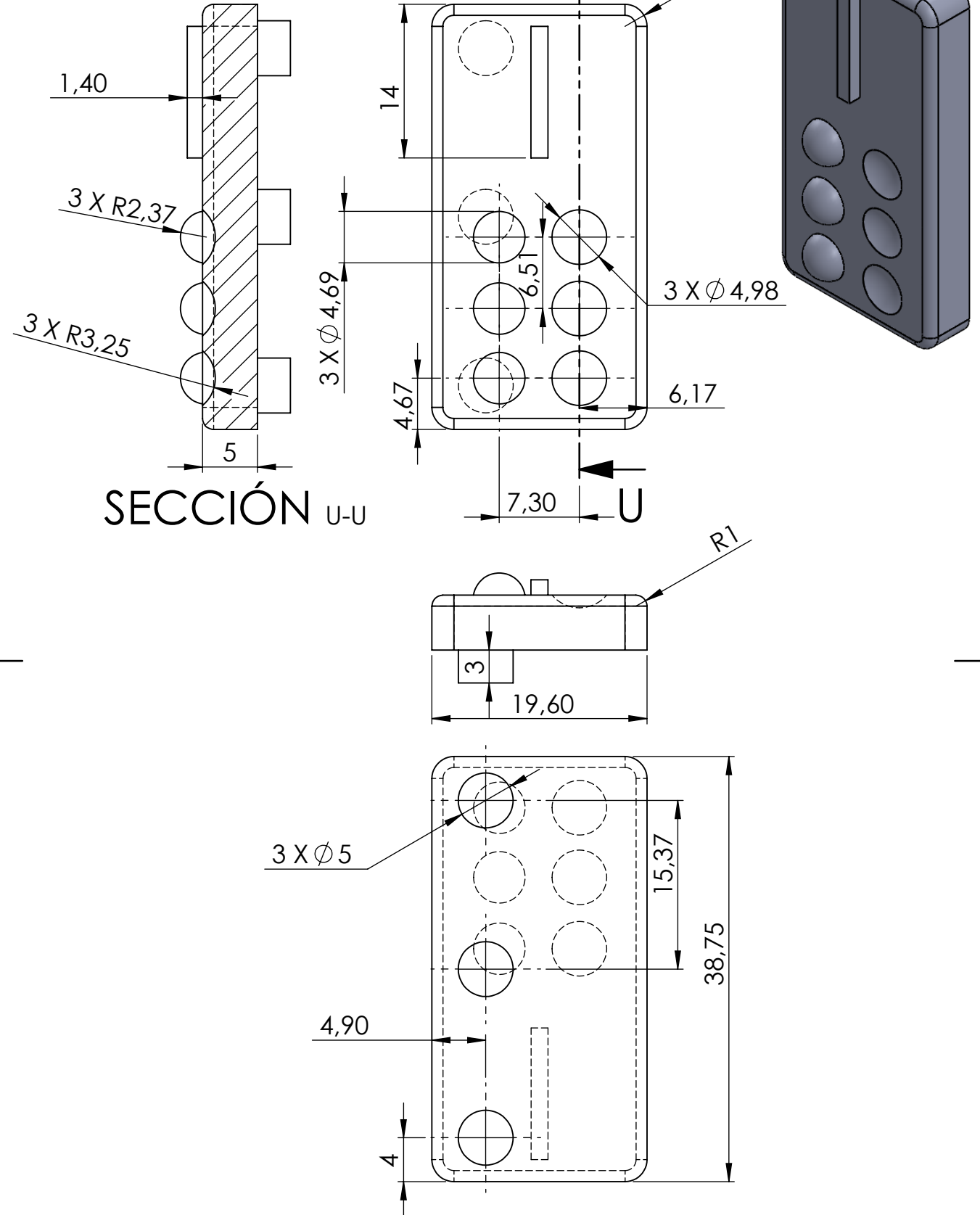
NOTA:
 Fuente: Verdana
 Altura: 12 mm
 Estilo: Normal



SECCIÓN T-T



	PROYECTO	DISPOSITIVO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE BRAILLE			ESCALA	
	PARTE	15			2:1	
	CODIGO	PT-15-001			TOLERANCIA:	
	MATERIAL	PLA	DISEÑO	TÚQUERRES STEEVEN	03-03-23	HOJA A4
	TRATAMIENTO	-	DIBUJÓ	TÚQUERRES STEEVEN	03-03-23	
	RECUBRIMIENTO	-	REVISÓ	PHD. GÁMEZ BRIZEIDA	.	
CANTIDAD	2	APROBÓ	PHD. GÁMEZ BRIZEIDA	.		
FICA	CIME					

NOTA:
Fuente: Verdana
Altura: 12 mm
Estilo: Normal



SECCIÓN U-U



		PROYECTO			DISPOSITIVO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE BRAILLE		ESCALA	
		PARTE		16		2:1		
		CODIGO		PT-16-001			TOLERANCIA:	
MATERIAL		PLA	DISEÑO	TÚQUERRES STEEVEN		03-03-23	HOJA A4	
TRATAMIENTO		-	DIBUJÓ	TÚQUERRES STEEVEN		03-03-23		
RECUBRIMIENTO		-	REVISÓ	PHD. GÁMEZ BRIZEIDA		.		
CANTIDAD		2	APROBÓ	PHD. GÁMEZ BRIZEIDA		.		

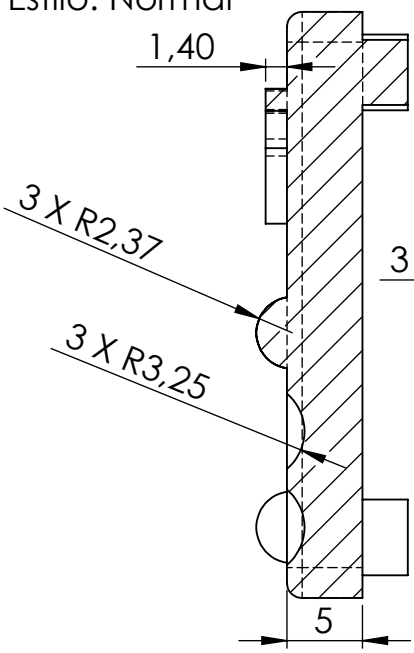
FICA

CIME

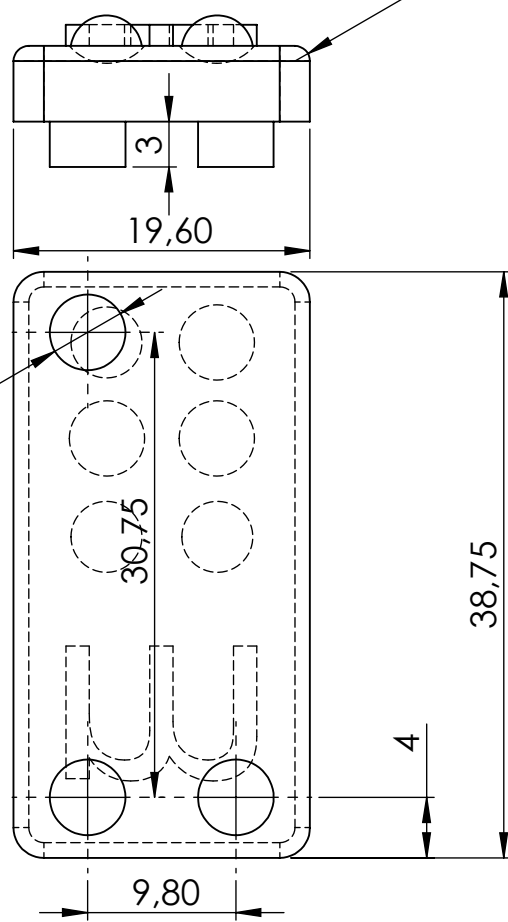
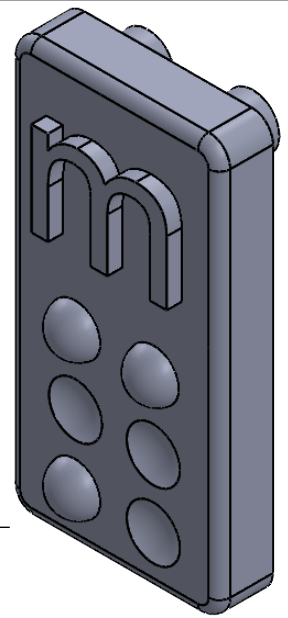
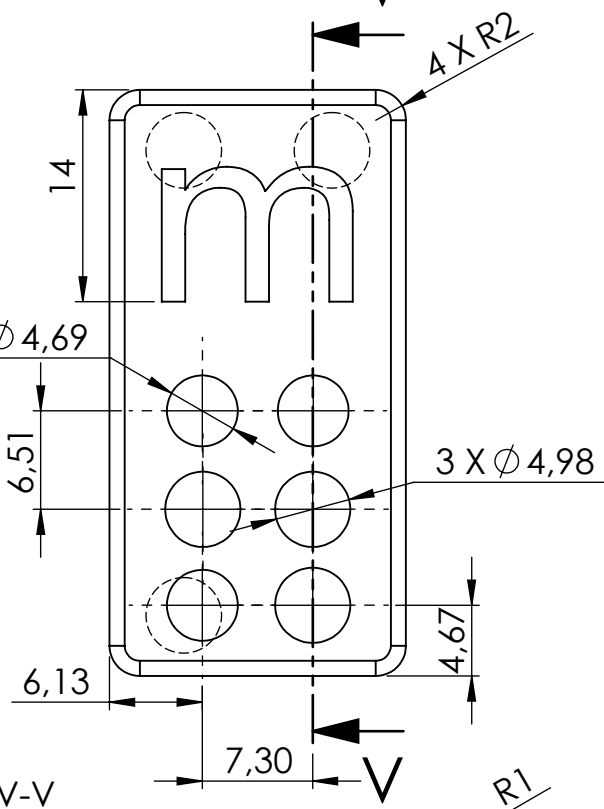
NOTA:
 Fuente: Verdana
 Altura: 12 mm
 Estilo: Normal

