



UNIVERSIDAD UTE

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA E
INDUSTRIAS
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ROBOT LECTOR PARA
REFORZAR LA LECTURA DE NIÑOS**

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

ANDRÉS ESTUARDO MORENO CALERO

DIRECTOR: ING. PABLO VELARDE, PhD.

Quito, marzo 2019

© Universidad UTE 2019.

Reservados todos los derechos de reproducción

FORMULARIO DE REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

PROYECTO DE TITULACIÓN

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	171696518-9
APELLIDO Y NOMBRES:	MORENO CALERO ANDRÉS ESTUARDO
DIRECCIÓN:	FRANCISCO HUERTA OE6-271 Y EMILIO ESTRADA
EMAIL:	andres272009@hotmail.com
TELÉFONO FIJO:	02 3419 047
TELÉFONO MOVIL:	0998532654

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ROBOT LECTOR PARA REFORZAR LA LECTURA DE NIÑOS
AUTOR O AUTORES:	ANDRÉS ESTUARDO MORENO CALERO
FECHA DE ENTREGA DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	26 de marzo de 2019
DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	PABLO VELARDE, PhD
PROGRAMA	PREGRADO <input checked="" type="checkbox"/> POSGRADO <input type="checkbox"/>
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERO EN MECATRÓNICA
RESUMEN:	<p>El presente proyecto tuvo como objetivo el diseño y la construcción de un robot lector orientado al refuerzo de las capacidades lectoras de niños entre los 6 y 7 años. En la actualidad la tecnología forma parte de nuestras vidas, la podemos evidenciar en casi todas las áreas y el uso de dispositivos tecnológicos para la educación es indispensable. Según la investigación realizada, la enseñanza es todo un arte, por lo que este proyecto pretendió proporcionar una nueva metodología de interacción con la robótica a edades tempranas y fue ideal para cumplir con el objetivo de ofrecer a los niños, de una manera llamativa, reforzar los conocimientos impartidos en clase. Con base</p>

	<p>en todo lo anterior, se realizó el diseño de un robot que tenga la capacidad de leer palabras, letras, oraciones y hablar lo que ha leído anteriormente; para esto fue necesario lograr el reconocimiento de letras mediante la computarización de imágenes captadas por una cámara. En este proyecto, se utilizó un microprocesador que cuenta con conexión WiFi y bluetooth para generar un enlace vía remota capaz de comandar al robot y también una salida de audio por medio del bluetooth. Además, se diseñó el programa capaz de traducir imágenes captadas, en letras, palabras u oraciones, se implementó una interfaz gráfica para evidenciar lo que está observando el robot. Por un lado, se llevó a cabo el diseño electrónico y la programación; finalmente, se modeló una estructura que integra los componentes electrónicos y se muestra de manera atractiva para el usuario.</p>
PALABRAS CLAVES:	<p>Microprocesador, WiFi, bluetooth, computarización de imágenes, metodología.</p>
ABSTRACT:	<p>The goal of this project was the design and construction of a reading robot aimed at reinforcing the reading capacities of children between 6 and 7 years old. Currently, technology is part of our lives, evidence in almost all areas and the use of technological devices for education is essential. According to the research carried out, teaching is an art, this project aims at a new form of interaction with robotics and early ages and was ideal to fulfill the objective of offering children, in a striking way, to respond knowledge imparted in class. Based on the above, it shows the design of a robot that has the ability to read words, letters, sentences and speak what you have read before; for this it was necessary to achieve the recognition of the letters through the computerization of images captured by a camera. In this project, a microprocessor is shown that has WiFi and bluetooth connection to generate a remote link able to command the robot and also an audio output through the bluetooth. In addition, you can design the program capable of translating captured images, in letters, words or sentences, to implement a graphical interface to show what the robot is observing. On the one hand, electronic design and programming have been carried out; finally, a structure is shown that</p>

	integrates the electronic components and is displayed in an attractive way for the user.
KEYWORDS	Microprocessor, WiFi, bluetooth, computerization of images, methodology.

Se autoriza la publicación de este Proyecto de Titulación en el Repositorio Digital de la Institución.



MORENO CALERO ANDRÉS ESTUARDO

C.I. 171696518-9

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **ANDRÉS ESTUARDO MORENO CALERO**, CI 171696518-9 autor del proyecto titulado: **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ROBOT LECTOR PARA REFORZAR LA LECTURA DE NIÑOS** previo a la obtención del título de **INGENIERO EN MECATRÓNICA** en la Universidad UTE.

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las Instituciones de Educación Superior, de conformidad con el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Autorizo a la BIBLIOTECA de la Universidad UTE a tener una copia del referido trabajo de graduación con el propósito de generar un Repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Quito, 26 de marzo de 2019



ANDRÉS ESTUARDO MORENO CALERO
C.I. 171696518-9

DECLARACIÓN

Yo, **ANDRÉS ESTUARDO MORENO CALERO**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en éste documento.

La Universidad UTE puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

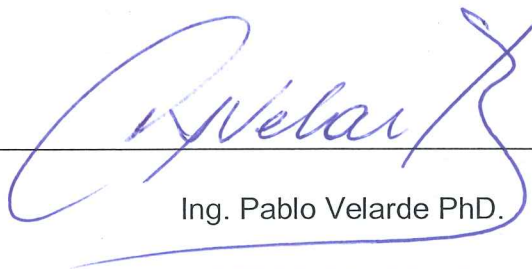


Andrés Estuardo Moreno Calero

C.I. 171696518-9

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo que lleva por título “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ROBOT LECTOR PARA REFORZAR LA LECTURA DE NIÑOS**”, que, para aspirar al título de **INGENIERO EN MECATRÓNICA** fue desarrollado por **ANDRÉS ESTUARDO MORENO CALERO**, bajo mi dirección y supervisión, en la Facultad de Ciencias de la ingeniería e Industrias; y cumple con las condiciones requeridas por el reglamento de Trabajos de Titulación artículos 19, 27 y 28.



Ing. Pablo Velarde PhD.

DIRECTOR DEL TRABAJO

C.I. 1718907478

DEDICATORIA

A mis padres, por su amor, su sacrificio durante estos años y su apoyo incondicional en todo momento, gracias a ellos he logrado convertirme en lo que soy ahora

A mi hermana, por estar presente en cada paso que doy y su apoyo moral, que me brindó durante esta etapa de mi vida

A todas las personas, que me han compartido sus conocimientos para finalizar con éxito mi carrera.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis padres: Verónica y Jairo, por confiar en mí, creer en mis sueños y por inculcarme buenos valores, también me enseñaron a no rendirme sin antes luchar, ellos son las personas más importantes en mi vida.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	PÁGINA
RESUMEN	1
ABSTRACT	2
1. INTRODUCCIÓN	3
2. METODOLOGÍA Y DISEÑO	14
2.1 REQUERIMIENTOS	14
2.2 DISEÑO GENERAL DEL SISTEMA.....	15
2.3 DISEÑO ESPECÍFICO DEL SISTEMA	17
2.3.1 DISEÑO DEL CIRCUITO	17
2.3.2 DISEÑO DEL PROGRAMA	19
2.3.2.1 Métodos para el procesamiento de imágenes y reconocimiento de letras	19
2.3.2.2 Algoritmos del funcionamiento del programa	20
2.3.2.3 Interfaz Gráfica	22
2.3.3 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA	24
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
3.1 Pruebas de funcionamiento.....	29
3.1.1 Pruebas dentro del dormitorio.....	30
3.1.1.1 Fondo Blanco.....	31
3.1.1.2 Fondo Negro.....	33
3.1.2 Pruebas al exterior del hogar	33
3.1.3 Tiempo de respuesta	35
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	36
Conclusiones.....	36
Recomendaciones	36
BIBLIOGRAFÍA	37

ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
Figura 1 MOway	4
Figura 2 Thymio II	5
Figura 3 MA-VIN	6
Figura 4 Bee-bot	7
Figura 5 Luka	7
Figura 6 Sanbot.....	8
Figura 7 Coji.....	8
Figura 8 Aisoy 1 Kik	9
Figura 9 Zowi	9
Figura 10 Evolución DSP	12
Figura 11 Metodología	14
Figura 12 Diagrama de requerimientos.....	15
Figura 13 Diagrama de bloques.....	16
Figura 14 Diagrama interno de bloques	16
Figura 15 Diagrama de Casos de Uso	17
Figura 16 Diagrama de conexiones	19
Figura 17 Algoritmo al iniciar el programa.....	20
Figura 18 Algoritmo de la opción de dictado	21
Figura 19 Algoritmo de la opción de lectura.....	22
Figura 20 Distribución de los elementos de la interfaz gráfica	23
Figura 21 Vista explosionada de la estructura	24
Figura 22 Vista delantera del prototipo	26
Figura 23 Vista posterior del prototipo	27
Figura 24 Elementos de la interfaz gráfica.....	28
Figura 25 Acceso directo programa	28
Figura 26 Visión del robot	28
Figura 27 Iluminación dentro del dormitorio	31
Figura 28 Texto con fondo blanco a) prueba con palabras, b) prueba con oraciones	31
Figura 29 Porcentaje de lecturas correctas e incorrectas con palabras.....	32
Figura 30 Porcentaje lecturas correctas e incorrectas con oraciones.....	33
Figura 31 Texto con fondo negro a) prueba con oraciones b) prueba con palabras	33
Figura 32 Iluminación al exterior del hogar	34
Figura 33 Ejecución de las pruebas al exterior del hogar.....	34
Figura 34 Visión del robot al exterior del hogar a) fondo negro b) fondo blanco	34
Figura 35 Algoritmo para medir el tiempo de respuesta.....	35

ÍNDICE DE TABLAS

	PÁGINA
Tabla 1 Tabla comparativa de microcomputadores.....	18
Tabla 2 Tabla comparativa de cámaras.....	18
Tabla 3 Tabla comparativa de pantallas táctiles.....	18
Tabla 4 Diseño interfaz gráfica.....	23
Tabla 5 Dimensiones generales.....	25
Tabla 6 Grupo de palabras.....	29
Tabla 7 Grupo de oraciones.....	29
Tabla 8 Grupo de oraciones continuación.....	30
Tabla 9 Prueba de palabras con fondo blanco.....	31
Tabla 10 Prueba de oraciones con fondo blanco.....	32

RESUMEN

El presente proyecto tuvo como objetivo el diseño y la construcción de un robot lector orientado al refuerzo de las capacidades lectoras de niños entre los 6 y 7 años. En la actualidad la tecnología forma parte de nuestras vidas, la podemos evidenciar en casi todas las áreas y el uso de dispositivos tecnológicos para la educación es indispensable. Según la investigación realizada, la enseñanza es todo un arte, por lo que este proyecto pretendió proporcionar una nueva metodología de interacción con la robótica a edades tempranas y fue ideal para cumplir con el objetivo de ofrecer a los niños, de una manera llamativa, reforzar los conocimientos impartidos en clase. Con base en todo lo anterior, se realizó el diseño de un robot que tenga la capacidad de leer palabras, letras, oraciones y hablar lo que ha leído anteriormente; para esto fue necesario lograr el reconocimiento de letras mediante la computarización de imágenes captadas por una cámara. En este proyecto, se utilizó un microprocesador que cuenta con conexión WiFi y bluetooth para generar un enlace vía remota capaz de comandar al robot y también una salida de audio por medio del bluetooth. Además, se diseñó el programa capaz de traducir imágenes captadas, en letras, palabras u oraciones, se implementó una interfaz gráfica para evidenciar lo que está observando el robot. Por un lado, se llevó a cabo el diseño electrónico y la programación; finalmente, se modeló una estructura que integra los componentes electrónicos y se muestra de manera atractiva para el usuario.

Palabras claves: microprocesador, WiFi, bluetooth, computarización de imágenes, metodología.

ABSTRACT

The goal of this project was the design and construction of a reading robot aimed at reinforcing the reading capacities of children between 6 and 7 years old. Currently, technology is part of our lives, evidence in almost all areas and the use of technological devices for education is essential. According to the research carried out, teaching is an art, this project aims at a new form of interaction with robotics and early ages and was ideal to fulfill the objective of offering children, in a striking way, to respond knowledge imparted in class. Based on the above, it shows the design of a robot that has the ability to read words, letters, sentences and speak what you have read before; for this it was necessary to achieve the recognition of the letters through the computerization of images captured by a camera. In this project, a microprocessor is shown that has WiFi and bluetooth connection to generate a remote link able to command the robot and also an audio output through the bluetooth. In addition, you can design the program capable of translating captured images, in letters, words or sentences, to implement a graphical interface to show what the robot is observing. On the one hand, electronic design and programming have been carried out; finally, a structure is shown that integrates the electronic components and is displayed in an attractive way for the user.

Keywords: microprocessor, WiFi, bluetooth, computerization of images, methodology.

1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día, los seres humanos están obligados a actualizarse constantemente en lo que a tecnología se refiere. Debido a los avances diarios en la robótica, esta ha llegado a incursionar en las aulas educativas (García-Peñalvo, F., et al, 2016).

Aprender a leer y escribir, es una función esencial que los seres humanos deben desarrollar para poder establecer una comunicación con el entorno. Para los educadores, es todo un reto cumplir el objetivo que todos sus alumnos logren entrar en la comunidad de lectores y escritores. Al utilizar la enseñanza tradicional involucra el ejercicio de diversas operaciones con los libros de texto y la aplicación de los conocimientos (Zamprognó, G., 2015).

La enseñanza y el aprendizaje, debe ser un proceso en cual se involucre la adaptación dinámica para estimular la concentración del educando, en todo momento el profesor debe ofrecer su ayuda educativa. Por tanto la actitud de los educadores es determinante en cuanto a la forma de aprovechar los recursos que la tecnología ofrece, de esta manera se hace posible transformar la pedagogía, porque se desarrolla la capacidad de adaptación a los cambios del profesor y del estudiante (Gómez-Díaz, R., et al, 2015).

Actualmente, el uso de la pizarra en la enseñanza tradicional va quedando en el olvido, ya que la naturaleza de los educandos exige mayor interactividad. La introducción de nuevas tecnologías en la educación es innovadora y a su vez la hace motivadora. En las instituciones educativas se quiere implementar la robótica pedagógica (García, M., et al., 2015).

Este proyecto tiene como finalidad proporcionar una nueva metodología de interacción con la robótica a edades tempranas. El sistema consiste en un robot de fácil uso para un niño, que pueda reconocer las letras del alfabeto, palabras, oraciones y al mismo tiempo hablar lo que ha leído anteriormente. Dentro de los componentes incorporados en el diseño del prototipo son utilizados los conocimientos que a lo largo de la vida académica se han adquirido.

La implementación del sistema mecatrónico, brinda a los niños la facilidad de involucrarse con el mundo de la robótica y a su vez reforzar su aprendizaje en cuanto a la lectura.

La idea principal que tiene la robótica educativa es de mantener la atención del niño o estudiante, siendo esto algo interactivo y llamativo para edades de 6 a 7 años. El hecho que el niño pueda manipular y experimentar con estos métodos de aprendizaje lo fuerza a centrar sus percepciones y observaciones en la actividad que está ejecutando (Lombana, N. B., 2015).

Robots con enfoque pedagógico

“MOWay”, es un robot educativo con el objetivo de que el usuario programe los actuadores en función de las entradas (Álvarez García, D., 2016).



Figura 1 MOWay
(Álvarez García, D., 2016)

Software:

- El software que utiliza para la programación es MowaWorld.
- Su entorno es visual, intuitivo y basado en diagramas de flujo.
- Programación en lenguaje C y ensamblador (opcional).

Hardware:

- Microcontrolador PIC18F86J50.
- Bus de comunicaciones SPI/I2.
- Módulo de comunicaciones para la comunicación con otros robots similares.
- Sensores infrarrojos, de luz, reflexivos y de temperatura.
- Indicadores LED.
- Acelerómetro de 3 ejes.
- Micrófono.
- Altavoz.
- Batería LI-PO recargable por USB.

“Thymio II”, este robot está diseñado para que el usuario pueda aprender sobre robótica y programación, con cualquier edad que se tenga (Álvarez García, D., 2016).



Figura 2 Thymio II
(Álvarez García, D., 2016)

Software:

- Lenguaje de programación Aseba basado en Matlab
- Su entorno es visual y con objetos.

Hardware:

- Microcontrolador PIC24FJ128GB
- Receptor de infrarrojos.
- Sensores reflexivos.
- Sensor de temperatura.
- Sensor de proximidad.
- Acelerómetro de 3 ejes.
- Indicadores LED.
- Ranura para tarjeta de memoria MicroSD.
- Conectividad USB.
- Motores.
- Micrófono.
- Altavoz.
- Adaptador para lápiz (dibujo).
- Comunicación ZigBee.
- Compatibilidad con los bloques de Lego.
- Batería tipo Li-Po.

“MA-VIN”, un robot educativo que posee dos ruedas, las cuales es posible controlar su velocidad, también tiene algunos sensores y actuadores que se conectan sin soldaduras (Álvarez García, D., 2016).



Figura 3 MA-VIN
(Álvarez García, D., 2016)

Software:

- Programación visual.
- Código cerrado.

Hardware:

- Microprocesador Atmel ATMEGA64L.
- Sensores reflexivos.
- Sensores de contacto.
- Indicadores LEDs y display.
- Micrófono.
- Zumbador.

Además, existen varios robots pedagógicos, enfocados al proceso de enseñanza-aprendizaje en niños, los mismos que son comercializados a nivel mundial. Dentro de estos se puede mencionar los siguientes:

“Bee-Bot”, en España se ha utilizado un robot en forma de abeja que atrae la atención del niño por su amigable aspecto, el cual posee componentes muy fáciles de manejar, cuenta con botones que establecen y dirigen el recorrido del robot, ayudando a reforzar la lateralidad, secuenciación y conceptos espaciales básicos, diseñado para niños entre 3 a 7 años. El robot tiene 7 botones: cuatro direccionales que sirven para programar la trayectoria del dispositivo, uno para empezar el desplazamiento, otro para pausar y un último que está destinado a eliminar anteriores programaciones. El “bee-bot” tiene una memoria en la que se pueden acumular un máximo de 40 movimientos. Por otro lado el desplazamiento máximo para atrás o hacia delante es 150mm y puede realizar giros solamente de 90 grados (García Valiente, M., y Navarro Montaña, M. J., 2017).



Figura 4 Bee-bot
(Bee-bot.us, 2018)

“Luka”, es un robot con la forma de un búho que tiene la capacidad de narrar historias de cuentos pregrabados en la nube, solamente con reconocer la portada del libro, puede cumplir con esta función porque posee una cámara frontal que si se le pone el libro frente a él, inmediatamente lo reconocerá, además puede leer cuentos que estén en español, inglés y chino (Moguel, 2018).



Figura 5 Luka
(Palos, 2018)

“Sanbot”, un robot que ha sido introducido en el Colegio Europeo de Madrid, con el objetivo de que sea un alumno más, para buscar una nueva metodología desde un punto de vista pedagógico dentro del aula, aunque por ahora mantiene solo conversaciones básicas. El fin es que puedan programarle y así ser útil tanto en matemáticas, como en historia. Este robot tiene una longitud de 902mm con una masa de 19kg, lleva incorporado una batería de litio que permite una autonomía de 4 horas en uso continuo, para aprender del entorno lleva consigo 60 sensores e incluye una cámara 3D para leer cada gesto y acciones del usuario (Press, 2018).



Figura 6 Sanbot
(Press, 2018)

“Coji”, este robot está diseñado para niños que se encuentren entre los 6 años de edad. Ofrece la función de sumergirse en el mundo de la robótica, programando los movimientos del robot. De tal forma que aprenderán a programar sin darse cuenta. Además cuenta también con la opción de programarlo mediante emoticones que brinda en su pantalla, siendo esta una alternativa más entretenida y a la vez educativa (Usatoday.com, 2018).



Figura 7 Coji
(Usatoday.com, 2019)

“Aisoy 1 Kik”, es un robot educativo para personas que sufren de autismo u otro daño cerebral, el objetivo es de acercarse a los niños que tienen dificultades para expresar sus emociones. Este robot tiene la capacidad de aprender, almacenando en su memoria, las contestaciones de las personas en el entorno que se encuentra. Lleva consigo un acelerómetro, tres sensores de tacto que sirven para recopilar la información del entorno. Además cuenta con un micrófono para detectar sonidos y una cámara que sirve para la detección de rostros. Puede realizar el procesamiento de los valores captados por los sensores por medio de un microcomputador Raspberry Pi 3 Model B. Este robot tiene una altura de 223mm con un peso de 1Kg aproximadamente (DIR&GE | La plataforma líder del entorno directivo, 2018).



Figura 8 Aisoy 1 Kik
(DIR&GE | La plataforma líder del entorno directivo, 2018)

“Zowi”, un robot bípedo ideal para aprender programación mediante una aplicación para celulares que cuenten con sistema operativo Android. Responde a toques en su cabeza y a sonidos como palmadas. En la aplicación se encuentra un modo para accionar diferentes movimientos en todas las direcciones, se puede lograr que mantenga el equilibrio en una sola de sus patas, también puede hacer ruidos o gestos. Este robot pesa 463g, su estructura mecánica tiene piezas inyectadas en PC+ABS y cuenta con componentes electrónicos tales como: placa controladora, sensor ultrasonido, matriz de LED de 5x6, batería recargable con una duración en uso continuo hasta 8 horas (Penalva, 2016).

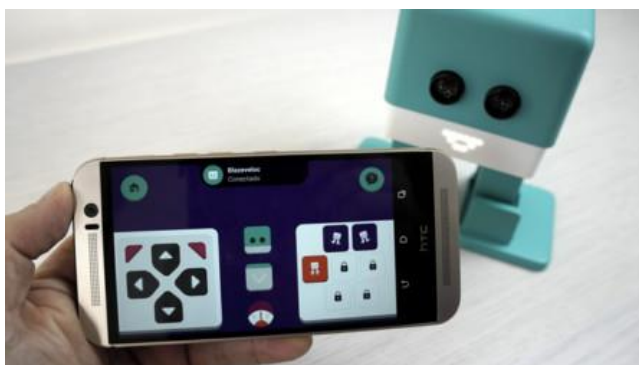


Figura 9 Zowi
(Penalva, 2016)

Según la investigación realizada de los dispositivos electrónicos ligados a la robótica pedagógica, estos no ofrecen la función de leer mediante la computarización de imágenes lo que hace que el proyecto ofrezca alternativas diferentes a las existentes en el mercado.

Sistema de Visión Computarizada

Generalmente un sistema de visión computarizada está formado de varias etapas con la finalidad de adquirir resultados apropiados. La primera etapa es la digitalización de una escena captada por una cámara. Luego, está la etapa de pre-procesado, que es parecida a los circuitos electrónicos que utilizan señales analógicas. Primero se debe filtrar la señal para eliminar el

ruido. En la visión computarizada, teniendo en cuenta que la imagen tomada es digital, aún puede presentar ruido o ciertas imperfecciones, que son posibles corregirlas mediante un análisis. Completada la parte del análisis se prosigue a borrar los objetos de la imagen que no son de interés, a esta etapa se la llama segmentación. Una vez apartado el objeto, ya es posible extraer las características, como: tamaño, forma, color o textura. Finalmente se encuentra la parte del reconocimiento, la cual se encarga de la identificación del objeto apoyándose en la base de datos que se ha tomado previamente (Ortiz, M., et al, 2015).

Técnicas de visión computarizada

Transformada de Hough

Con esta técnica es posible detectar características dentro de la imagen, requiere que estas estén dadas por una ecuación paramétrica. Comúnmente se utiliza en el reconocimiento de figuras geométricas. La principal ventaja de este método es que es tolerante al ruido de una imagen o a la iluminación desigual (Barba Guamán, L. R., 2015).

Segmentación

Este método consta en buscar píxeles que tienen características similares, para luego agruparlos, de esta manera el análisis de la imagen es más fácil. Existen tres tipos básicos de segmentación (Barba Guamán, L. R., 2015):

Basada en el umbral, se realiza un proceso en cada uno de los píxeles de la imagen, luego el resultado es comparado con un umbral establecido. Una vez que ha analizado toda la imagen se separa en dos segmentos, uno que está dentro del umbral y otro que no lo está.

Basada en el borde, el borde de la imagen se define como una discontinuidad en el número de píxeles en dirección colineal, al momento que encuentra los bordes, se determina los límites de cada segmento para así identificar el objeto. Canny, Sobel y el algoritmo Laplaciano de Gauss son métodos para el reconocimiento de bordes.

Basada en la región, divide en regiones que tienen características similares, según un criterio de semejanza u homogeneidad. Histograma, métodos basados en gráficos y segmentación según la superficie son métodos de segmentación basada en la región.

Reconocimiento de caracteres en la imagen

Después de que la imagen haya sido tratada, con la perspectiva deseada, se debe continuar con la extracción de caracteres. Para esto es necesario

implementar un algoritmo OCR (Optical Character Recognition). Las etapas para un algoritmo de este tipo son (Muñoz Manso, R., 2014):

Binarización, se convierte la imagen tomada, ya sea a color real, escala de grises u otros colores, en una en blanco y negro. Sirve para marcar claramente los contornos de la imagen.

Segmentación, consta del reconocimiento según el etiquetado de regiones o contornos de la imagen que se está analizando.

Adelgazamiento de componentes, consiste en ir borrando los puntos de los contornos de los elementos de la imagen para conservar su tipología.

Comparación con patrones, los caracteres obtenidos son comparados con los que han sido almacenados con anterioridad en la base de datos

Librerías para el procesamiento digital de imágenes

Hoy en día hay muchos métodos o técnicas para el proceso de análisis de imágenes digitales, de igual manera existen algunas librerías de código abierto con funciones para visión computarizada. Entre las que se puede mencionar, están las siguientes (Barba Guamán, L. R., 2015):

OpenCV, es una multiplataforma porque contiene interfaces C, C++, Python y Java y funciona en sistemas operativos como: Windows, GNU/Linux, Android y Mac OS X. Algunas de las características de esta librería son:

- Procesamiento de imágenes y transformación (filtrado, morfología, pirámides).
- Transformaciones geométricas (rotaciones, cambio de tamaño).
- Histogramas.
- Segmentación.
- Detección de características.
- Análisis de movimiento y seguimiento de objetos.
- Calibración de la cámara y reconstrucción 3D.
- Máquina de aprendizaje.

VXL (Visión-X-Libraries), es una librería que está diseñada en código C++, contiene una colección de bibliotecas para la aplicación de visión computarizada. VNL (numéricos), VIL (imágenes), VGL (geometría), SL (streaming I/O), VBL (plantillas básicas) y VUL (utilidades) son bibliotecas del núcleo VXL.

Por otra parte, también existen bibliotecas que tienen algoritmos numéricos, procesamiento de imágenes, sistemas de coordenadas, geometría de cámara, manejo de video, modelado de probabilidad, entre otros.

ImageJ, esta librería es con lenguaje Java usada en el procesamiento de imágenes y de dominio público. Tiene la capacidad de calcular el área y el resultado de pixel estadísticas de selecciones que escoge el usuario, también puede medir ángulos y distancias, crear histogramas, manejar la nitidez, contraste, suavizado, filtrado y detección de bordes.

Elementos Para el procesamiento de imágenes

DSP (digital signal processor)

Los procesadores DSP se han vuelto comunes en los dispositivos móviles porque proporcionan operación en tiempo real a bajos costos de energía. Los avances en estos ahora proporcionan frecuencias de reloj más altas.

En la Figura 10 se muestra la evolución hasta el año 2010 de estos procesadores con sus características más relevantes (Singh, M. P., & Jain, M. K., 2014).

Parameter	1980	1990	2000	2010
Die Size (mm)	50	50	50	5
Technology (micrometers)	3	0.8	0.1	0.02
MIPS	5	40	5000	50000
MHz	20	80	1000	10000
RAM (bytes)	256	2000	32000	1000000
Price (dollars)	150	15	5	0.15
Power (mW/MIPS)	250	12.5	0.1	0.001
Transistors	50000	500000	5 million	50 million
Wafer Size (inches)	3	6	12	12

Figura 10 Evolución DSP
(Singh, M. P., & Jain, M. K., 2014).

ARM Cortex

Este tipo de procesadores, basados en ARM, hoy en día son los más utilizados. Particularmente son implementados en teléfonos inteligentes debido a su baja potencia, consumo y gran rendimiento (Singh, M. P., & Jain, M. K., 2014).

FPGA (Field-programmable gate array)

Este procesador programmable contiene bloques lógicos y puede ser configurada en el instante, mediante un lenguaje especializado. La programación se la realiza mediante celdas que se configuran con funciones específicas ya sea como memoria (FLIP-FLOP tipo D), multiplexor o con función lógica AND, OR, XOR. Las ventajas que ofrece es que son: reprogramables, el valor monetario es mucho menor al igual que el tiempo de fabricación (Wang, Y., 2015).

Objetivos del Proyecto

El objetivo general planteado es diseñar y construir un robot lector, que permita la interacción con niños mediante la lectura y dictado pre-establecido. Los objetivos específicos formulados del proyecto son: determinar los materiales y dimensiones de la estructura del robot, diseñar e implementar el software y hardware del robot, validar el correcto funcionamiento del sistema.

2. METODOLOGÍA Y DISEÑO

La metodología de diseño mecatrónico del presente proyecto consistió en el análisis de los requerimientos planteados según la facilidad que se le dé al niño para utilizar el robot.

Después de haber planteado una solución se procedió a adquirir el microprocesador, la cámara, la pantalla táctil y la fuente de alimentación, elementos que son necesarios para conformar el robot, se diseñó el algoritmo de programación que logre reconocer las letras, para formar palabras u oraciones, luego se diseñó una estructura para agrupar todos los elementos que posee el prototipo.

Finalmente, se integraron los sistemas mencionados para realizar pruebas de funcionamiento, que actúen en conjunto, y de esta manera validar los requerimientos planteados.

La Figura 11 muestra la metodología que se utilizó en el diseño y construcción del proyecto.



Figura 11 Metodología

2.1 REQUERIMIENTOS

Los requerimientos establecidos para el diseño y construcción del robot lector fueron los que se detalla a continuación:

- El dispositivo debe tener una estructura que sea portable, con dimensiones menores a 240[mm] de alto, 120[mm] de largo, 140[mm] de profundidad y un peso menor a 450[g].

- El robot debe ser capaz de ser manejado vía remota desde un Smartphone.
- Debe contar con una pantalla para que el usuario visualice lo mismo que el robot.
- El robot debe tener incorporado un microprocesador para el procesamiento de imágenes.
- Es indispensable que cuente con una cámara que sea compatible con el microprocesador.

En la Figura 12 se muestra el diagrama con los requerimientos planteados anteriormente.