F
E
D
C
B
A

F
E
D
C
B
A



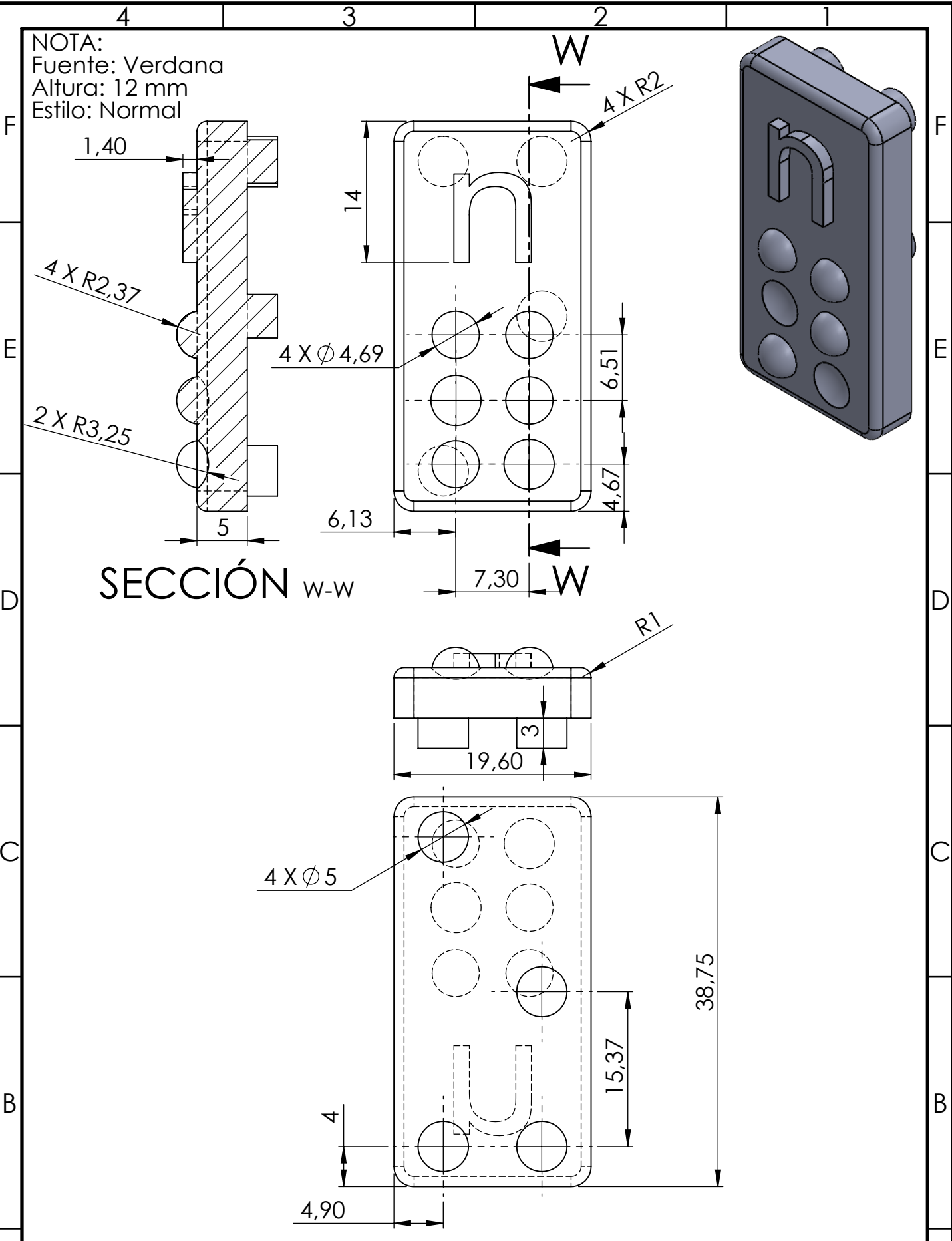
SECCIÓN V-V



FICA CIME	PROYECTO	DISPOSITIVO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE BRAILLE			ESCALA	
	PARTE	17			2:1	
	CODIGO	PT-17-001			TOLERANCIA:	
	MATERIAL	PLA	DISEÑO	TÚQUERRES STEEVEN	03-03-23	HOJA A4
	TRATAMIENTO	-	DIBUJÓ	TÚQUERRES STEEVEN	03-03-23	
	RECUBRIMIENTO	-	REVISÓ	PHD. GÁMEZ BRIZEIDA	.	
CANTIDAD	2	APROBÓ	PHD. GÁMEZ BRIZEIDA	.		

4 3 2 1

NOTA:
Fuente: Verdana
Altura: 12 mm
Estilo: Normal

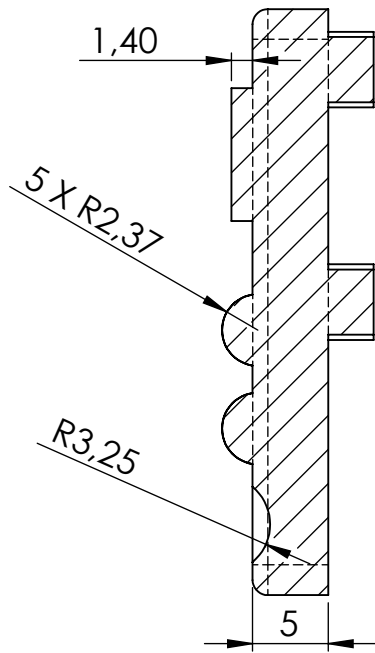


SECCIÓN W-W

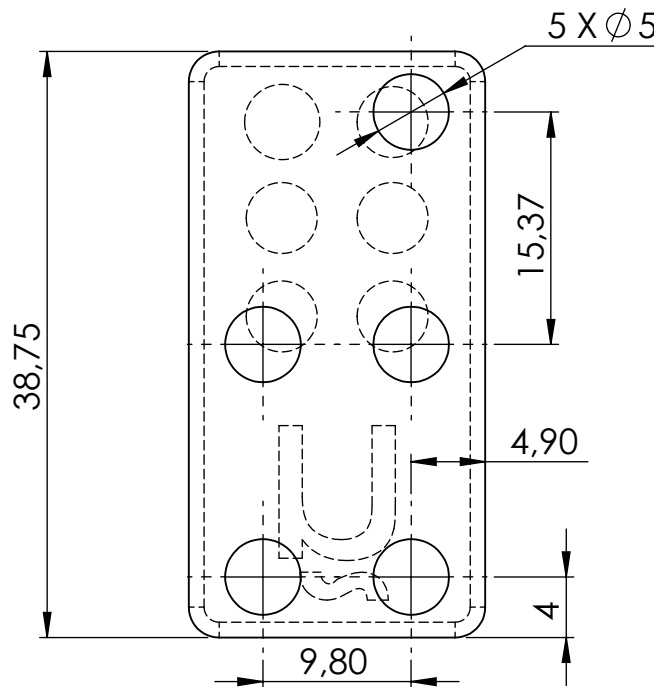
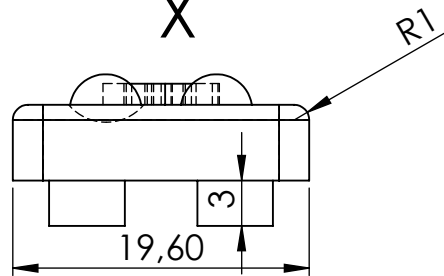
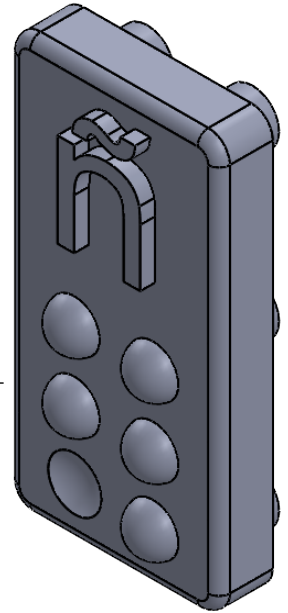
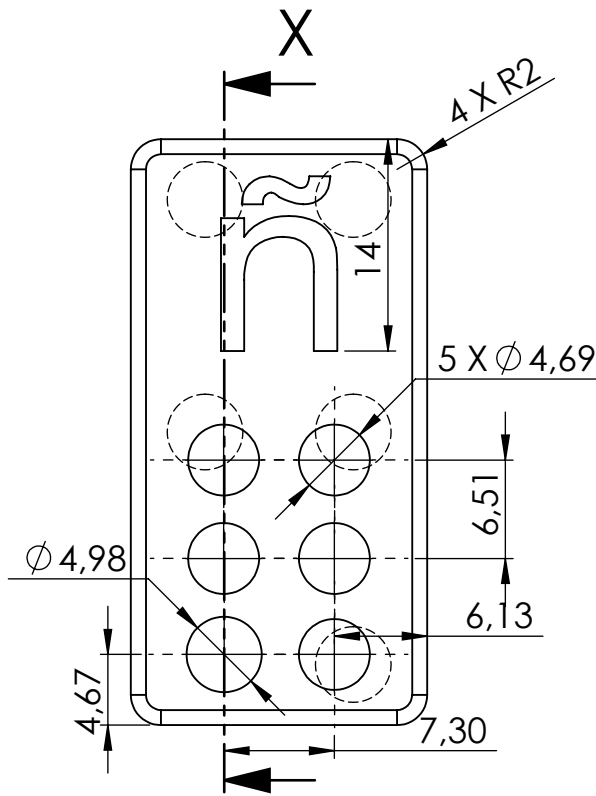


		PROYECTO	DISPOSITIVO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE BRAILLE		ESCALA	
		PARTE	18		2:1	
FICA CIME		CODIGO	PT-18-001		TOLERANCIA:	
		MATERIAL	PLA	DISEÑO	TÚQUERRES STEEVEN	03-03-23
	TRATAMIENTO	-	DIBUJÓ	TÚQUERRES STEEVEN	03-03-23	
	RECUBRIMIENTO	-	REVISÓ	PHD. GÁMEZ BRIZEIDA	.	
	CANTIDAD	2	APROBÓ	PHD. GÁMEZ BRIZEIDA	.	