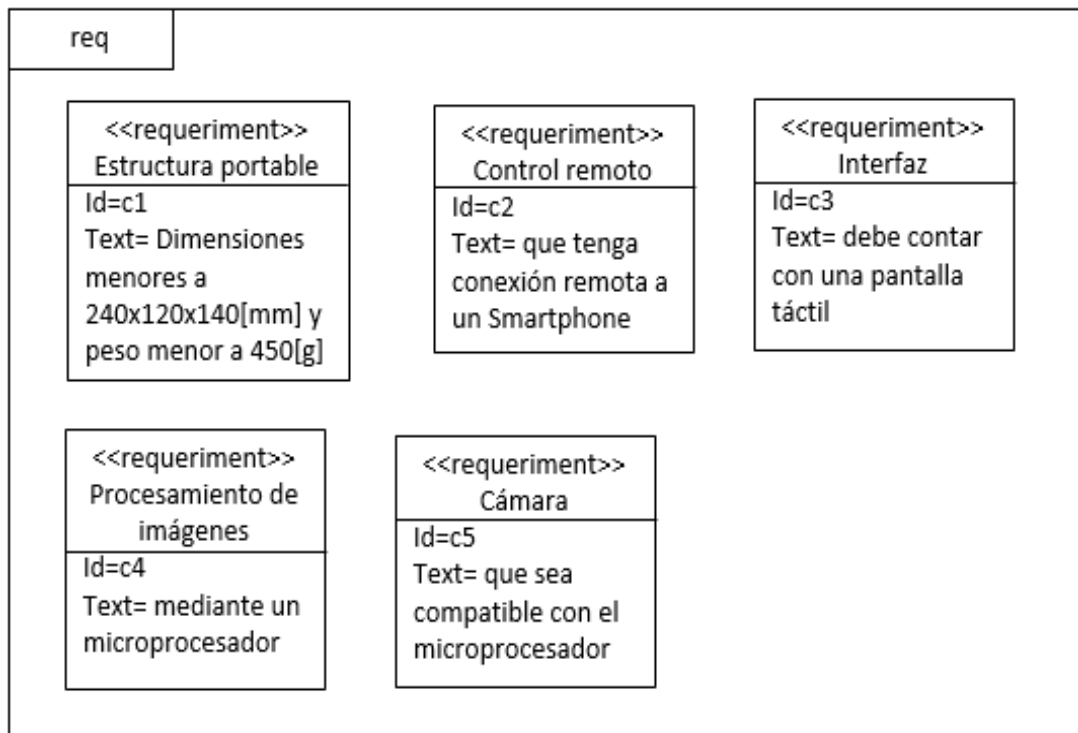


Figura 12 Diagrama de requerimientos

2.2 DISEÑO GENERAL DEL SISTEMA

El sistema cuenta con una estructura que ayuda a la integración de los componentes que son la cámara, la pantalla y el microprocesador. La alimentación del robot consta de una fuente DC, tal como se indica en la Figura 13.

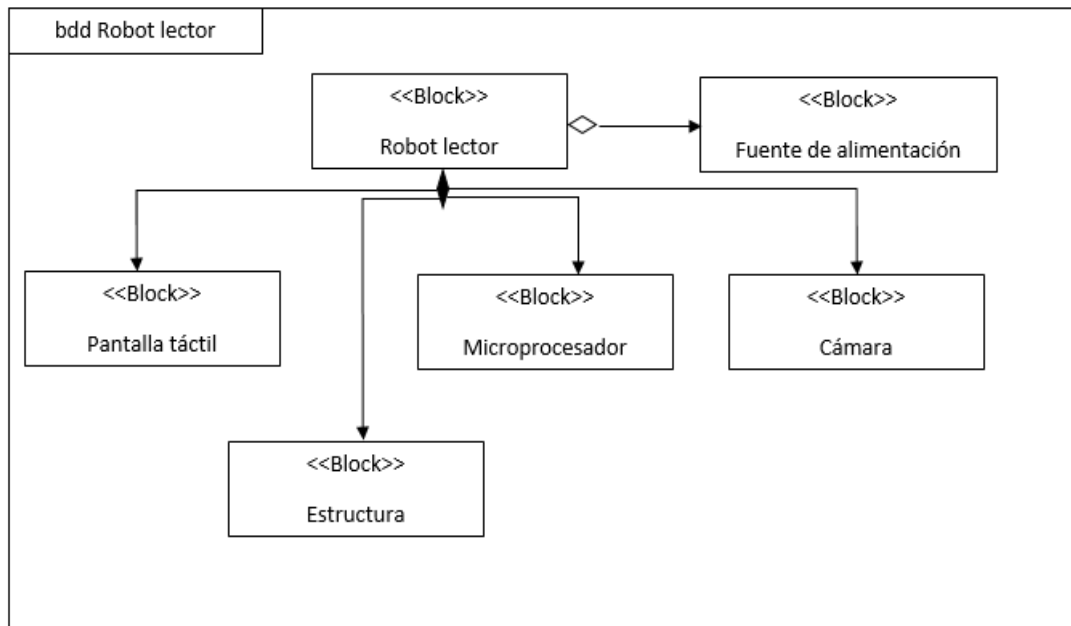


Figura 13 Diagrama de bloques

La Figura 14 muestra el diagrama interno de bloques, el cual indica la integración de los componentes electrónicos y mecánicos del sistema.

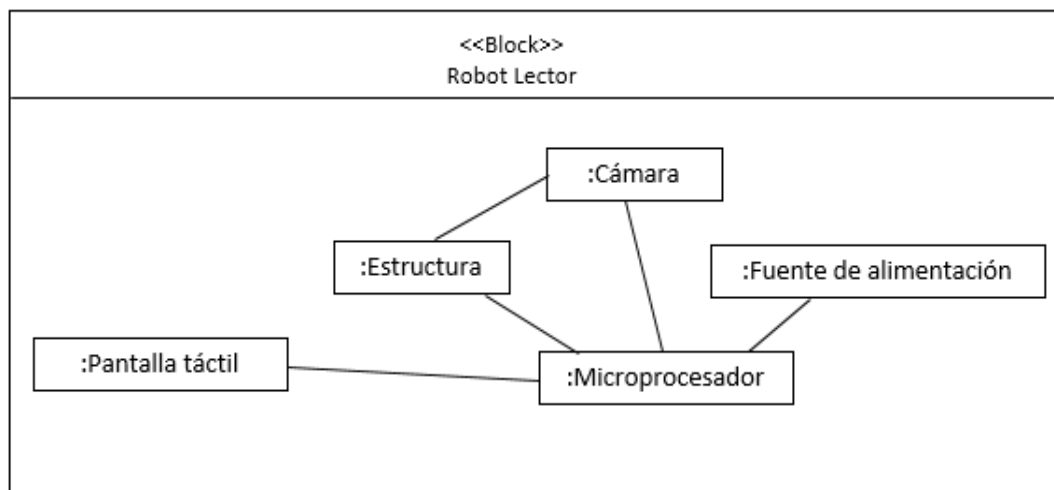


Figura 14 Diagrama interno de bloques

En la Figura 15 se observa el diagrama de casos de uso en el que se puede ver la interacción que tiene el usuario con el robot.

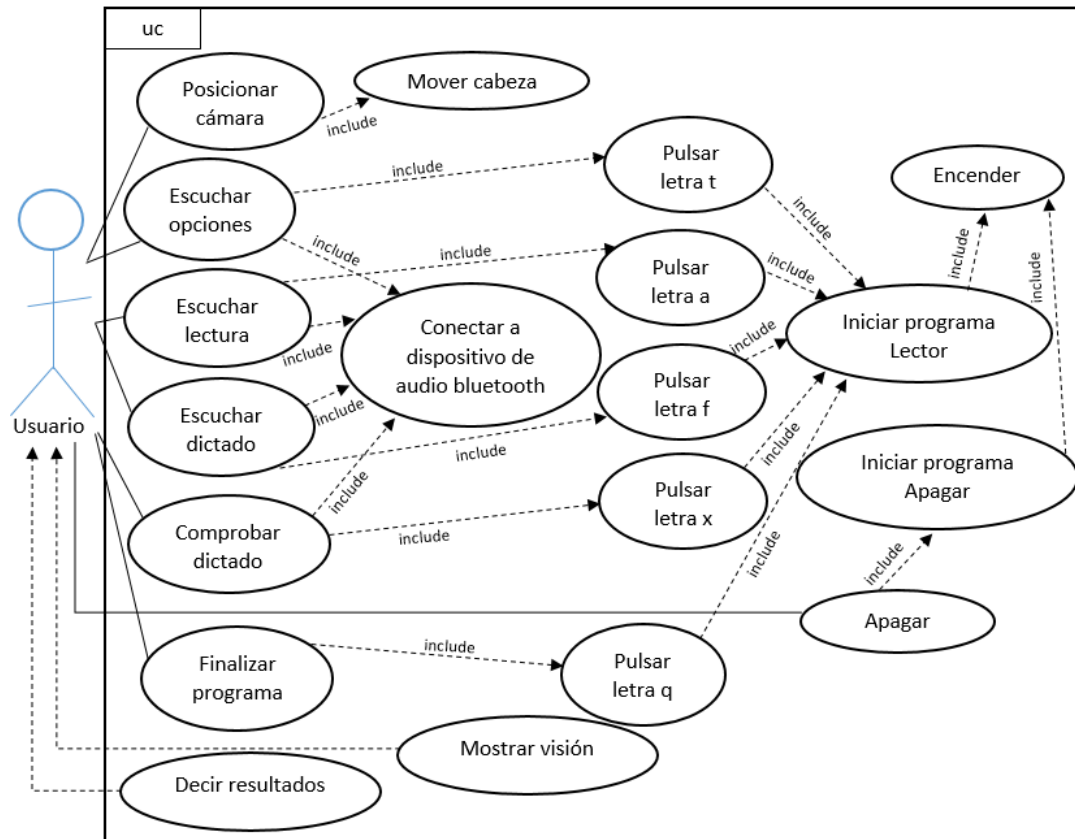


Figura 15 Diagrama de Casos de Uso

2.3 DISEÑO ESPECÍFICO DEL SISTEMA

2.3.1 DISEÑO DEL CIRCUITO

Para la elección del microprocesador se tomó en cuenta que el ordenador tenga incorporado tecnología WiFi y bluetooth, también que posea un puerto establecido para conectar una cámara. Por otro lado, se buscó una cámara con resolución de 1080p y sea compatible con el ordenador a utilizar. Finalmente, para escoger la pantalla, al igual que con la cámara se adapte al microcomputador y a las dimensiones mecánicas de la estructura considerando el tamaño.

En la Tabla 1 se muestra una comparación entre las funciones principales de diversos microcomputadores existentes en el mercado.

Tabla 1 Tabla comparativa de microcomputadores

TABLA COMPARATIVA DE MICROCOMPUTADORES			
Microcomputador	Microprocesador	RAM	Conectividad
Jaguar One	Intel Atom Z3735G	1GB DDR3	3USB 2.0, HDMI 1.4 y Ethernet
Orange Pi	ARM A7 4x1.2 Ghz	512MB	1USB 2.0, HDMI y Ethernet
Odroid-C2	ARM A53 4x2 Ghz	2GB DDR3	4 USB 2.0 HDMI 2.0 y Ethernet
Raspberry Pi3 B+	Broadcom BCM2837B0, Cortex-A53 (ARMv8) 64-bit SoC	1GB	4 USB 2.0 HDMI, Ethernet, Bluetooth, entrada para cámara Raspberry Pi y WiFi

En las Tablas 2 y 3 se muestra las comparaciones de las principales características de la cámara y de la pantalla táctil respectivamente, existentes en el mercado.

Tabla 2 Tabla comparativa de cámaras

Cámara	Mejor resolución	Potencia de salida	Enfoque	Compatible con el módulo para cámaras de Raspberry Pi3 b+
Maker Focus camera Raspberry Pi	1080p	3.3v	5MP	Si
Module V2-8	1080p	3.3v	8MP	Si
Canyon CNR-FWC113	1600x1200p	3.3v	1,3MP	No

Tabla 3 Tabla comparativa de pantallas táctiles

Pantalla Táctil	Resolución	Tamaño	Compatible con Raspberry Pi3 b+
Uctronics 5"	800x480	5"	si
Uctronics 3.5"	480x320	3.5"	si
Pantalla Nego	800x480	7"	si

En el diseño del circuito se utilizaron los siguientes elementos: un microcomputador Raspberry Pi3 b+, con soporte de 64-bit, WiFi integrado, Bluetooth y compatibilidad con la cámara Makerfocus de 5MP con resolución de 1080p adquirida para la visión del robot.

Para la interfaz gráfica se utilizó una pantalla LCD táctil de 3.5 pulgadas que se adapta a las dimensiones mecánicas de la estructura, con el fin que parezca un juguete y adicionalmente se adquirió una fuente DC de 5V

necesaria para alimentar a la Raspberry Pi3 b+ con una corriente recomendada de 2.5A para conectar periféricos.

En la Figura 16 se muestra la forma de conectar la pantalla táctil y la cámara a la Raspberry Pi3 b+.

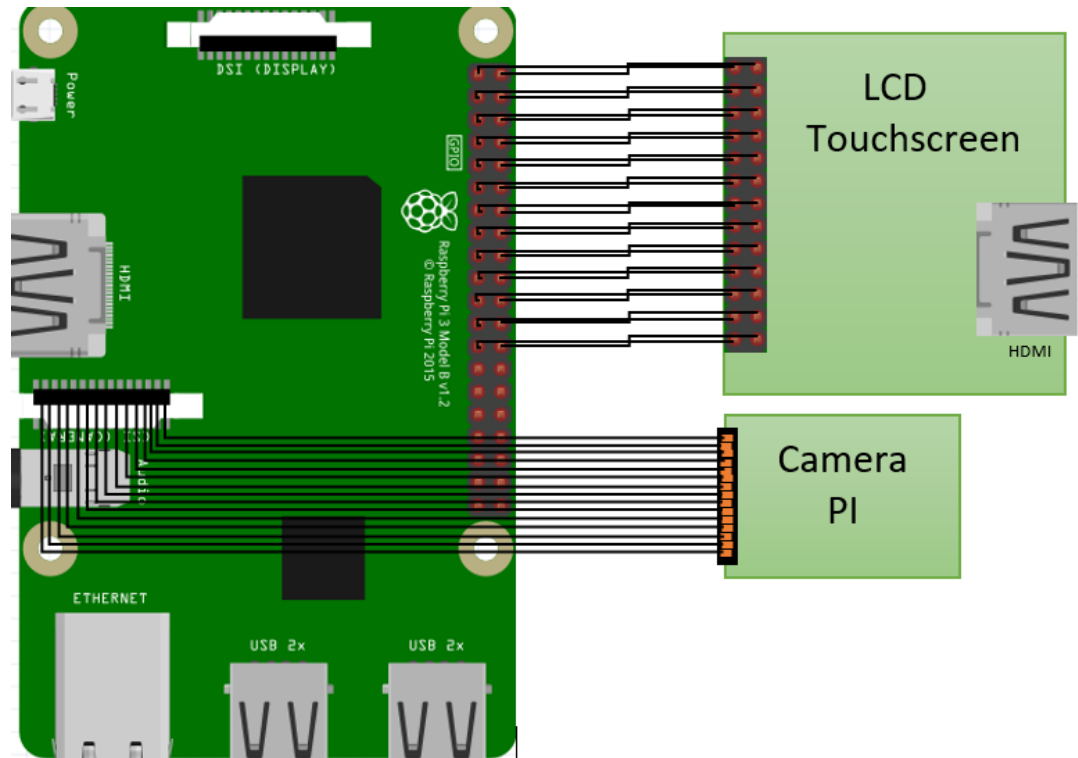


Figura 16 Diagrama de conexiones

2.3.2 DISEÑO DEL PROGRAMA

2.3.2.1 Métodos para el procesamiento de imágenes y reconocimiento de letras

Librería OpenCV:

Es una librería que sirve para el desarrollo de programas que realicen visión computarizada. Esta librería cuenta con módulos para procesar las imágenes captadas mediante una cámara e incluye funciones, como filtrado, inversión de colores, conversión de colores o incluso quitar el fondo y objetos que no interesen en el programa. Entonces tomando estos módulos se los puede enlazar al código de programación y realizar el proceso de tratado de imágenes de una forma fácil y eficiente (Unocero, 2018).

OCR (Optical Character Recognition):

La tecnología OCR permite reconocer caracteres a través de un mecanismo óptico como una cámara. En el caso de las personas, el mecanismo óptico vendría a ser los ojos y mediante los mismos se envía señales al cerebro para el procesamiento y entendimiento de lo que se ha logrado reconocer, la

capacidad para tomar una decisión de esto varía según cada persona y los factores que influyan en el entorno. OCR funciona similarmente a la habilidad humana para leer. Está diseñado para el procesamiento de imágenes tomadas previamente, que consiste en texto (Mithe, R., et al., 2013).

2.3.2.2 Algoritmos del funcionamiento del programa

En las Figuras 17, 18 y 19 se muestran los algoritmos del funcionamiento del programa, el mismo que fue diseñado en lenguaje Python. A continuación se detallan la función que cumplen estos algoritmos.

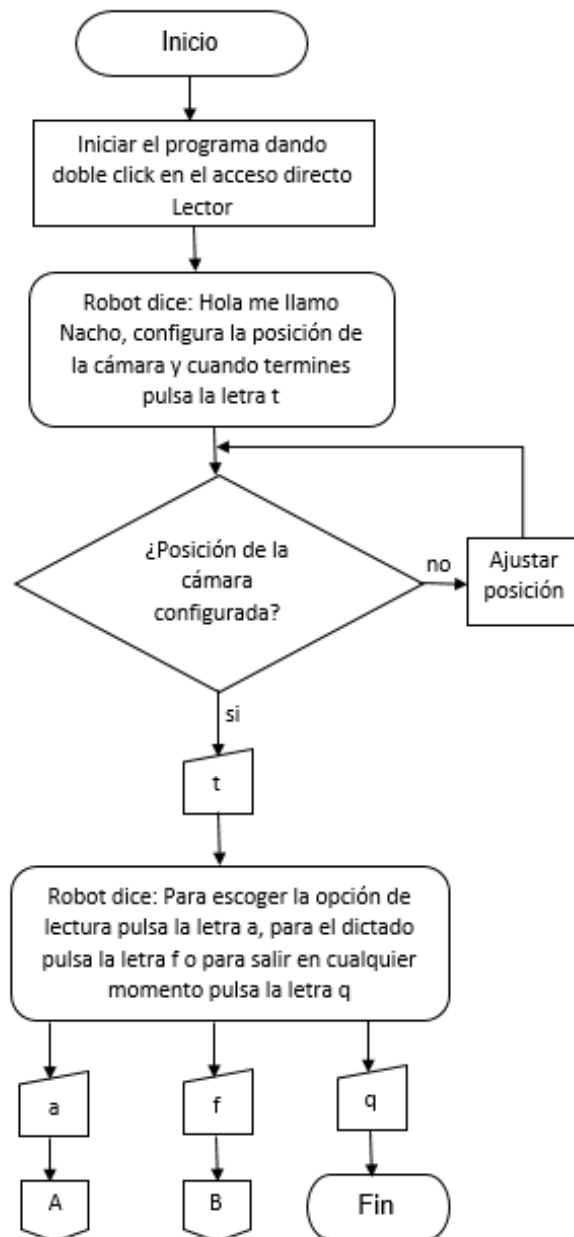


Figura 17 Algoritmo al iniciar el programa

La Figura 17 muestra el primer paso que es iniciar el programa dando doble click sobre el acceso directo creado con el nombre “Lector”, luego de esto el robot indica que se posicione la posición de la cámara para una correcta lectura y que se presione la letra t para escuchar las funciones que tiene el robot. Si la letra t es presionada el robot dice: “para escoger la opción de lectura pulsa la letra a, para el dictado la letra f o para salir en cualquier momento la letra q”. En el caso que se pulse la letra q, el programa finaliza.

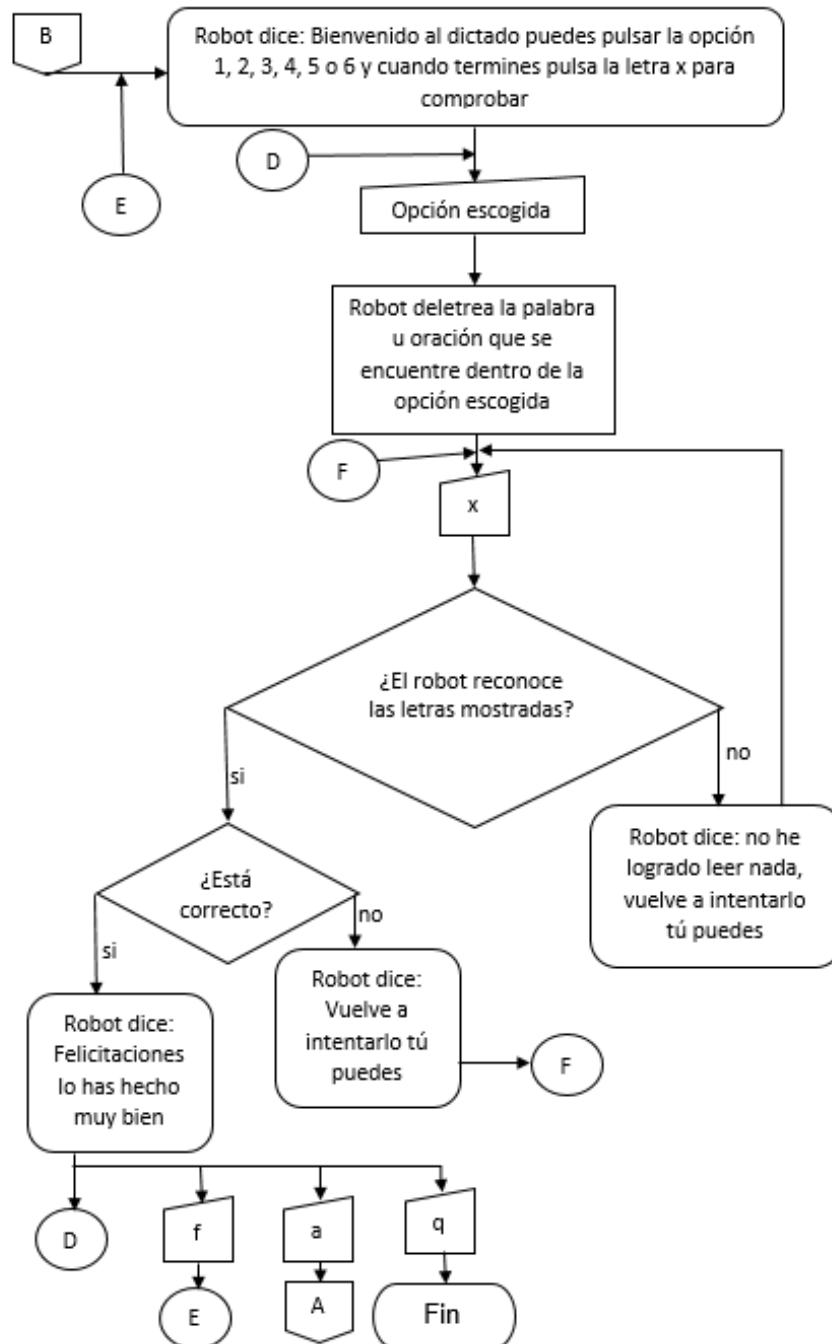


Figura 18 Algoritmo de la opción de dictado

En la Figura 18 se muestra la opción de dictado, que despliega una lista de opciones desconocidas por el usuario que puede ser una palabra u oración. En cuanto se escoge una alternativa el robot deletrea el contenido para que

el usuario escriba y se lo muestre al robot y finalmente el robot indicará si está correcto o no.

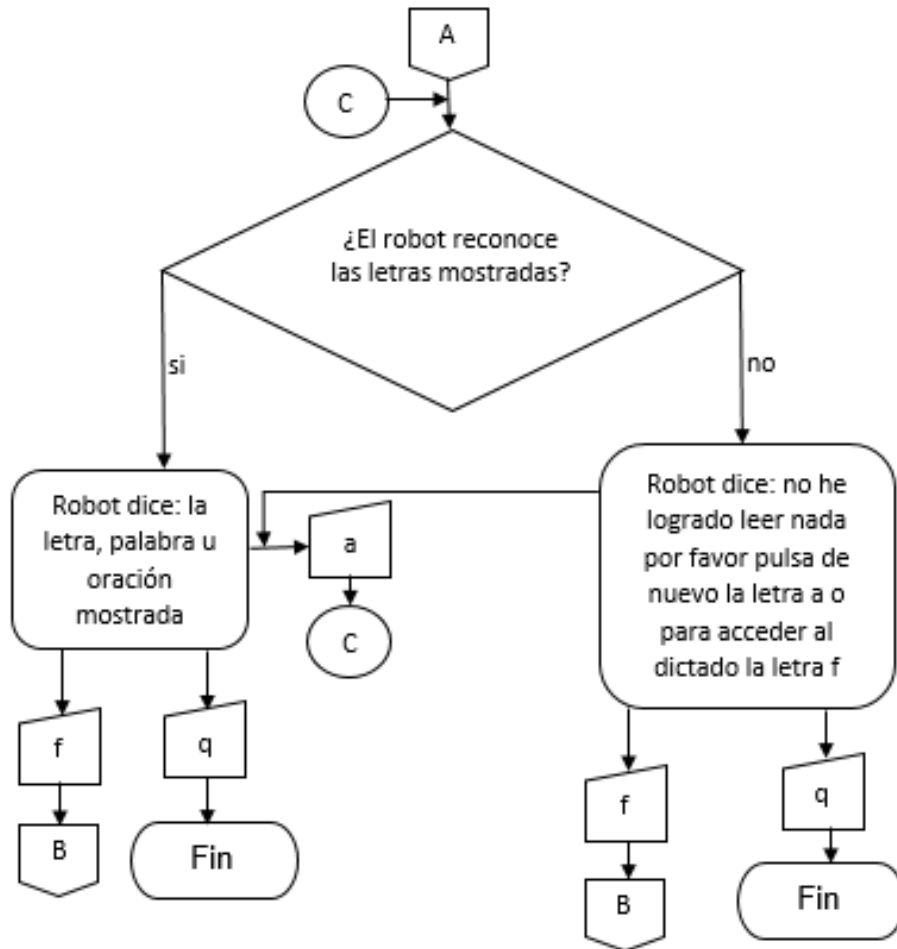


Figura 19 Algoritmo de la opción de lectura

La Figura 19 muestra el algoritmo diseñado para la opción de lectura. Si el robot reconoce las letras que se le muestran en frente de él, inmediatamente dice lo que logró leer, caso contrario dice: “no he logrado leer nada por favor pulsa de nuevo la letra a o para acceder al dictado la letra f”.

Los algoritmos mostrados anteriormente muestran la representación ordenada del diseño del programa, que servirá en la escritura del código y ejecución del lenguaje de programación Python, con la finalidad de lograr la lectura, dictado y demás funciones que ofrece el robot.

2.3.2.3 Interfaz Gráfica

En el diseño de la interfaz gráfica se toma en cuenta la acción que se desea conseguir por parte del robot, el elemento que va a actuar como el canal para llamar a la función que ejecuta dicha acción.

La Tabla 4 muestra las acciones, elementos y funciones que conforman el diseño de la interfaz gráfica, mientras que la distribución de los elementos que se despliegan en pantalla se indica en la Figura 20.

Tabla 4 Diseño interfaz gráfica

Acción	Elemento	Función
Iniciar Programa	Acceso directo programa	Run Acceso directo programa
Desplegar Teclado	Acceso directo teclado	Run Acceso directo teclado
Mostrar Visión del Robot	Tecla	Show Visión ()
Apagar Sistema	Acceso directo apagar	Run Poweroff

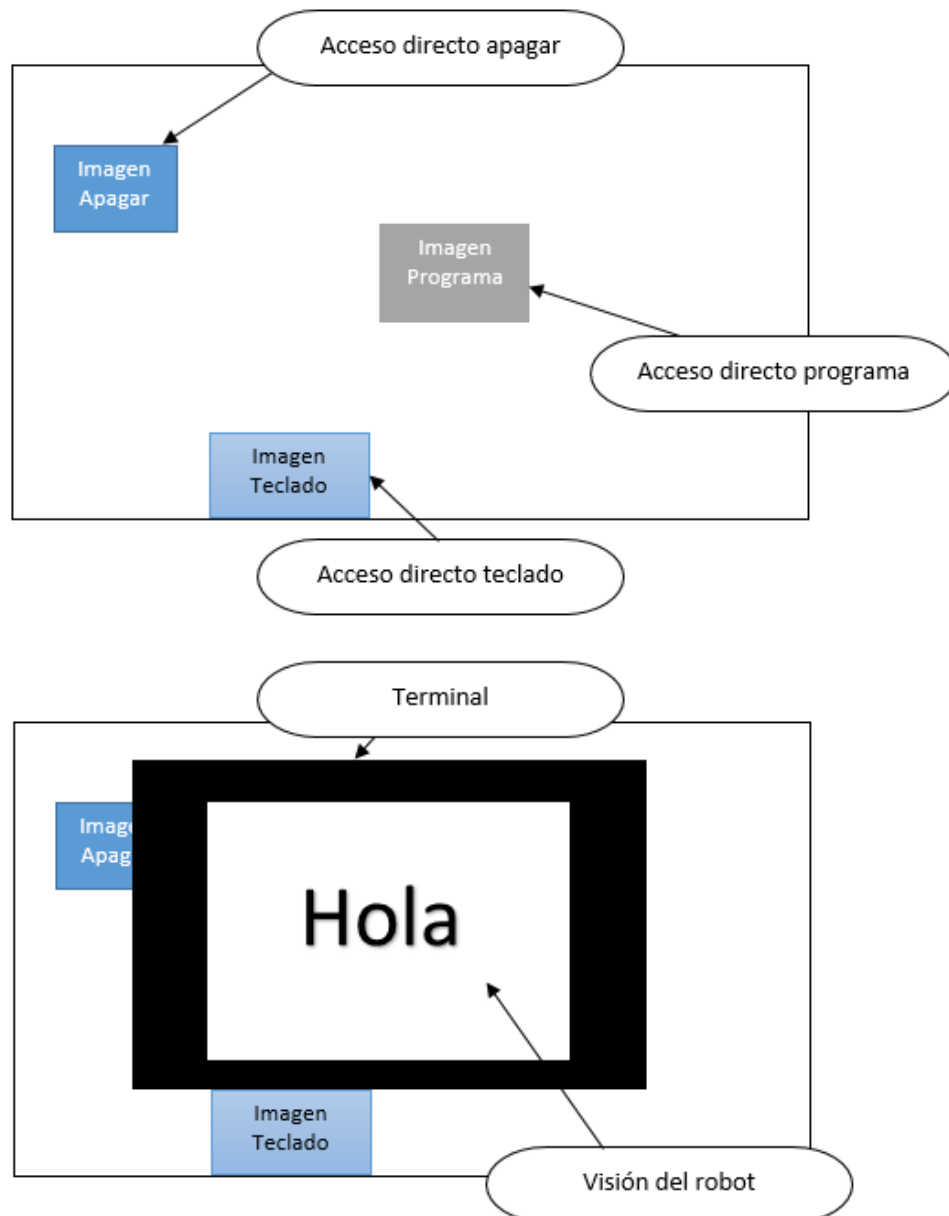


Figura 20 Distribución de los elementos de la interfaz gráfica

2.3.3 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA

Para el diseño de la estructura se tomaron en cuenta las dimensiones del microprocesador, de la pantalla y de la cámara, posteriormente se realizó un modelo CAD de todas las piezas que conforman la estructura y un ensamble que muestra cómo se integran.