NOTA:
 Fuente: Verdana
 Altura: 12 mm
 Estilo: Normal



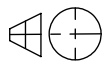
SECCIÓN X-X



PROYECTO	DISPOSITIVO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE BRAILLE			ESCALA	2:1
PARTE	19				
CODIGO	PT-19-001			TOLERANCIA:	
MATERIAL	PLA	DISEÑO	TÚQUERRES STEEVEN	03-03-23	HOJA A4
TRATAMIENTO	-	DIBUJÓ	TÚQUERRES STEEVEN	03-03-23	
RECUBRIMIENTO	-	REVISÓ	PHD. GÁMEZ BRIZEIDA	.	
CANTIDAD	2	APROBÓ	PHD. GÁMEZ BRIZEIDA	.	

FICA

CIME



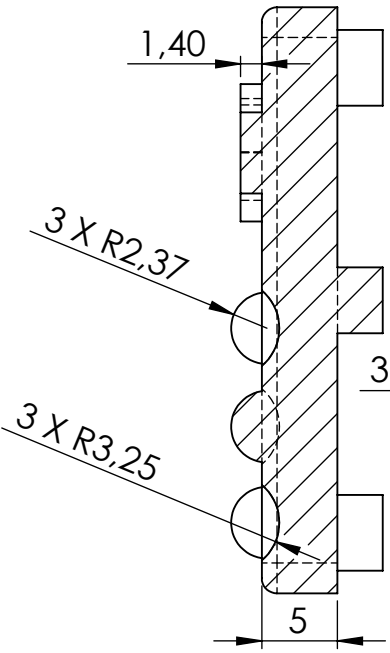
HOJA

A4

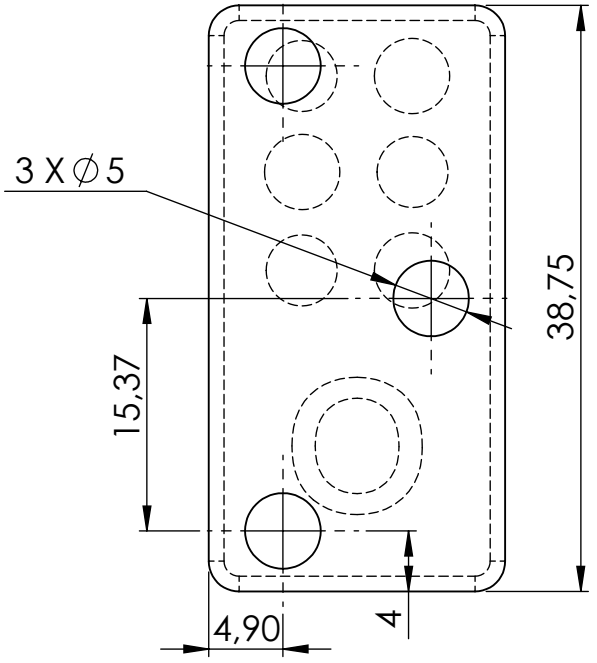
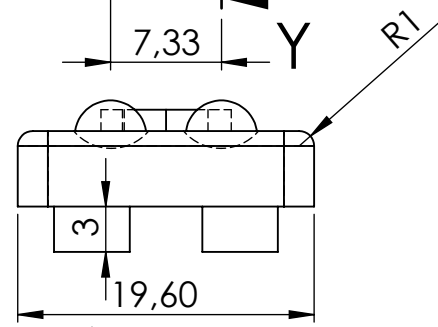
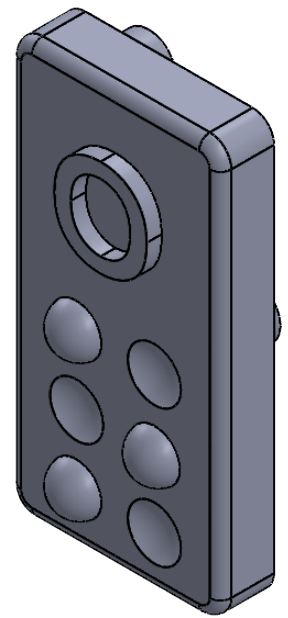
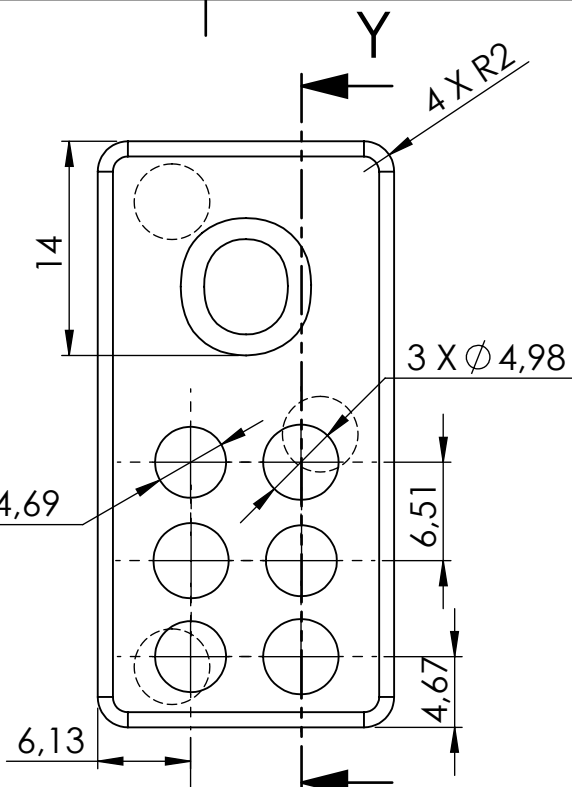
NOTA:
Fuente: Verdana
Altura: 12 mm
Estilo: Normal