En la Figura 21 se muestra la cabeza, articulación, carcasa, brazos y piernas, mediante una vista explosionada del modelo CAD que se diseñó.

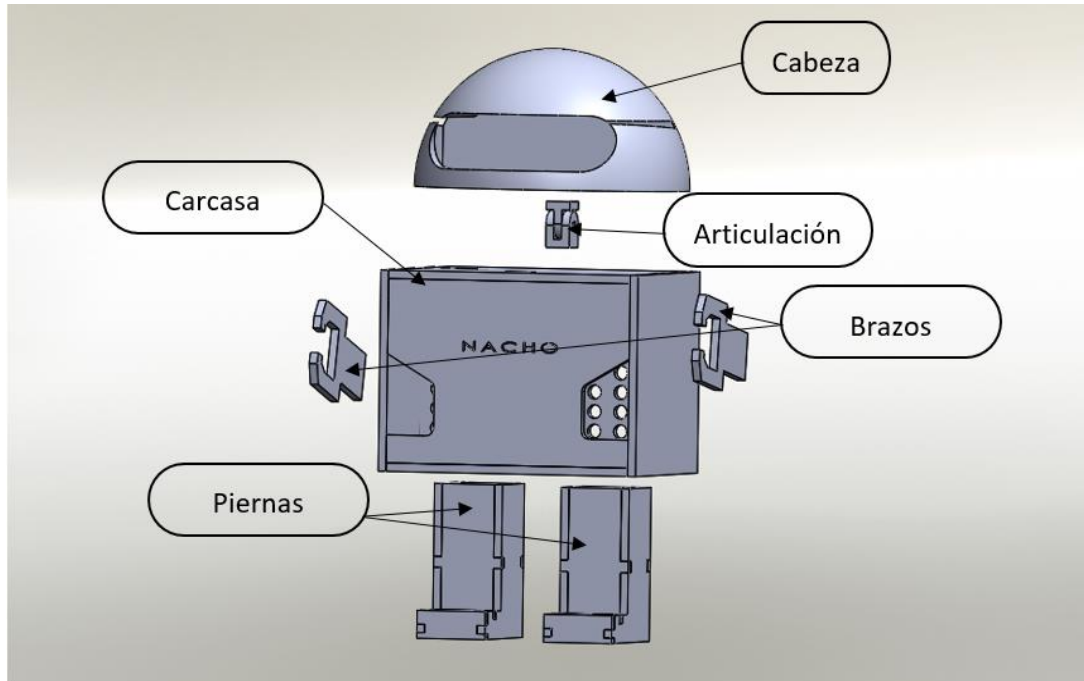


Figura 21 Vista explosionada de la estructura

La masa de los componentes de la estructura es 364.14g y las piernas son las encargadas de soportar esta carga, además de brindar altura al sistema, la carcasa es la encargada de albergar y proteger al microprocesador y a la pantalla táctil, la articulación permite al usuario posicionar la visión de la cámara, también tiene la función de soportar la carga de la cabeza, la cabeza mantiene firme a la cámara, mientras que los brazos complementan la forma de un juguete amigable.

En la Tabla 5 se muestra el largo, altura y profundidad de las dimensiones de los complementos estructurales mostrados en la Figura 21.

Tabla 5 Dimensiones generales

Dimensiones Generales			
Pieza	Largo [mm]	Alto [mm]	Profundidad [mm]
Cabeza	100	50	100
Articulación	9	16	10
Carcasa	98,46	71,93	70,78
Brazos	53	31,1	3
Piernas	26	55	43

Para obtener una vista más detallada de las piezas que conforman la estructura, el Anexo 2 contiene un plano de las partes.

Debido a su ligero peso para la fácil transportación, su forma sólida que sirve para proteger los componentes electrónicos y a su vez la durabilidad que ofrecen, se establecieron los materiales para las piezas que conforman la estructura. Los materiales empleados son:

Cabeza: PLA

Articulación Cabeza: PLA

Carcasa: acrílico

Brazos: acrílico

Piernas: acrílico

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una vez completado el diseño, se procedió a la construcción del prototipo, el modelo CAD fue exitoso y se pudieron ensamblar las partes electrónicas con los componentes de la estructura, como se muestra en la Figura 22.

Además, se estableció la conexión remota mediante dos aplicaciones: VNC Server¹ y VNC Viewer², que sirven para observar las acciones del servidor a través de un ordenador cliente.

En la Figura 22 se indica la vista delantera del prototipo, se añadió el marco de unos lentes y pelo de muñeco para hacerle más llamativo al robot.



Figura 22 Vista delantera del prototipo

En la parte interna del robot se encuentran ensamblados los componentes electrónicos, como se muestra en la Figura 23.

¹ VNC Server, es un software libre que sirve para observar las acciones de la computadora en la que se encuentra instalado, además que no posee restricciones de sistema operativo y es posible compartir la pantalla con cualquier sistema que tenga la aplicación VNC Viewer.

² VNC Viewer, es una aplicación que se puede instalar en cualquier dispositivo para visualizar y controlar de forma remota cualquier ordenador que tenga previamente instalado VNC Server.



Figura 23 Vista posterior del prototipo

Previamente diseñado el software que incluye el programa y la interfaz gráfica, se logró implementar en el microprocesador para mostrar las imágenes en la pantalla táctil con las que interactúa el usuario.

Para la interfaz gráfica se incorporó una pantalla táctil de 3.5", la misma que sirve para la visualización de las imágenes captadas por la cámara y que el usuario pueda pulsar las letras que el robot solicita.

Al encender el robot la pantalla despliega el escritorio, como se muestra en la Figura 24.

Para lograr escuchar lo que el robot lee, es necesario conectar la Raspberry Pi3 b+ a un dispositivo de audio externo con conexión bluetooth.

En el Anexo 1 se muestra el proceso para conectar a un parlante externo.

Para iniciar con el programa de lectura se debe ejecutar el acceso directo "Lector" como se muestra en la Figura 25.

Finalmente, al dar doble click en el programa "Lector" la pantalla despliega el inicio del programa y se pueden visualizar las imágenes que están siendo captadas en vivo por el robot, como se muestra en la Figura 26.



Figura 24 Elementos de la interfaz gráfica



Figura 25 Acceso directo programa



Figura 26 Visión del robot

3.1 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Con las pruebas de funcionamiento realizadas, se busca evaluar el reconocimiento de letras que viene a ser la función principal del robot para así validar la funcionalidad total del sistema construido y detectar posibles fallas en el diseño del software.

Para llevar a cabo las pruebas, se establece 5 grupos con 10 palabras y 5 con 10 oraciones cada uno. Se prueba en dos ambientes diferentes, el primero es dentro del dormitorio de un hogar y el segundo en el exterior del hogar, con el objetivo de probar cómo reacciona el robot cuando es sometido a dos tipos de iluminación diferentes. Las palabras y oraciones se muestra al robot con un monitor de computadora portátil, a una distancia aproximada de la cámara al monitor de 450[mm] con tipo de letra: Calibri número 54. Para saber con qué color de fondo reacciona mejor se establece para las pruebas un fondo blanco y otro negro. En la Tabla 6 se muestra los grupos de palabras y en la Tabla 7 los grupos de oraciones.

Tabla 6 Grupo de palabras

Palabras				
Grupo 1 2 a 5 caracteres	Grupo 2 5 a 6 caracteres	Grupo 3 6 a 7 caracteres	Grupo 4 7 a 8 caracteres	Grupo 5 8 o más caracteres
tu	vamos	suerte	riqueza	sociedad
yo	ellos	cuando	celebrar	doncella
sol	noche	teatro	estudios	hechicero
Hola	reloj	alarma	tristeza	emociones
Chao	antes	piedra	asustado	velocidad
ella	final	tierra	nosotros	travesura
luna	pasado	elegido	reliquia	artefacto
alta	futuro	escuela	historia	principio
baja	fiesta	venimos	planetas	campestre
magia	manjar	pobreza	animales	espectacular

Tabla 7 Grupo de oraciones

Oraciones		
Grupo 1 14 a 21 caracteres	Grupo 2 21 a 26 caracteres	Grupo 3 26 a 31 caracteres
la rana se ríe	La pizarra está llena	La ventana está muy sucia.
Mi mamá me mima	el perro tiene pulgas	El baño está a la izquierda
Me llamo Andrés	Ana baila en su cuarto	Le compré un ramo de flores.
la rosa es roja	el niño salta muy alto	Manuel apagó la computadora.
Abre este frasco.	El río lleva mucha agua	Mirta suspendió su almuerzo.
Ya terminé el libro	El señor no tenía cambio.	El pájaro canta por la mañana

Tabla 8 Grupo de oraciones continuación

el balcón está alto	mi amiga falta al colegio	Mañana tenemos el campamento.
el caracol es lento	mamá me compró una pelota	Hoy es mi primer día de clases
mi pulsera es de oro	La música es muy divertida	La sopa está servida en la mesa
El pez nada en el mar	¿Te gustó el último disco?	Tengo entradas para la película
Grupo 4 31 a 37 caracteres	Grupo 5 38 o más caracteres	
Almorcemos en este restaurante.	El sol brilla hermoso en el cielo azul	
Las estrellas brillan cada noche	Ecuador es un país de América del Sur.	
El presidente fue reelecto ayer.	La librería cierra a las 8 de la noche.	
Este año comienzo la universidad.	El árbol de navidad está en el comedor.	
Las flores del jardín son preciosas	En vacaciones iré a la playa con mi familia	
Mi novio me pidió matrimonio anoche.	Tres tristes tigres comen trigo en un trigal	
María presentó su libro en la feria.	La profesora explicó la Revolución Francesa.	
El perro es el mejor amigo del hombre	El grabador se descompuso después del corte de luz.	
Preparé una torta para mi cumpleaños.	Las entradas para el recital las dejé en la ventanilla.	
El mapa de África quedó en otra aula.	Mi mamá me dijo que antes de dormir debo cepillarme los dientes	

3.1.1 PRUEBAS DENTRO DEL DORMITORIO

El promedio de la medida tomada de la iluminación corresponde a 164 luxes, la Figura 27 muestra dicha medida.

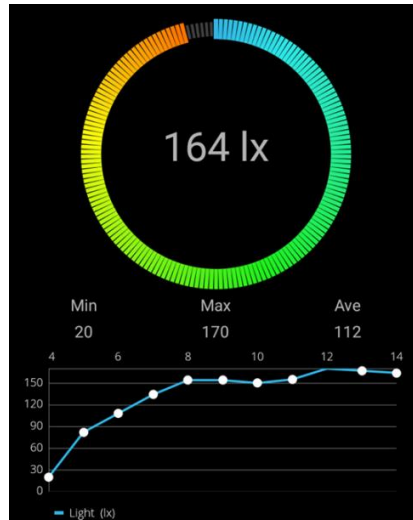


Figura 27 Iluminación dentro del dormitorio

3.1.1.1 Fondo Blanco

En la Figura 28 se muestra las fotografías de las pruebas en ejecución con palabras y oraciones con fondo blanco.



Figura 28 Texto con fondo blanco a) prueba con palabras, b) prueba con oraciones

En la Tabla 9 se presenta el número de veces que obtuvo una lectura correcta e incorrecta por cada grupo de palabras y el porcentaje correspondiente de aciertos.

Tabla 9 Prueba de palabras con fondo blanco

Grupo	Número de Lecturas correctas	Número de Lecturas incorrectas	Porcentaje de aciertos
1	8	2	80%
2	10	0	100%
3	10	0	100%
4	10	1	90%
5	10	2	80%

Los logros obtenidos al realizar la prueba que consta de presentarle al robot, 50 palabras para su procesamiento, fueron exitosos, debido a que 45 veces

el dispositivo logró reconocer correctamente el texto mostrado y 5 veces obtuvo resultados erróneos. Se obtuvo un mejor resultado en el grupo 2 y 3 que contienen palabras entre 5 a 7 caracteres.

En la Figura 29 se pueden observar los resultados de la prueba con palabras con fondo blanco presentadas al robot expresados en porcentajes, en los que el 90% corresponde al número de lecturas correctas y el 10% restante, al número de lecturas incorrectas.

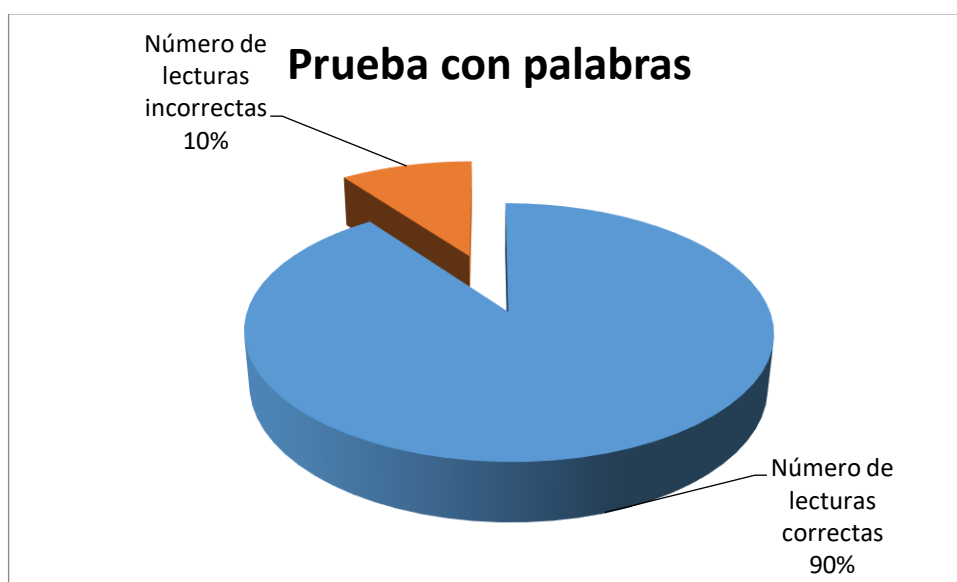


Figura 29 Porcentaje de lecturas correctas e incorrectas con palabras

En la prueba de lectura de 5 grupos de oraciones se obtuvieron excelentes logros, debido a que fueron 42 veces las que el dispositivo mostró resultados exactos y 8 erróneos. La Tabla 10 muestra los resultados de la lectura obtenida por cada grupo de oraciones con fondo blanco y el porcentaje de aciertos correspondiente a cada uno.

Tabla 10 Prueba de oraciones con fondo blanco

Grupo	Número de Lecturas correctas	Número de Lecturas incorrectas	Porcentaje de aciertos
1	10	0	100%
2	10	0	100%
3	9	1	90%
4	8	2	80%
5	6	4	60%

Se obtuvo mejores resultados con el grupo 1 y 2 que contienen oraciones de 14 a 26 caracteres.

En la Figura 30 se puede observar los resultados de las oraciones presentadas al robot expresados en porcentajes, en los que el 84%

corresponde al número de lecturas correctas y por ende el 16% pertenece al número de lecturas incorrectas.

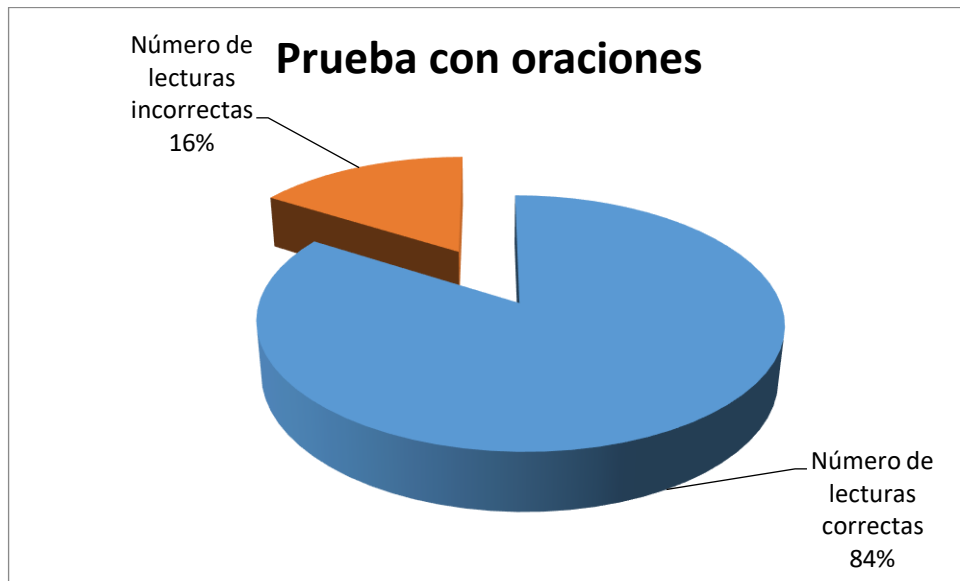


Figura 30 Porcentaje lecturas correctas e incorrectas con oraciones

De los resultados expresados en porcentaje presentados en las Figuras 29 y 30 se identifica que de 100 pruebas realizadas, solamente el 13% de las lecturas procesadas por el robot fueron erróneas.

3.1.1.2 Fondo Negro

Los resultados obtenidos de la lectura cuando se mostró al robot los grupos de palabras y oraciones con fondo negro fueron exactamente los mismos que al presentarle el texto con el fondo blanco.

En la Figura 31 se muestra la prueba en ejecución con el fondo negro del texto presentado.



Figura 31 Texto con fondo negro a) prueba con oraciones b) prueba con palabras

3.1.2 PRUEBAS AL EXTERIOR DEL HOGAR

El promedio de la medida tomada de la iluminación corresponde a 1818 luxes, la Figura 32 muestra dicha medida.

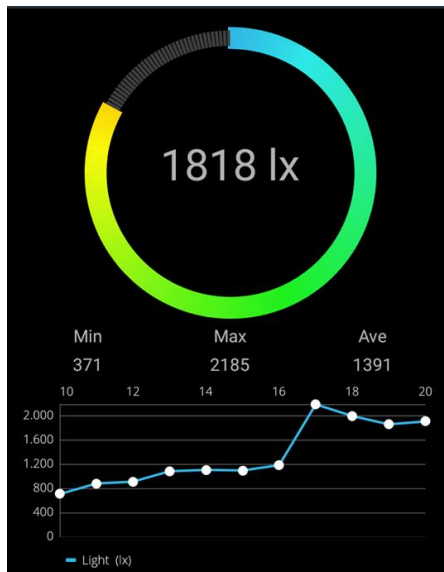


Figura 32 Iluminación al exterior del hogar

Al presentarle al robot el texto con una iluminación aproximada a 1818 luxes los resultados no fueron positivos. El dispositivo no logró tener una visión clara de las oraciones y palabras presentadas. La Figura 33 muestra la ejecución de dicha prueba y la Figura 34 presenta una captura de la interfaz gráfica en la cual se observa la visión del robot.



Figura 33 Ejecución de las pruebas al exterior del hogar

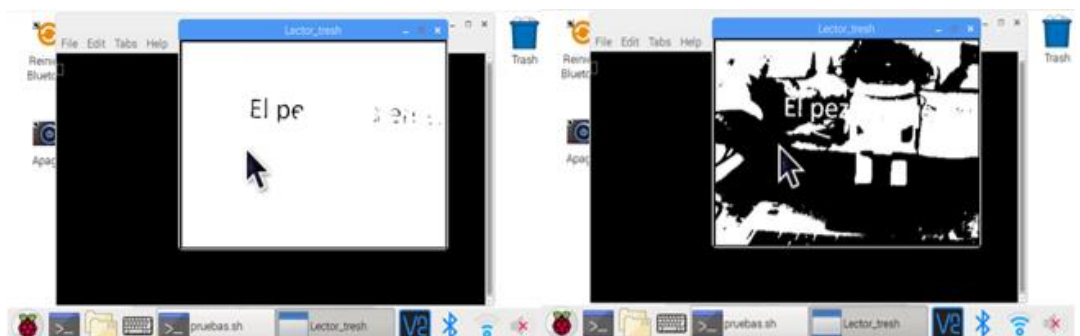


Figura 34 Visión del robot al exterior del hogar a) fondo negro b) fondo blanco

Luego de las pruebas realizadas dentro del dormitorio se mostró nuevamente al robot los textos en los que había dado una lectura fallida, dando esta vez resultados correctos, por ende se puede concluir que el

dispositivo construido funciona correctamente y cumple con todas las exigencias y requerimientos planteados al inicio del proyecto.

3.1.3 TIEMPO DE RESPUESTA

Se implementa un algoritmo dentro del código del programa para tomar el tiempo que tarda el robot en realizar el reconocimiento de una palabra que contenga 4 caracteres, el mismo que se detalla en la Figura 35.

El resultado del tiempo medido en el proceso de reconocimiento de texto fue de 1.95s aproximadamente. El tiempo de respuesta se lo puede mejorar adquiriendo un mejor procesador, para que el retardo sea menor.

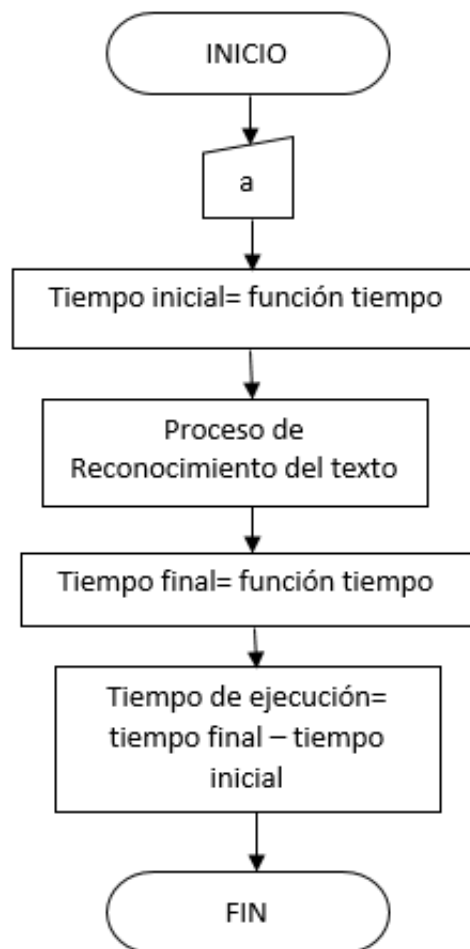


Figura 35 Algoritmo para medir el tiempo de respuesta

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Durante la realización del proyecto se diseñó y construyó un robot, que por medio de la computarización de imágenes es capaz de leer el texto que se encuentra frente a la cámara, proporcionando un método de aprendizaje interactivo para desarrollar las actividades lectoras.
- Se determinó que los materiales para la construcción del robot deben permitir la fácil transportación y manipulación del mismo, debido al peso y la facilidad de moldear el material se escogió PLA para la cabeza y articulación, mientras tanto que para el resto de piezas de la estructura se utilizó acrílico. Las dimensiones estructurales fueron establecidas de acuerdo al tamaño de los componentes electrónicos, el esqueleto del robot permitió integrar las partes mecánicas y electrónicas otorgando la forma de un juguete.
- Se diseñó el modelado de la estructura en SolidWorks y se establecieron los componentes electrónicos que conforman el hardware para formar la parte física del robot y bajo lenguaje Python se diseñó el software que controla el dispositivo.
- Se logró la construcción del hardware que integra correctamente los componentes mecánicos junto a los electrónicos, teniendo esto se implementó el software diseñado cumpliendo así con el objetivo.
- Mediante las pruebas realizadas al presentarle diferentes textos al robot para comprobar que tenga la capacidad de leer, se obtuvo un porcentaje de aciertos correspondientes al 87% y un restante de 13% de lecturas fallidas, por lo que se validó que el dispositivo funciona correctamente y cumple con los requerimientos planteados.

RECOMENDACIONES

- Se puede implementar un sistema de movimiento semiautomático para la articulación de la cabeza.
- Como un complemento llamativo para el robot, es posible añadirle movimiento a las piernas y brazos, así podrá captar aún más la atención de un niño.
- Se puede adquirir un altavoz con dimensiones que se ajusten a la estructura del robot para un sistema de audio interno y como alternativa que el audio sea transmitido a un dispositivo bluetooth.
- Para que el robot tenga una voz más clara, se puede hacer uso de la voz de Google.
- Se puede añadir la opción de contar cuentos al niño como una función extra.

BIBLIOGRAFÍA

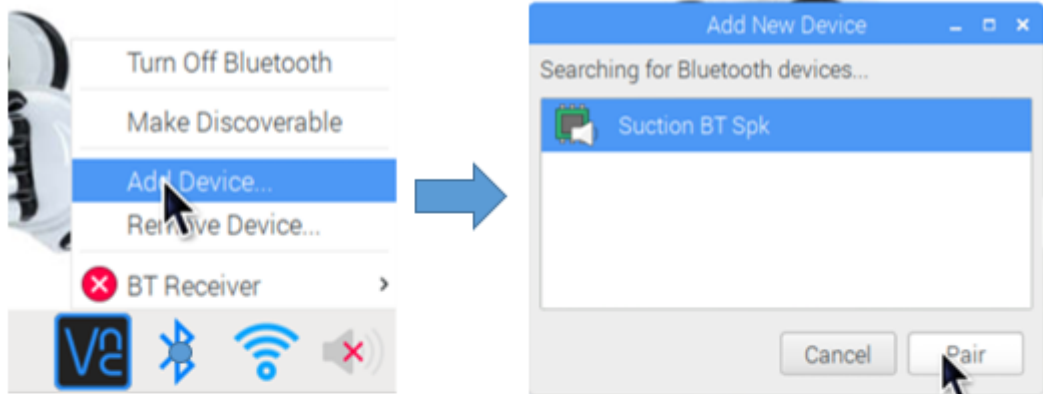
- Zamprogno, G. F., del Prado, M. E. R., & López, M. E. (2015). Leer y escribir para estudiar en los últimos años de la escuela primaria. Desafíos, problemas, posibilidades. Anuario de Investigaciones de la Facultad de Psicología, 2(1), 166-175.
- Mitthe, R., Indalkar, S., & Divekar, N. (2013). Optical character recognition. International journal of recent technology and engineering (IJRTE), 2(1), 72-75.
- García Valiente, M., & Navarro Montaña, M. J. (2017). Robótica para todos en Educación Infantil. Paideia. Revista de educación, 60, 81-104.
- Gómez-Díaz, R., García-Rodríguez, A., & Cordón-García, J. A. (2015). APPrender a leer y escribir: aplicaciones para el aprendizaje de la lectoescritura. Education in the Knowledge Society, 16(4), 118-137.
- García, M., Escalante, M., & Montañez, T. (2015). Análisis Comparativo de dos Formas de Enseñar Matemáticas Básicas: Robots LEGO NXT y Animación con Scratch.
- García-Peñalvo, F. J., Rees, A., Hughes, J., Jormanainen, I., Toivonen, T., & Vermeersh, J. (2016). A survey of resources for introducing coding into schools.
- Martínez Cruz, D. A. (2018). Robonoide bípedo autónomo realizado en plataforma Arduino (Doctoral dissertation, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Industrial. Carrera de Ingeniería en Teleinformática.).
- Bee-bot.us. (2018). Bee-Bot Home Page. Obtenido de: <https://www.bee-bot.us/>.
- Moguel, M. (2018). Luka, un robot lector trilingüe para niños. Milenio.com. Obtenido de: <http://www.milenio.com/tecnologia/mas-tecnologia/luka-un-robot-lector-trilingue-para-ninos>.
- Palos, D. (2018). Robot con IA capaz de leer libros en voz alta llega a México. Obtenido de: <https://www.mypress.mx/tecnologia/robot-con-ia-capaz-leer-libros-llega-mexico-3991>.
- Ortiz, M., Manuel, S., & Herrera Pérez, J. C. (2015). Diseño de un sistema automático de selección de frutos de Café mediante Técnicas de Visión Artificial.
- Press, E. (2018). Un colegio de Madrid introduce un robot con fines pedagógicos en sus aulas. Obtenido de: <https://www.hoy.es/tecnologia/colegio-madrid-introduce-robot-escuela-20181013102813-ntrc.htm>.
- DIR&GE | La plataforma líder del entorno directivo. (2018). 'Aisoy1 Kik', el robot alicantino para ayudar a personas con autismo. Obtenido de: <https://directivosygerentes.es/innovacion/noticias-innovacion/aisoy1-kik-robot>.

- Usatoday.com. (2018). 10 Amazing toys that can teach your kids how to code. Obtenido de: <https://www.usatoday.com/story/tech/reviewedcom/2018/12/19/weve-tried-out-best-coding-toys-market-brands-like-osmo-lego-root-robotics-anki-and-more/2347144002/>.
- Penalva, J. (2016). Probamos Zowi, un robot con cerebro Arduino que puede dar más de lo que aparenta. Obtenido de: <https://www.xataka.com/analisis/probamos-zowi-un-robot-con-cerebro-arduino-que-puede-dar-mas-de-lo-que-aparenta>.
- Lombana, N. B. (2015). Uso de la robótica educativa como estrategia didáctica en el aula. *Praxis & Saber*, 6(11), 215-234.
- Penalva, J. (2016). Alternativas a la Raspberri Pi: 7 modelos de miniordenadores baratos en los que deberías pensar. Obtenido de: <https://www.xataka.com/especiales/alternativas-a-la-raspberri-pi-7-modelos-de-miniordenadores-baratos-en-los-que-deberias-pensar>.
- Pastor, J. (2018). Raspberry Pi 3 Model B+, análisis: más potencia y mejor WiFi para un miniPC que sigue asombrando. Obtenido de: <https://www.xataka.com/ordenadores/raspberry-pi-3-model-b-analisis-mas-potencia-y-mejor-wifi-para-un-minipc-que-sigue-asombrando>.
- Unocero. (2018). Llega OpenCV 4.0, la biblioteca de programación abierta. Obtenido de: <https://www.unocero.com/software/llega-opencv-4-0-la-biblioteca-de-programacion-abierta/>.
- Álvarez García, D. (2016). Diseño e implementación de un robot pedagógico.
- Barba Guamán, L. R. (2015). Utilización de métodos de visión artificial para PC como apoyo en la automoción (Doctoral dissertation, ETSI_Sistemas_Infor).
- Muñoz Manso, R. (2014). Sistema de visión artificial para la detección y lectura de matrículas.
- Singh, M. P., & Jain, M. K. (2014). Evolution of processor architecture in mobile phones. *International Journal of Computer Applications*, 90(4), 34-39.
- Wang, Y. (2015). Circuit clustering for cluster-based fpgas using novel multiobjective genetic algorithms (Doctoral dissertation, University of York).