F
E
D
C
B
A

F
E
D
C
B
A



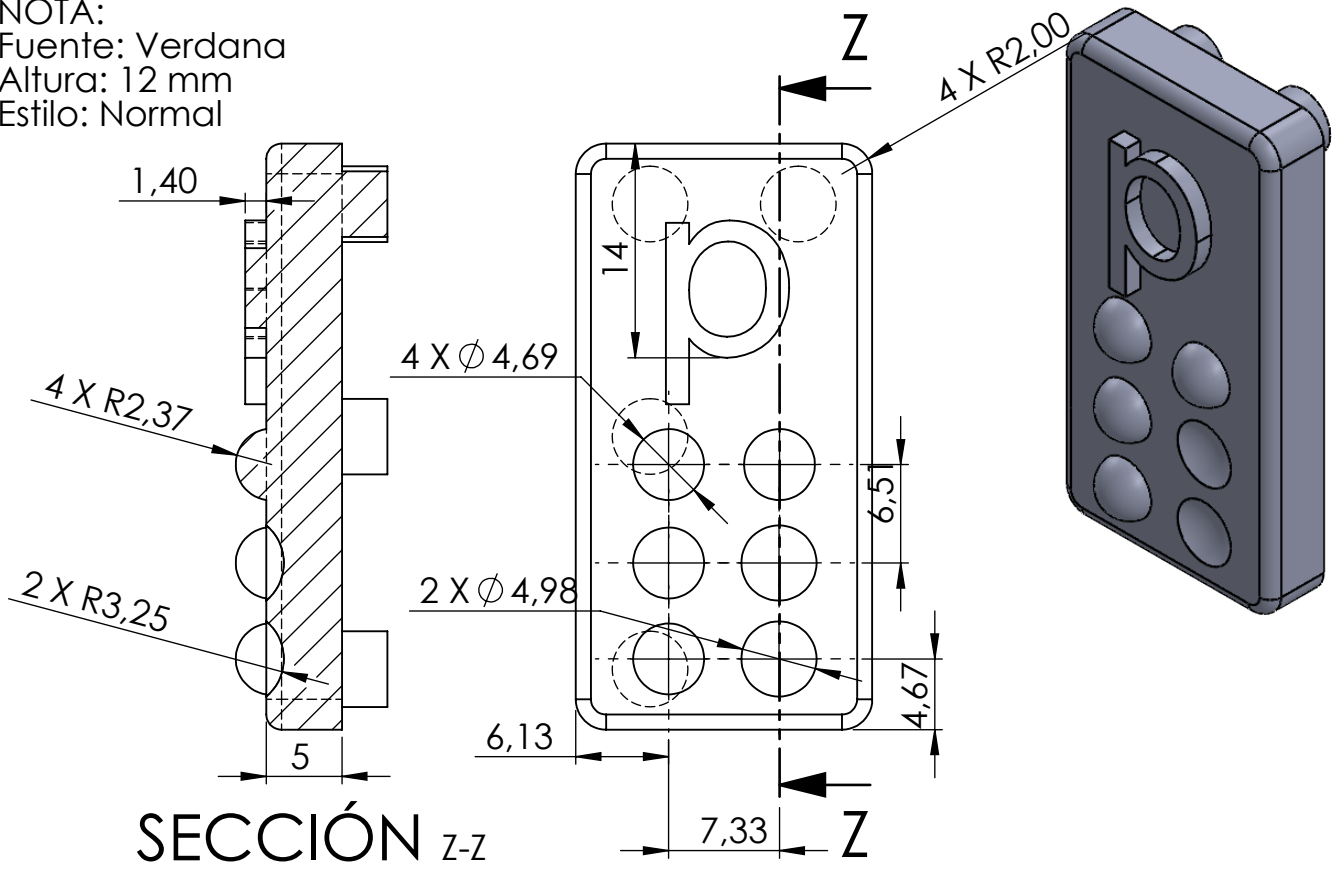
SECCIÓN Y-Y



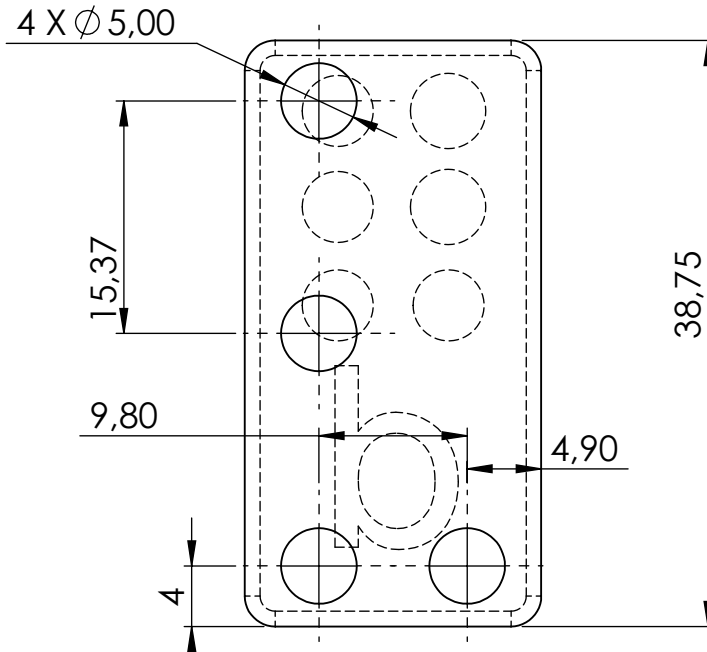
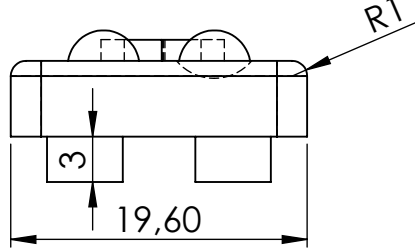
	PROYECTO		DISPOSITIVO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE BRAILLE		ESCALA	
	PARTE		20		2:1	
	CODIGO		PT-20-001		TOLERANCIA:	
	MATERIAL	PLA	DISEÑO	TÚQUERRES STEEVEN	03-03-23	HOJA A4
	TRATAMIENTO	-	DIBUJÓ	TÚQUERRES STEEVEN	03-03-23	
	RECUBRIMIENTO	-	REVISÓ	PHD. GÁMEZ BRIZEIDA	.	
CANTIDAD	2	APROBÓ	PHD. GÁMEZ BRIZEIDA	.		
FICA	CIME					

4 3 2 1

NOTA:
Fuente: Verdana
Altura: 12 mm
Estilo: Normal

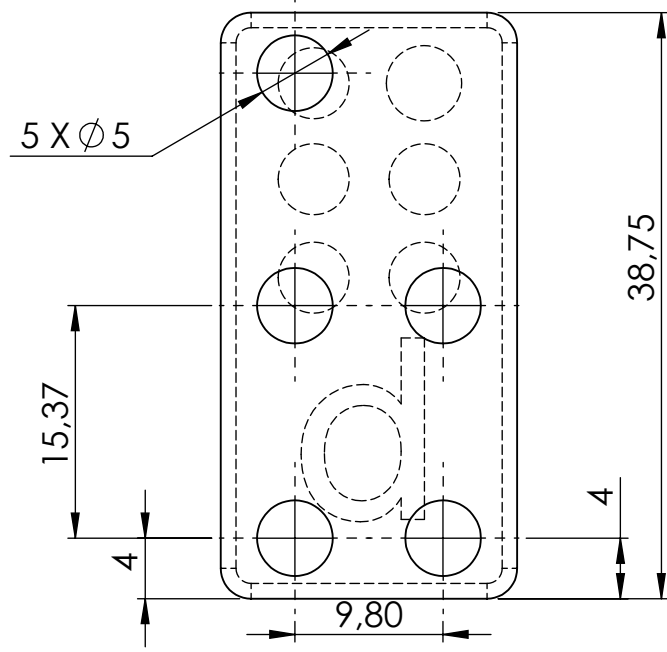
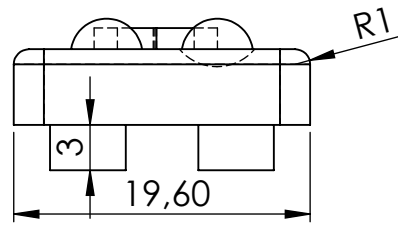
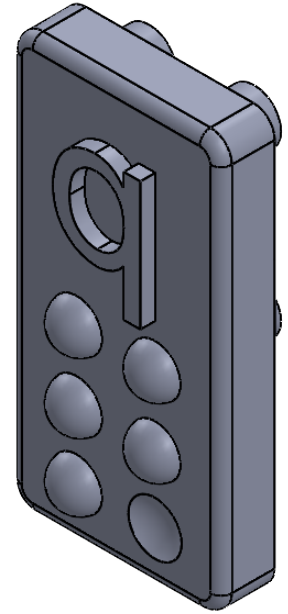
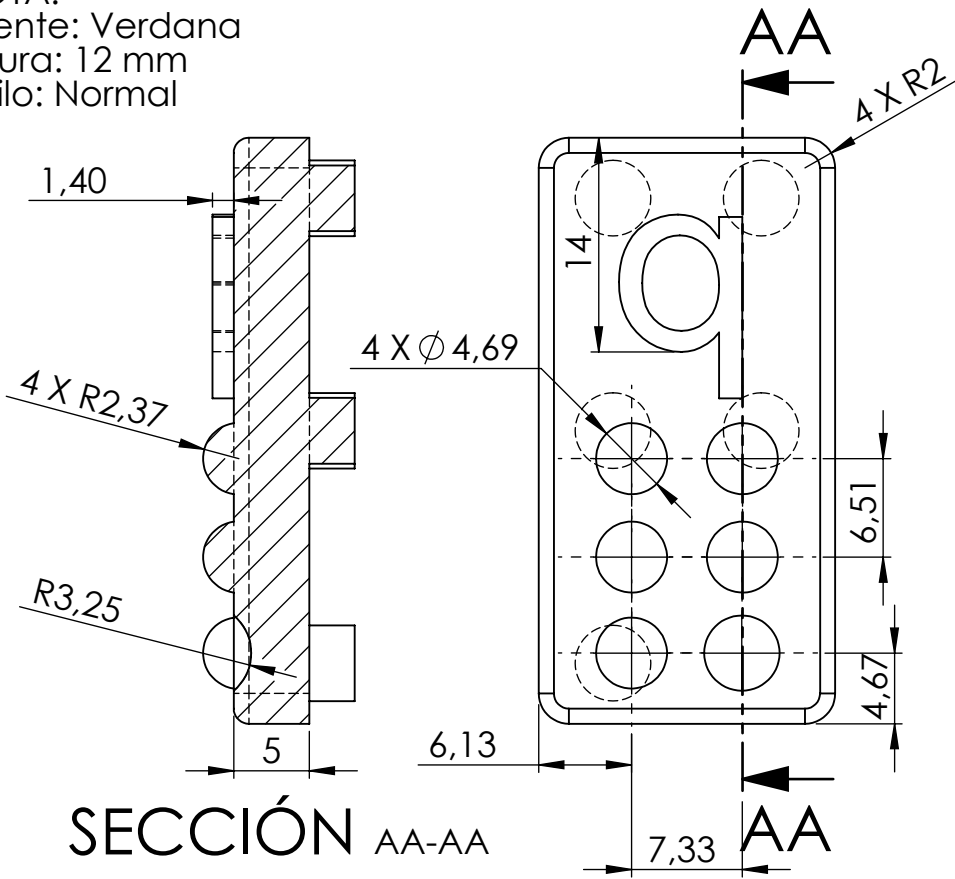


SECCIÓN Z-Z



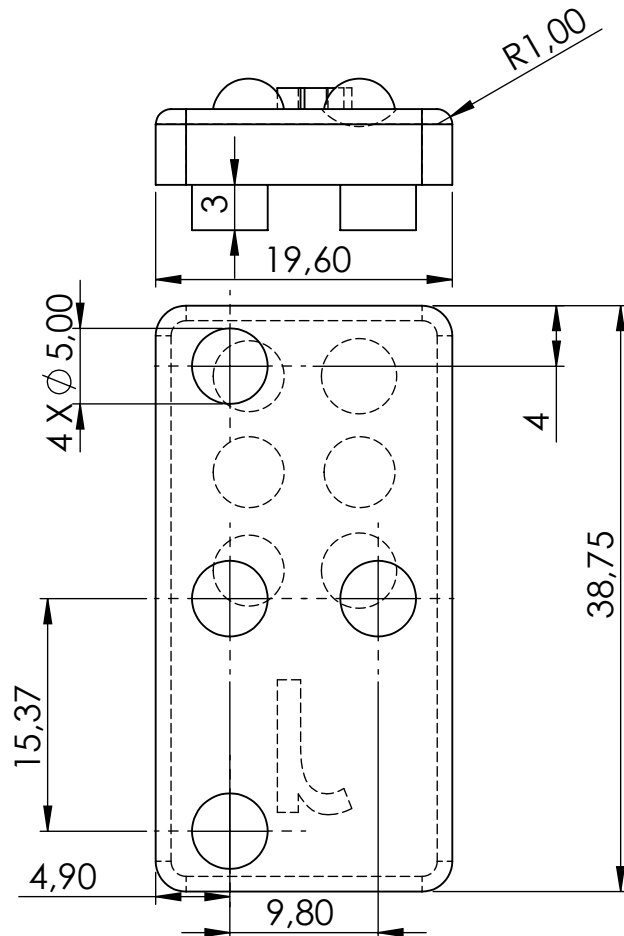
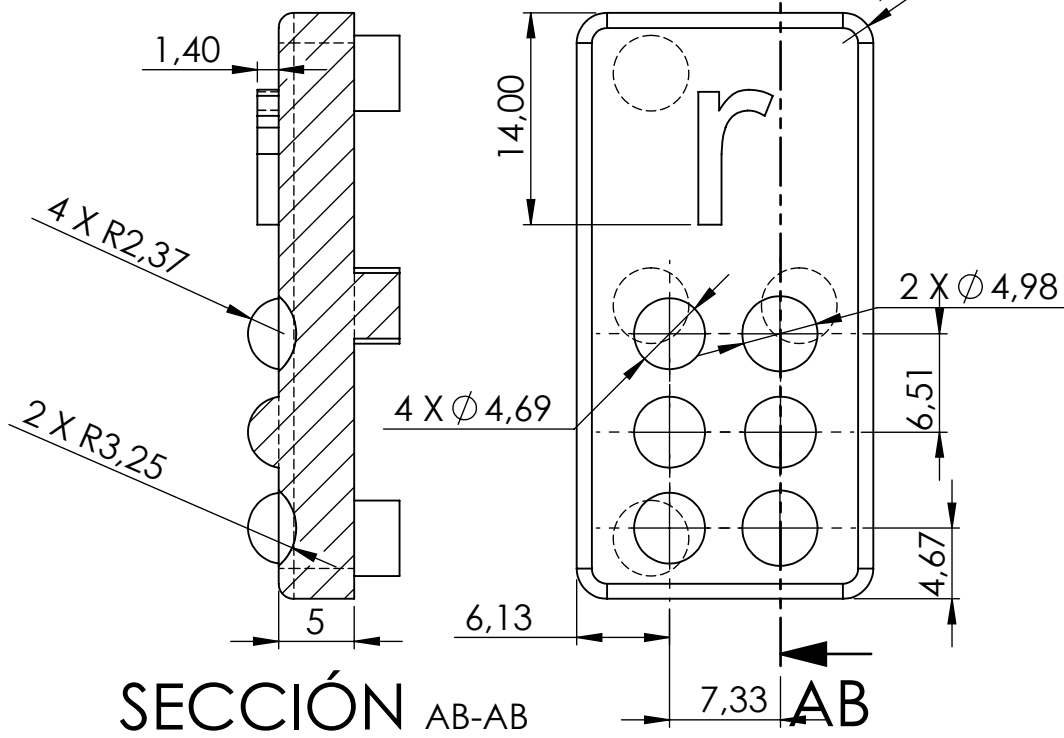
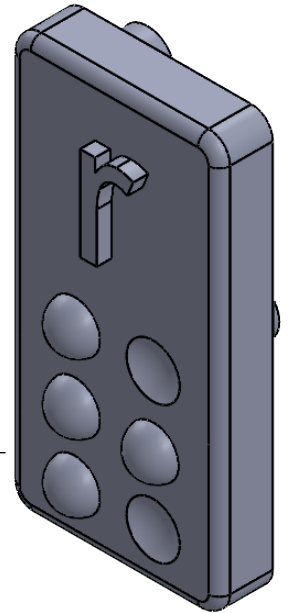
	PROYECTO		DISPOSITIVO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE BRAILLE		ESCALA	
	PARTE		21		2:1	
	CODIGO		PT-21-001		TOLERANCIA:	
	MATERIAL	PLA	DISEÑO	TÚQUERRES STEEVEN	03-03-23	HOJA A4
	TRATAMIENTO	-	DIBUJO	TÚQUERRES STEEVEN	03-03-23	
	RECUBRIMIENTO	-	REVISÓ	PHD. GÁMEZ BRIZEIDA	.	
CANTIDAD	2	APROBÓ	PHD. GÁMEZ BRIZEIDA	.		