ANEXOS

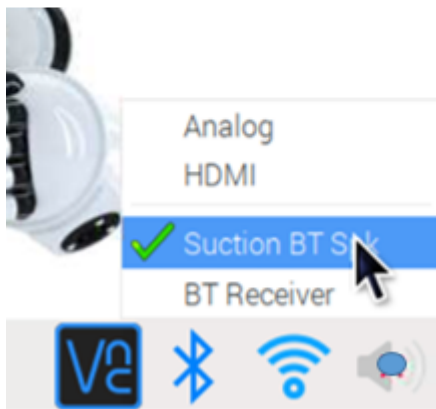
ANEXO 1

Proceso para conectar a un sistema de audio externo vía bluetooth



Primer Paso

Segundo paso



Tercer paso

Anexo 2

Planos de la Estructura

1

2

3

4

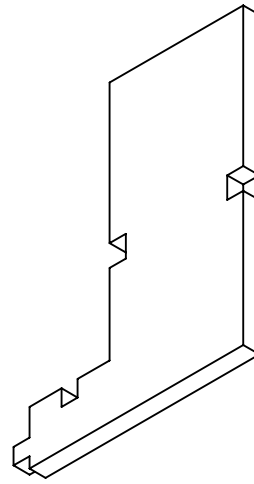
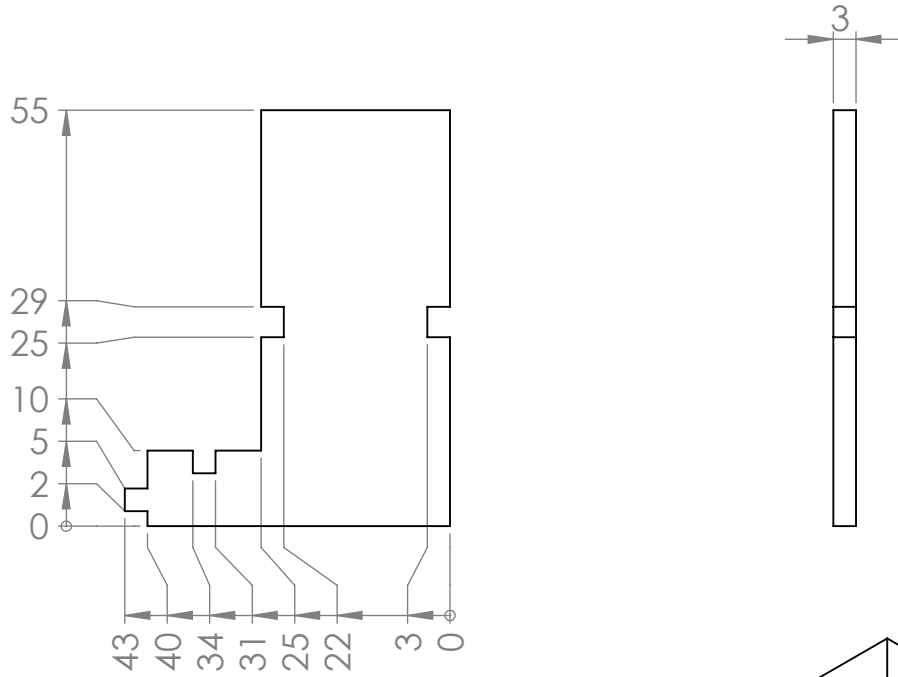
A

B

C

D

E



				TOLERANCIA:	PESO [Kg]:	MATERIAL:	
				± 0.1	0.0054	Acrílico	
					Fecha	Nombre	ESCALA:
				Dibujado	21/2/2019	Andrés Moreno	1:1
				Revisado	21/2/2019	Pablo Velarde	
				Aprobado	21/2/2019	Pablo Velarde	
				FIRMA / EMPRESA:		DIBUJO Nº:	HOJA:
						1	A4
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				

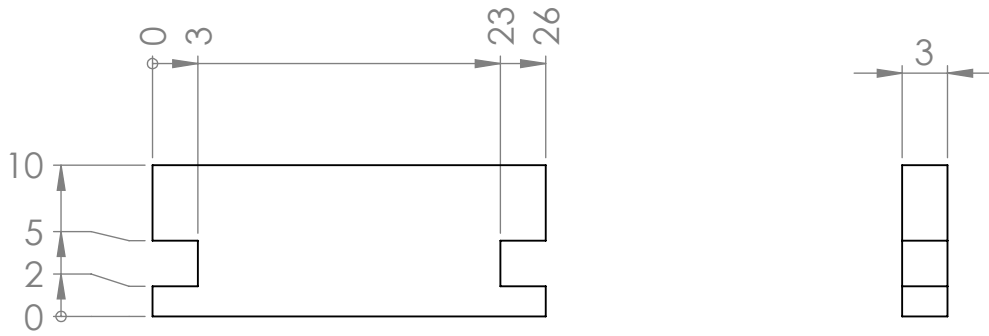
1

2

3

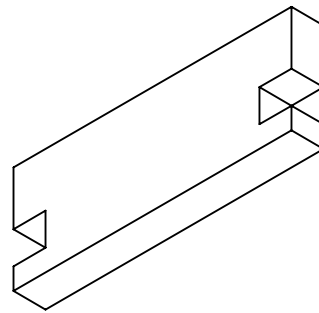
4

A




B

C



D

E

				TOLERANCIA:	PESO [Kg]:	MATERIAL:	
				± 0.1	0.00087	Acrílico	
					Fecha	Nombre	ESCALA:
				Dibujado	21/2/2019	Andrés Moreno	1:1
				Revisado	21/2/2019	Pablo Velarde	
				Aprobado	21/2/2019	Pablo Velarde	
				FIRMA / EMPRESA:		DIBUJO Nº:	HOJA:
						2	A4
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				

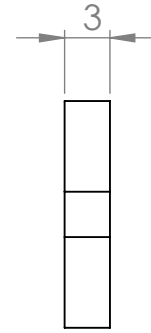
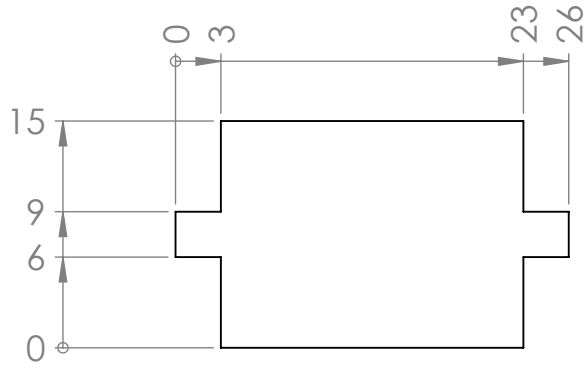
1

2

3

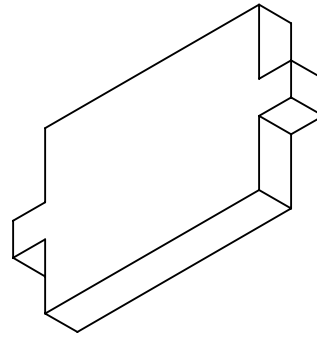
4

A



B

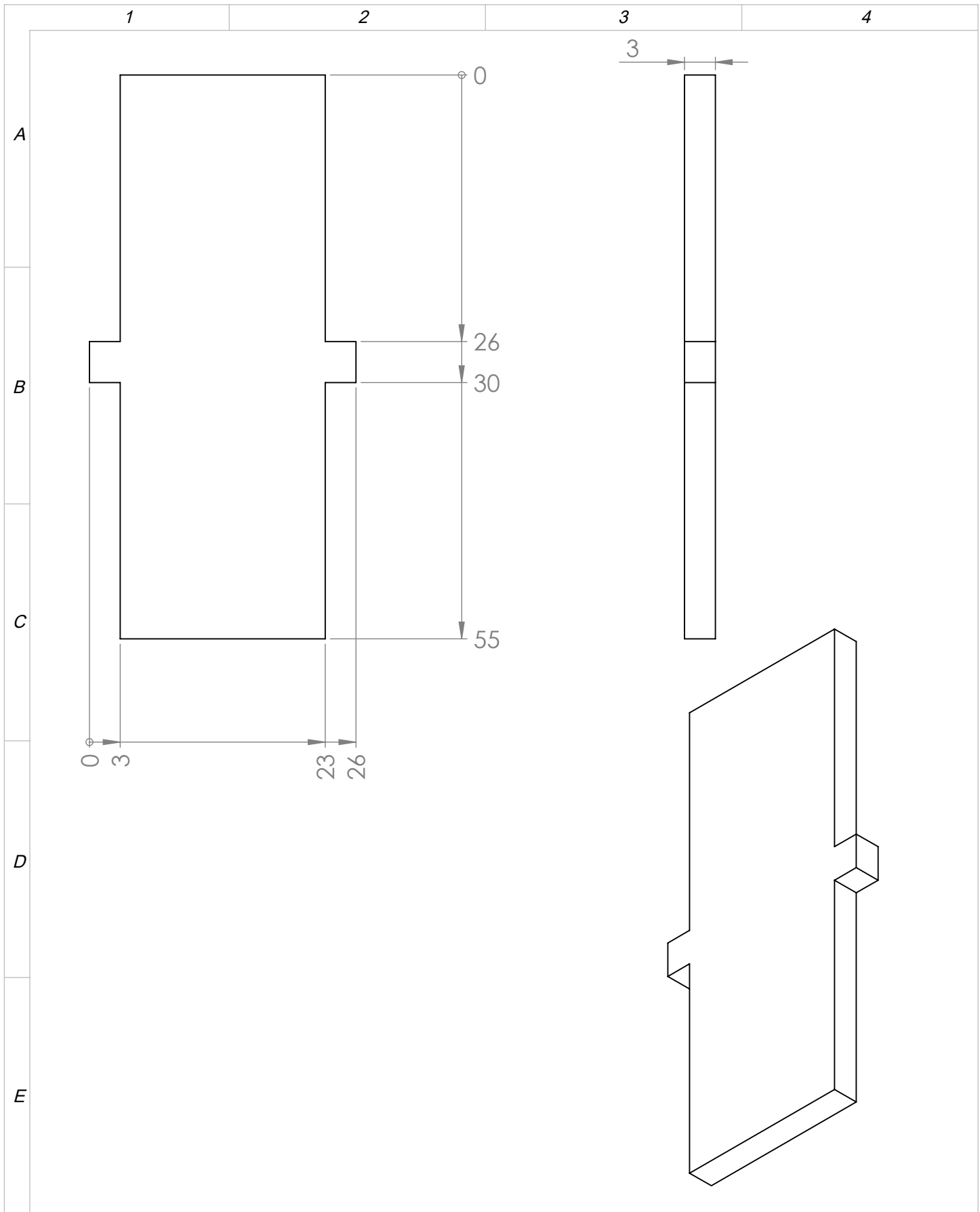
C



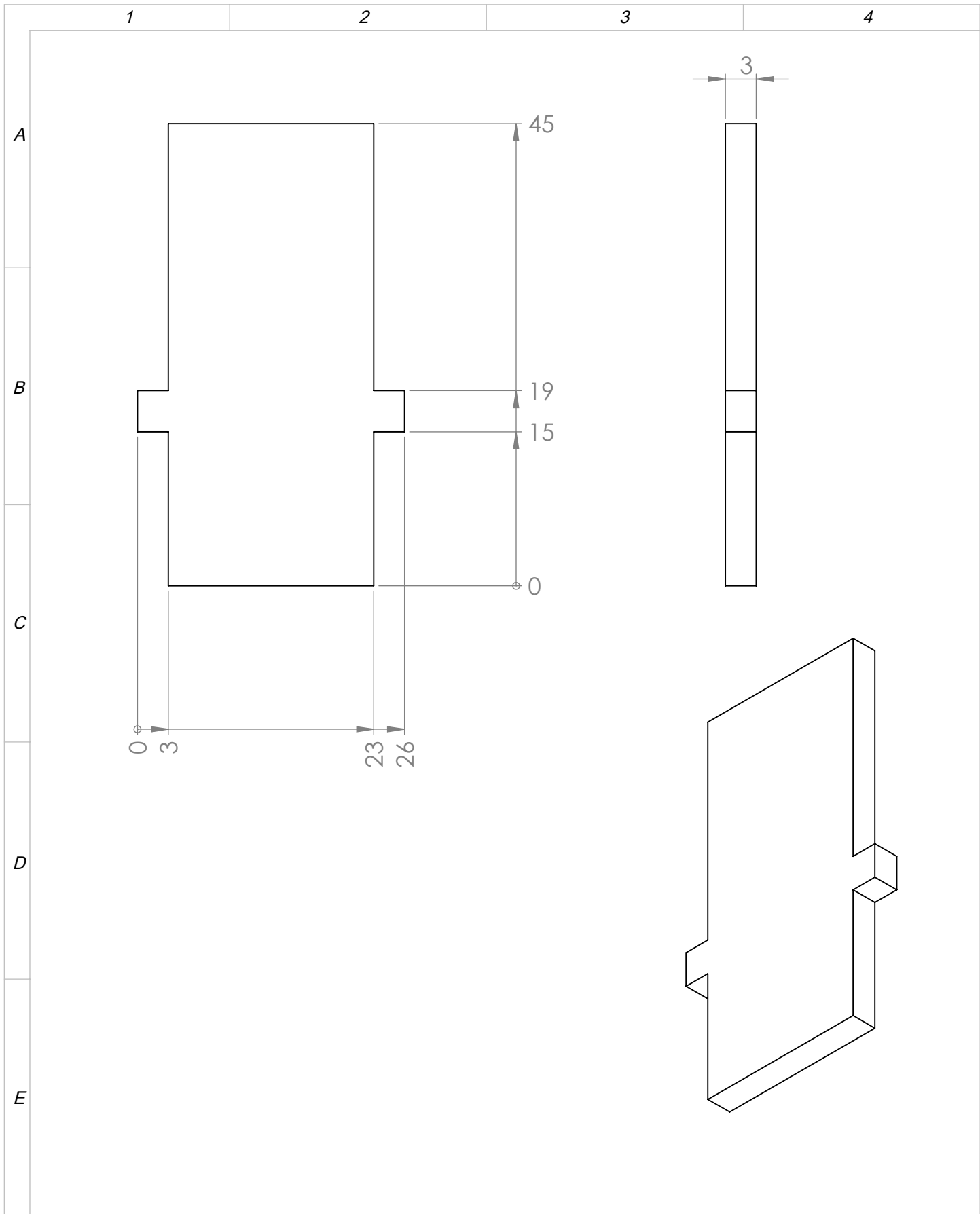
D

E

				TOLERANCIA:	PESO [Kg]:	MATERIAL:	
				± 0.1	0.00095	Acrílico	
					Fecha	Nombre	ESCALA:
				Dibujado	21/2/2019	Andrés Moreno	1:1
				Revisado	21/2/2019	Pablo Velarde	
				Aprobado	21/2/2019	Pablo Velarde	
				FIRMA / EMPRESA:		DIBUJO Nº:	HOJA:
						3	A4
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				