NOTA:
Fuente: Verdana
Altura: 12 mm
Estilo: Normal



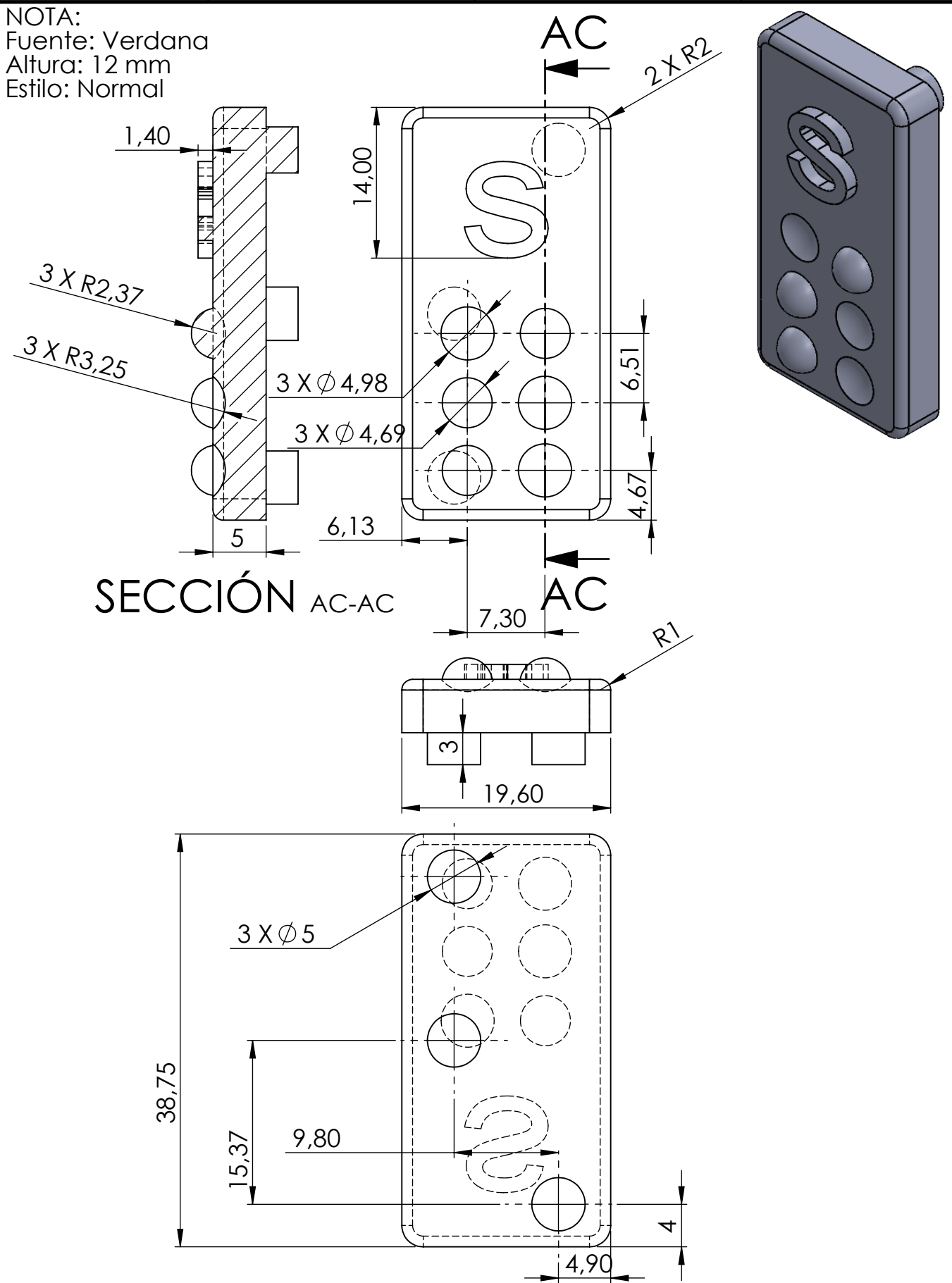
PROYECTO		DISPOSITIVO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE BRAILLE			ESCALA	
PARTE		22			2:1	
CODIGO		PT-22-001			TOLERANCIA:	
MATERIAL		PLA	DISEÑO	TÚQUERRES STEEVEN	03-03-23	HOJA A4
TRATAMIENTO		-	DIBUJÓ	TÚQUERRES STEEVEN	03-03-23	
RECUBRIMIENTO		-	REVISÓ	PHD. GÁMEZ BRIZEIDA	.	
CANTIDAD		2	APROBÓ	PHD. GÁMEZ BRIZEIDA	.	
FICA	CIME					

NOTA:
Fuente: Verdana
Altura: 12 mm
Estilo: Normal



	PROYECTO			DISPOSITIVO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE BRAILLE		ESCALA		
	PARTE			23		2:1		
	CODIGO			PT-23-001		TOLERANCIA:		
	MATERIAL			PLA	DISEÑO	TÚQUERRES STEEVEN	03-03-23	HOJA A4
	TRATAMIENTO			-	DIBUJÓ	TÚQUERRES STEEVEN	03-03-23	
	RECUBRIMIENTO			-	REVISÓ	PHD. GÁMEZ BRIZEIDA	.	
CANTIDAD			2	APROBÓ	PHD. GÁMEZ BRIZEIDA	.		
FICA	CIME							

NOTA:
Fuente: Verdana
Altura: 12 mm
Estilo: Normal



PROYECTO		DISPOSITIVO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE BRAILLE			ESCALA	
PARTE		24			2:1	
CODIGO		PT-24-001			TOLERANCIA:	
MATERIAL		PLA	DISEÑO	TÚQUERRES STEEVEN	03-03-23	HOJA A4
TRATAMIENTO		-	DIBUJÓ	TÚQUERRES STEEVEN	03-03-23	
RECUBRIMIENTO		-	REVISÓ	PHD. GÁMEZ BRIZEIDA	.	
CANTIDAD		2	APROBÓ	PHD. GÁMEZ BRIZEIDA	.	

FICA

CIME

NOTA:
Fuente: Verdana
Altura: 12 mm
Estilo: Normal

F

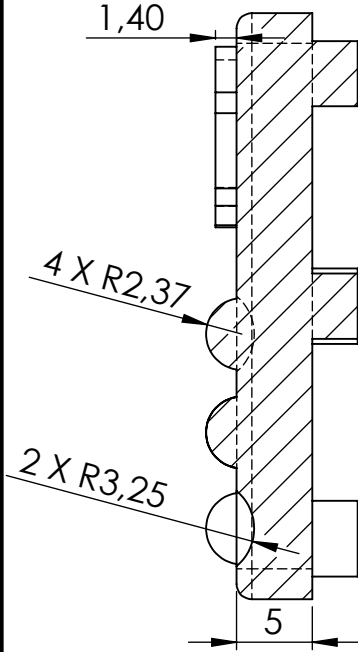
E

D

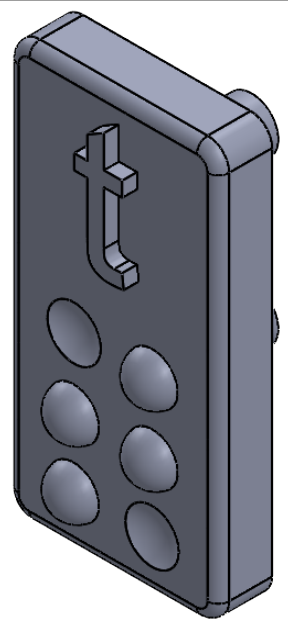
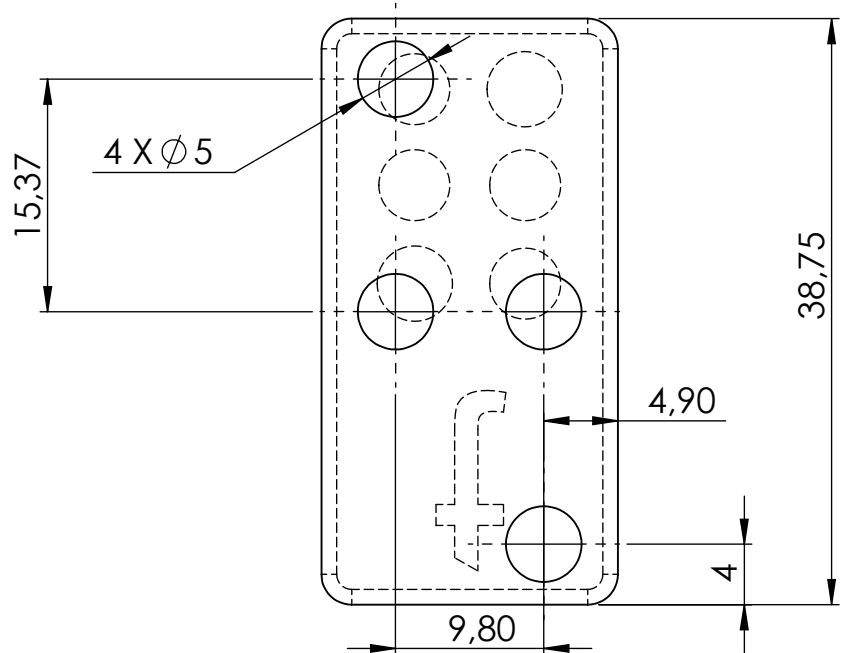
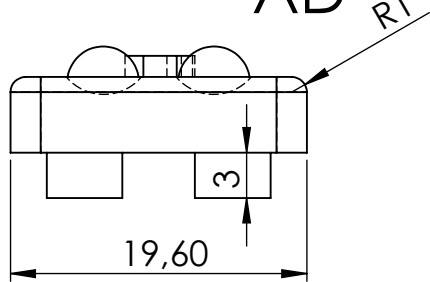
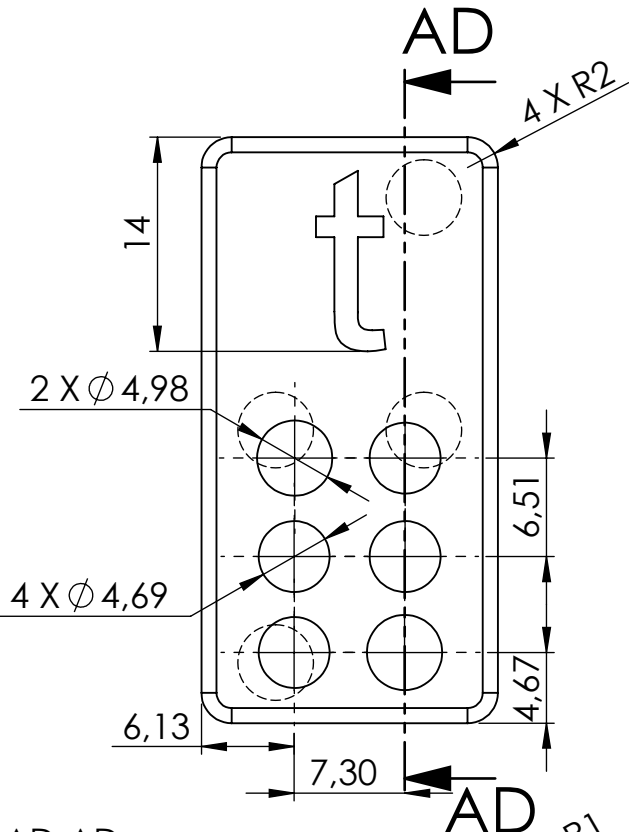
C

B

A



SECCIÓN AD-AD



F

E

D

C

B

A



PROYECTO		DISPOSITIVO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE BRAILLE			ESCALA	
PARTE		25			2:1	
CODIGO		PT-25-001			TOLERANCIA:	
MATERIAL		PLA	DISEÑO	TÚQUERRES STEEVEN	03-03-23	HOJA A4
TRATAMIENTO		-	DIBUJÓ	TÚQUERRES STEEVEN	03-03-23	
RECUBRIMIENTO		-	REVISÓ	PHD. GÁMEZ BRIZEIDA	.	
CANTIDAD		2	APROBÓ	PHD. GÁMEZ BRIZEIDA	.	

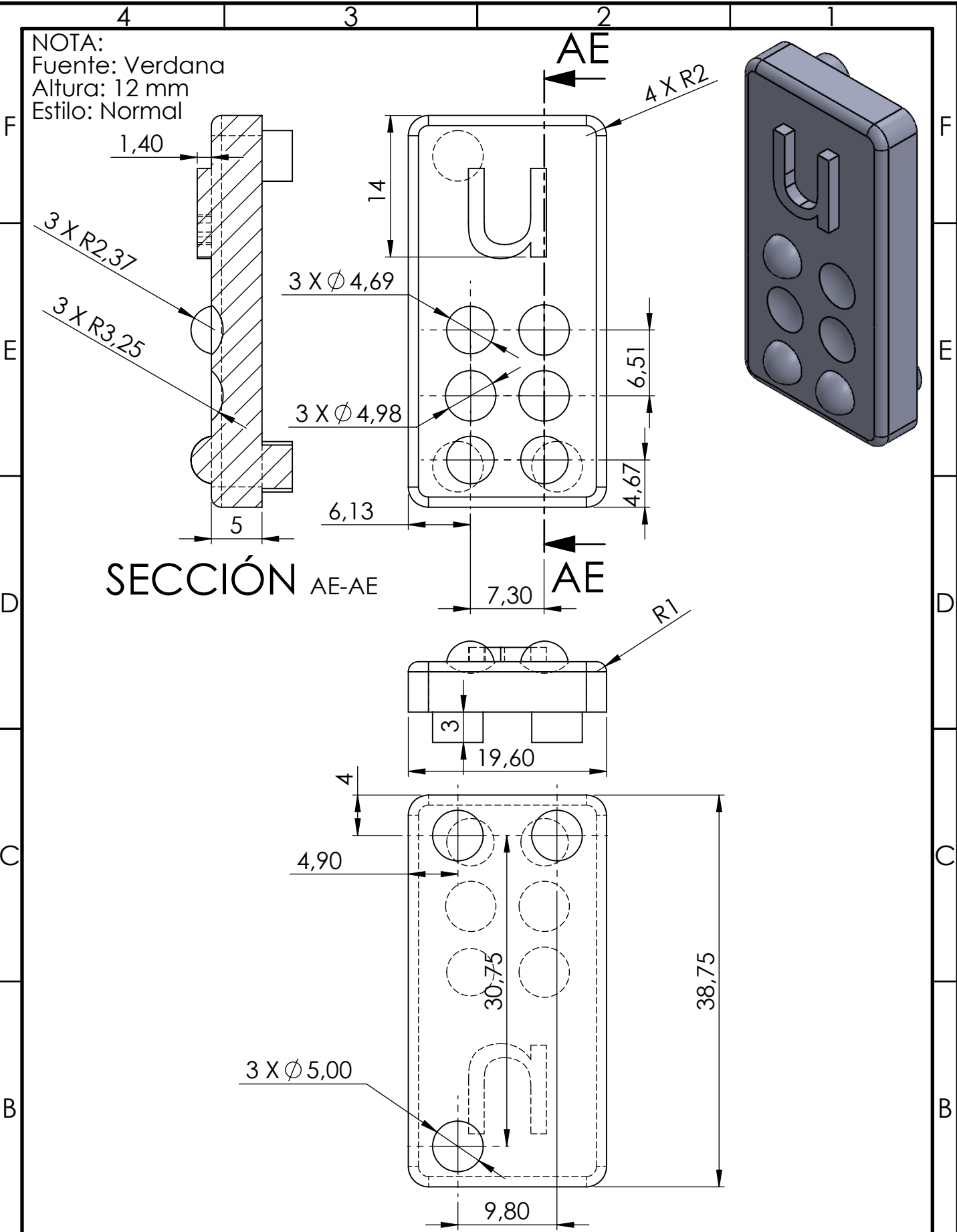
4

3

2

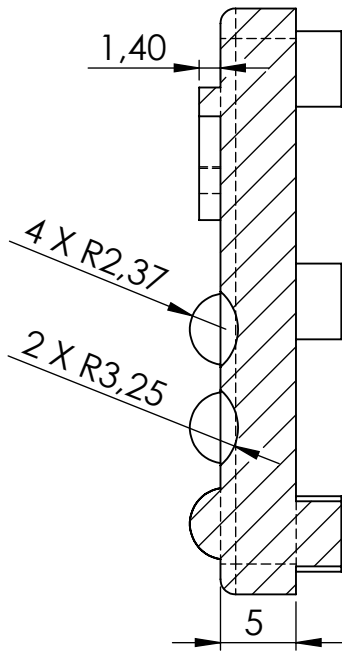
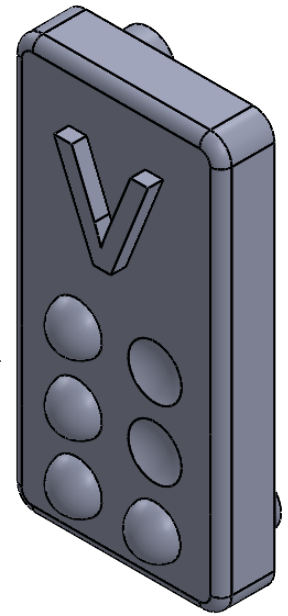
1

NOTA:
Fuente: Verdana
Altura: 12 mm
Estilo: Normal

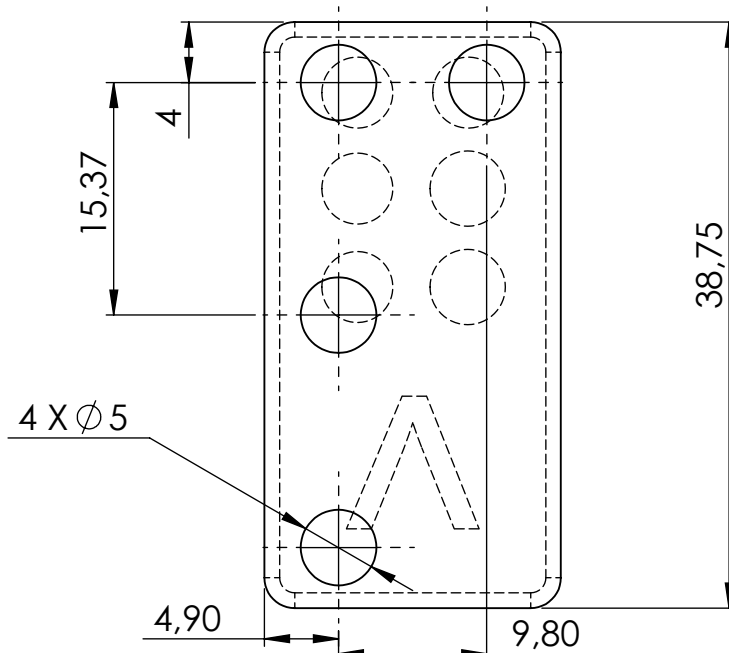
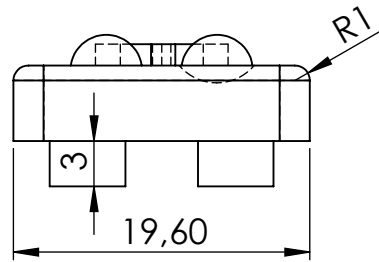
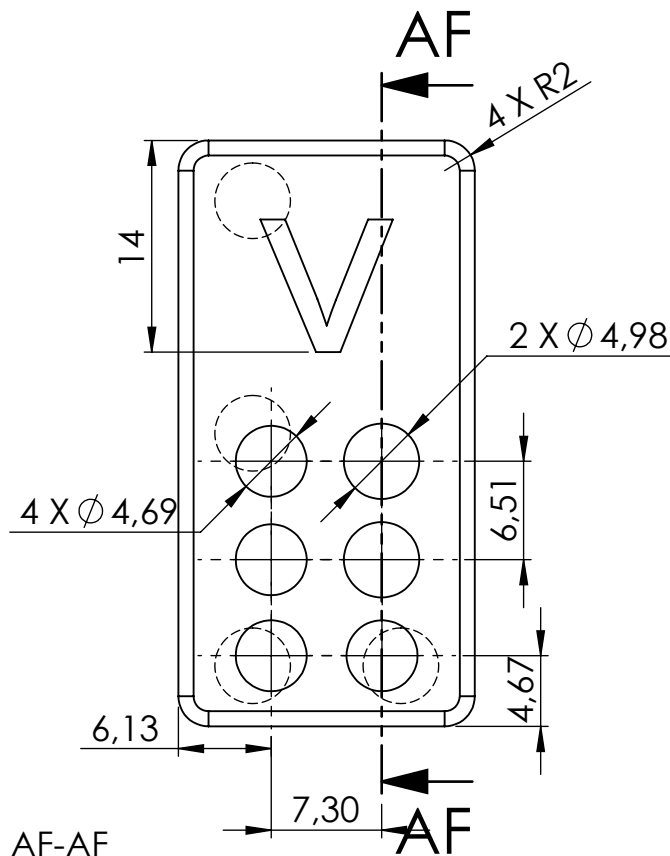


	PROYECTO		DISPOSITIVO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE BRAILLE		ESCALA		
	PARTE		26		2:1		
	CODIGO		PT-26-001		TOLERANCIA:		
	MATERIAL	PLA	DISEÑO	TÚQUERRES STEEVEN		03-03-23	HOJA A4
	TRATAMIENTO	-	DIBUJÓ	TÚQUERRES STEEVEN		03-03-23	
	RECUBRIMIENTO	-	REVISÓ	PHD. GÁMEZ BRIZEIDA		.	
CANTIDAD	2	APROBÓ	PHD. GÁMEZ BRIZEIDA		.		

NOTA:
Fuente: Verdana
Altura: 12 mm
Estilo: Normal

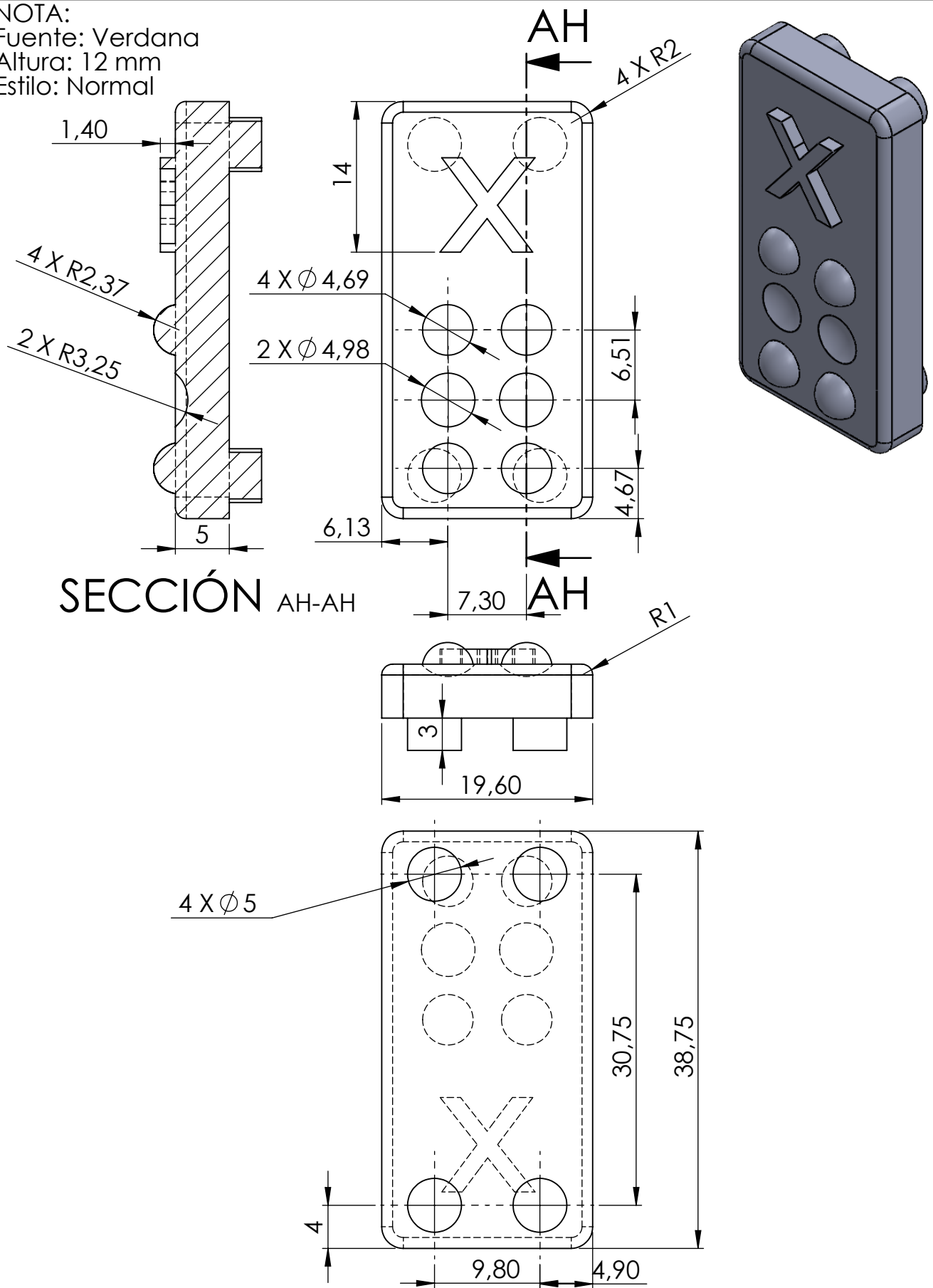


SECCIÓN AF-AF



PROYECTO	DISPOSITIVO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE BRAILLE			ESCALA	2:1	
PARTE	27					
CODIGO	PT-27-001			TOLERANCIA:		
MATERIAL	PLA	DISEÑO	TÚQUERRES STEEVEN	03-03-23	HOJA	A4
TRATAMIENTO	-	DIBUJÓ	TÚQUERRES STEEVEN	03-03-23		
RECUBRIMIENTO	-	REVISÓ	PHD. GÁMEZ BRIZEIDA	.		
CANTIDAD	2	APROBÓ	PHD. GÁMEZ BRIZEIDA	.		

NOTA:
Fuente: Verdana
Altura: 12 mm
Estilo: Normal



SECCIÓN AH-AH

	PROYECTO		DISPOSITIVO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE BRAILLE		ESCALA	
	PARTE		29		2:1	
	CODIGO		PT-29-001		TOLERANCIA:	
	MATERIAL	PLA	DISEÑO	TÚQUERRES STEEVEN	03-03-23	HOJA A4
	TRATAMIENTO	-	DIBUJÓ	TÚQUERRES STEEVEN	03-03-23	
	RECUBRIMIENTO	-	REVISÓ	PHD. GÁMEZ BRIZEIDA	.	
CANTIDAD	2	APROBÓ	PHD. GÁMEZ BRIZEIDA	.		
FICA	CIME					

NOTA:
Fuente: Verdana
Altura: 12 mm
Estilo: Normal

F

E

D

C

B

A

F

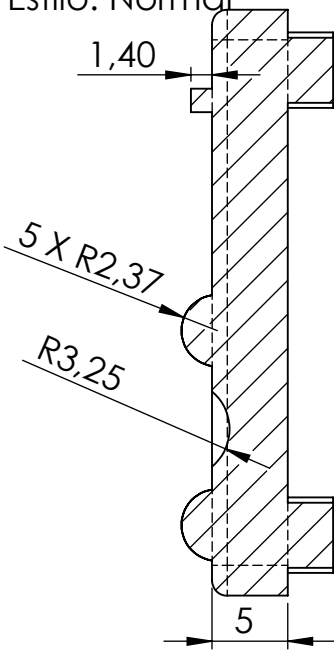
E

D

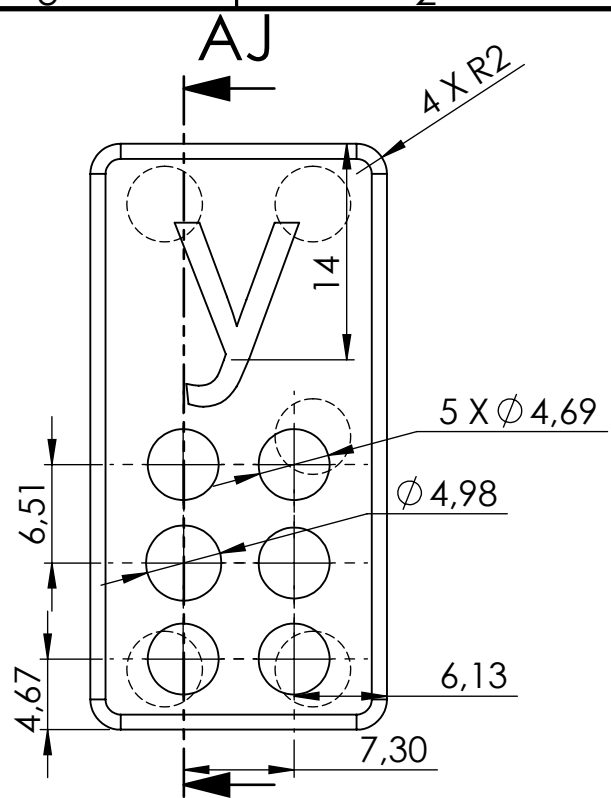
C

B

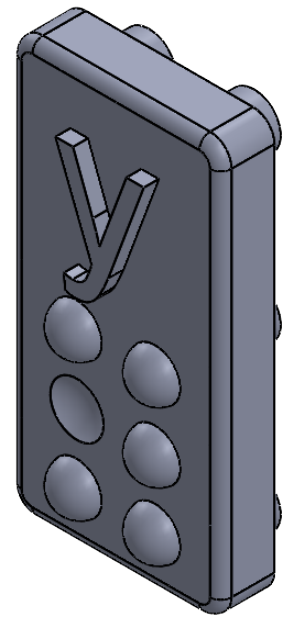
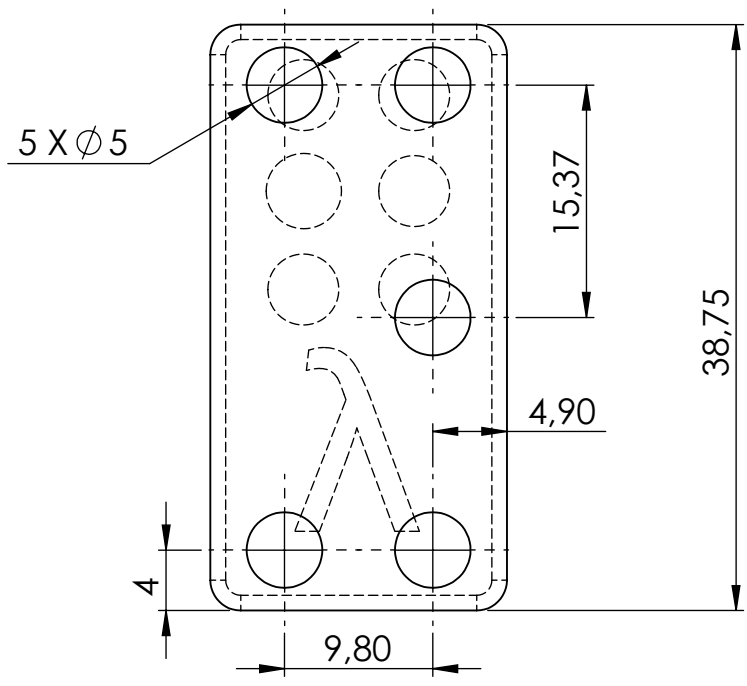
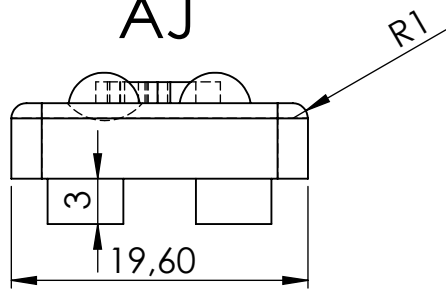
A



SECCIÓN AJ-AJ



AJ



		PROYECTO			DISPOSITIVO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE BRAILLE		ESCALA	
		PARTE		30		2:1		
		CODIGO		PT-30-001		TOLERANCIA:		
MATERIAL		PLA	DISEÑO	TÚQUERRES STEEVEN		03-03-23	HOJA	
TRATAMIENTO		-	DIBUJÓ	TÚQUERRES STEEVEN		03-03-23		
FICA	CIME	RECUBRIMIENTO	-	REVISÓ	PHD. GÁMEZ BRIZEIDA	.		A4
CANTIDAD		2	APROBÓ	PHD. GÁMEZ BRIZEIDA		.		

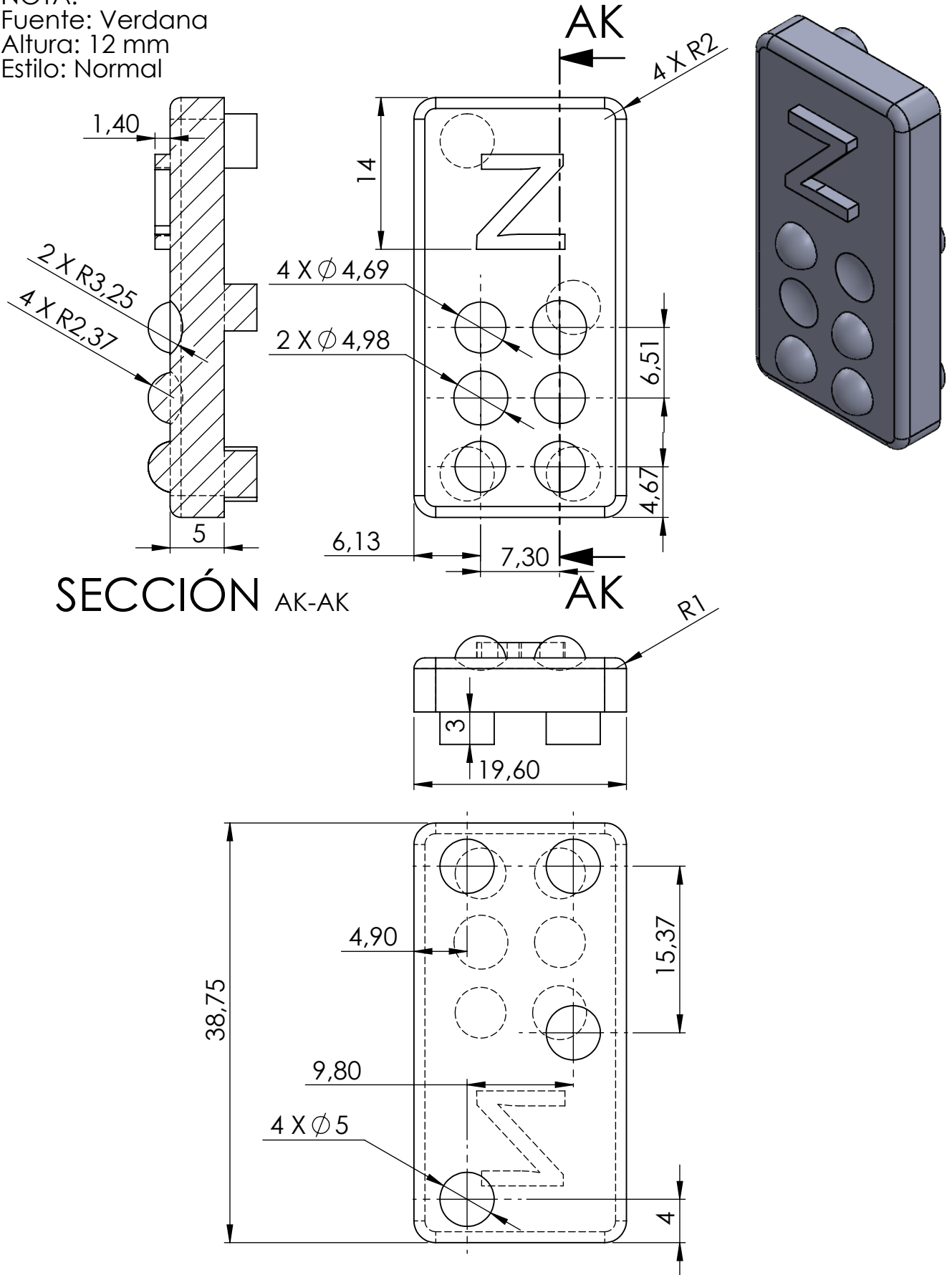
4

3

2

1

NOTA:
Fuente: Verdana
Altura: 12 mm
Estilo: Normal



SECCIÓN AK-AK

	PROYECTO	DISPOSITIVO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE BRAILLE			ESCALA	
	PARTE	31			2:1	
	CODIGO	PT-31-001			TOLERANCIA:	
	MATERIAL	PLA	DISEÑO	TÚQUERRES STEEVEN	03-03-23	HOJA A4
	TRATAMIENTO	-	DIBUJÓ	TÚQUERRES STEEVEN	03-03-23	
	RECUBRIMIENTO	-	REVISÓ	PHD. GÁMEZ BRIZEIDA	.	
FICA	CIME	CANTIDAD	2	APROBÓ	PHD. GÁMEZ BRIZEIDA	.

G. Certificado de funcionamiento del dispositivo


CERTIFICADO DE FUNCIONAMIENTO DEL DISPOSITIVO

RUHT NOEMÍ TREJO PRESIDENTA DE LA ASOCIACIÓN DE NO VIDENTES DE
IMBABURA Y COORDINADORA DEL CENTRO DE APOYO PEDAGÓGICO
ESPECIAL IMBABURA

CERTIFICA:

Que el dispositivo Braille desarrollado como base del proyecto de titulación “dispositivo didáctico para la enseñanza del alfabeto del sistema Braille”, cumple de manera acertada con los parámetros del lenguaje, así como también con los requerimientos previamente establecidos. Permitiendo una interactiva forma de aprendizaje, lo que pudo ser verificado mediante diversas pruebas de lectura realizadas por los miembros de la Asociación de No Videntes de Imbabura.

Ibarra, 04 de marzo de 2023

 Centro de Educación
Popular Especial
CÉPE-I ... Imbabura