				TOLERANCIA:	PESO [Kg]:	MATERIAL:	
				± 0.1	0.0045	Acrílico	
					<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	ESCALA:
				Dibujado	21/2/2019	Andrés Moreno	1:1
				Revisado	21/2/2019	Pablo Velarde	
				Aprobado	21/2/2019	Pablo Velarde	
				FIRMA / EMPRESA:		DIBUJO Nº:	HOJA:
						4	A4
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				



				TOLERANCIA:	PESO [Kg]:	MATERIAL:	
				± 0.1	0.00333	Acrílico	
					<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	ESCALA:
				Dibujado	21/2/2019	Andrés Moreno	1:1
				Revisado	21/2/2019	Pablo Velarde	
				Aprobado	21/2/2019	Pablo Velarde	
				FIRMA / EMPRESA:		DIBUJO Nº:	HOJA:
						5	A4
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				

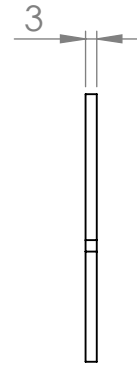
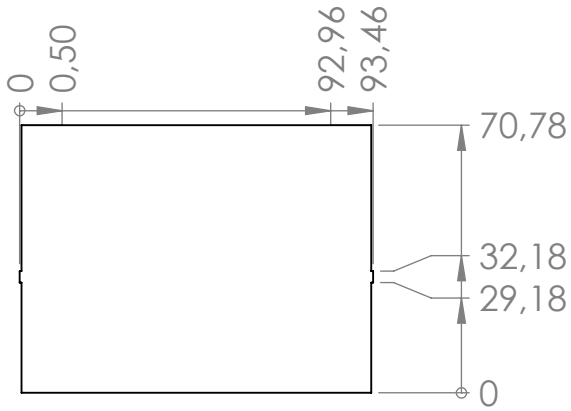
1

2

3

4

A

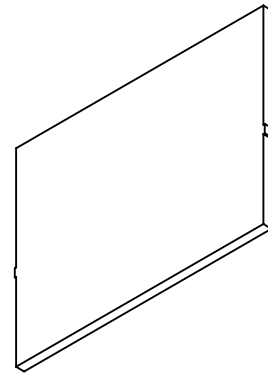


B

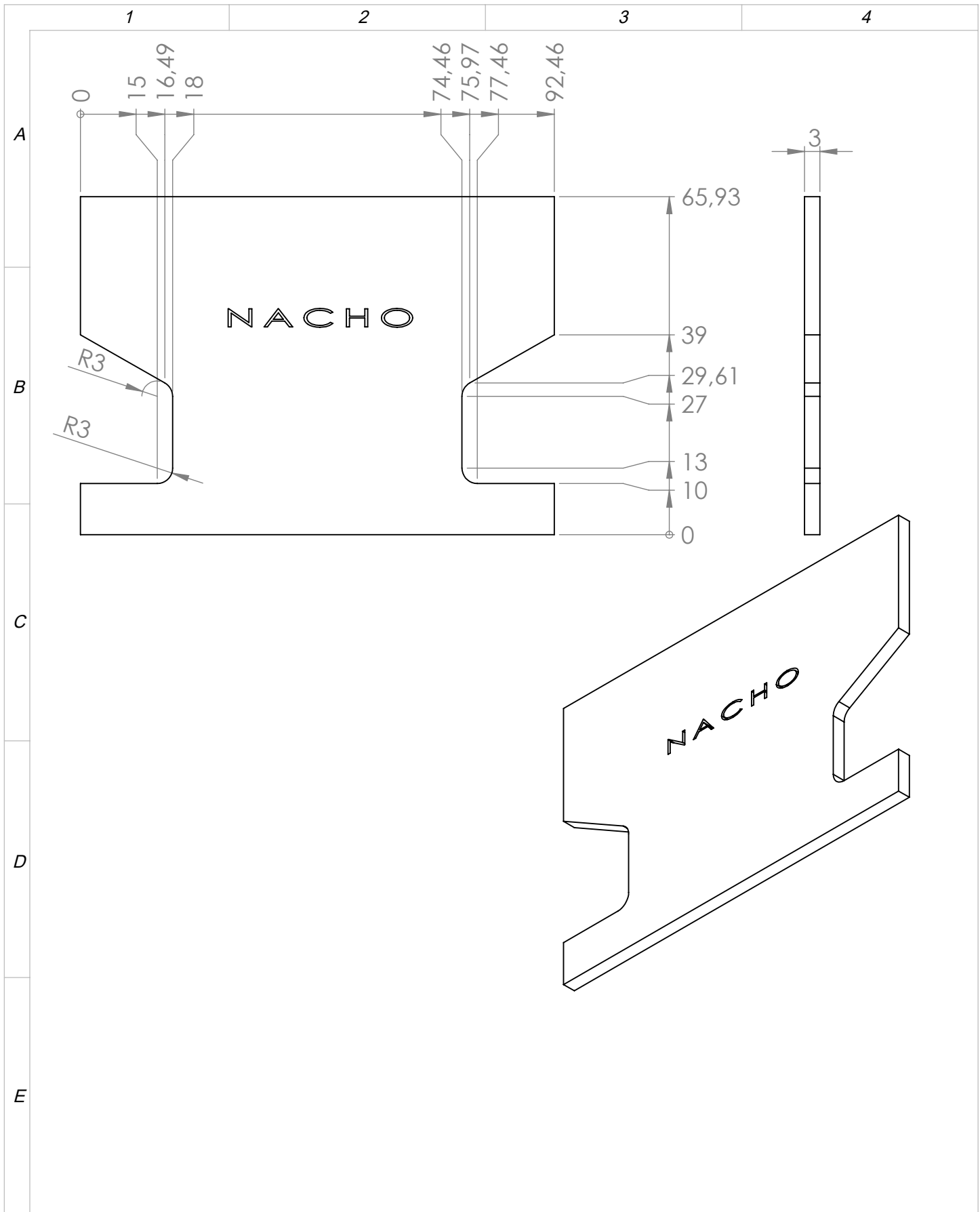
C

D

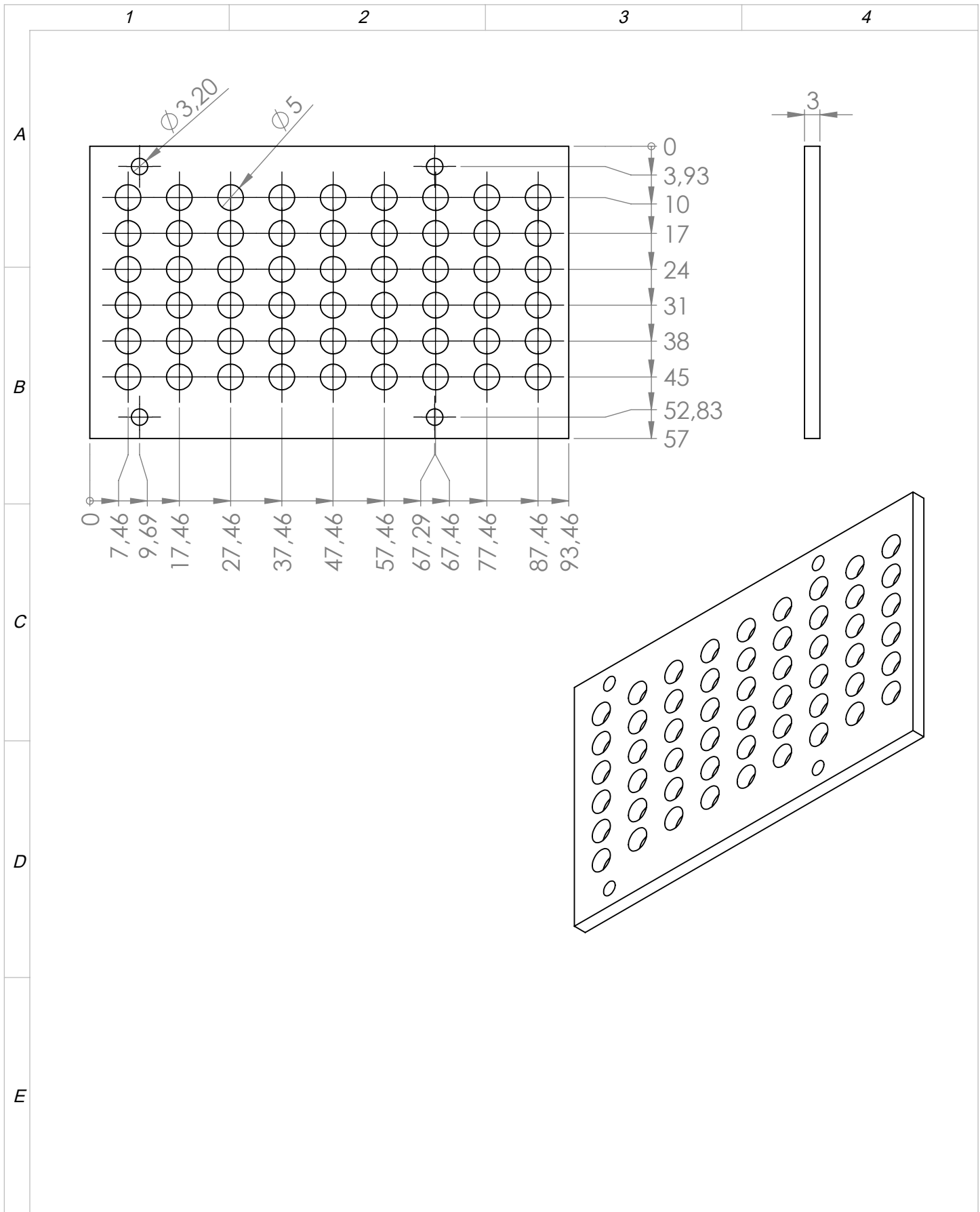
E



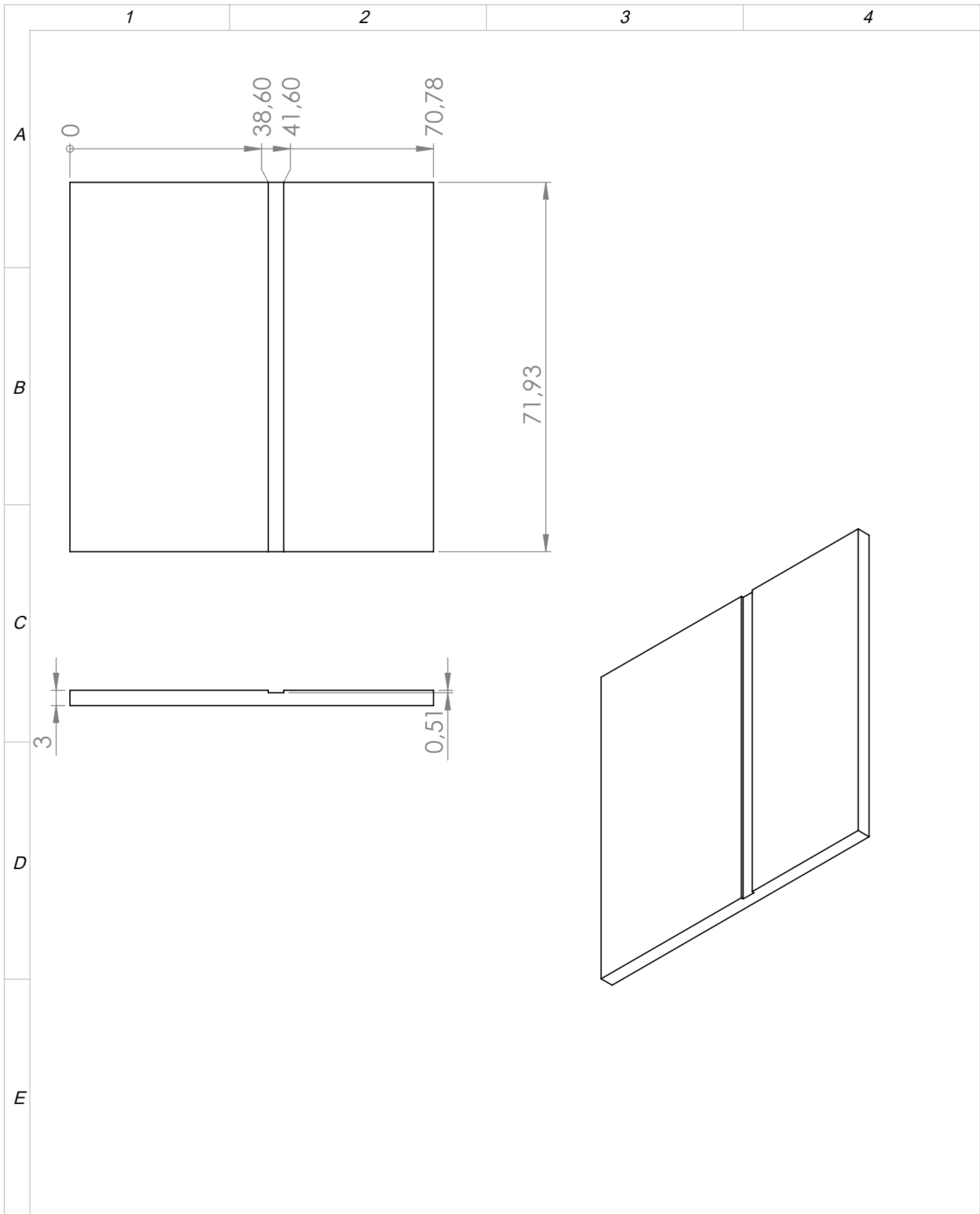
				TOLERANCIA:	PESO [Kg]:	MATERIAL:	
				± 0.1	0.02357	Acrílico	
					<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	ESCALA:
				Dibujado	21/2/2019	Andrés Moreno	1:1
				Revisado	21/2/2019	Pablo Velarde	
				Aprobado	21/2/2019	Pablo Velarde	
				FIRMA / EMPRESA:		DIBUJO Nº:	HOJA:
						6	A4
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				



				TOLERANCIA:	PESO [Kg]:	MATERIAL:	
				± 0.1	0.01877	Acrílico	
					Fecha	Nombre	Frontal
				Dibujado	21/2/2019	Andrés Moreno	
				Revisado	21/2/2019	Pablo Velarde	
				Aprobado	21/2/2019	Pablo Velarde	
				FIRMA / EMPRESA:		DIBUJO Nº:	ESCALA:
						7	1:1
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				
							A4



				TOLERANCIA:	PESO [Kg]:	MATERIAL:	
				± 0.1	0.01555	Acrílico	
					Fecha	Nombre	ESCALA:
				Dibujado	21/2/2019	Andrés Moreno	1:1
				Revisado	21/2/2019	Pablo Velarde	
				Aprobado	21/2/2019	Pablo Velarde	
				FIRMA / EMPRESA:		DIBUJO Nº:	HOJA:
						8	A4
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				



				TOLERANCIA:	PESO [Kg]:	MATERIAL:	
				± 0.1	0.0182	Acrílico	
					<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	
				<i>Dibujado</i>	21/2/2019	Andrés Moreno	ESCALA:
				<i>Revisado</i>	21/2/2019	Pablo Velarde	1:1
				<i>Aprobado</i>	21/2/2019	Pablo Velarde	
				FIRMA / EMPRESA:		DIBUJO Nº:	HOJA:
						9	A4
<i>Edición</i>	<i>Modificación</i>	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>				

1

2

3

4

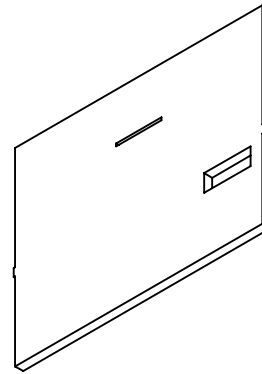
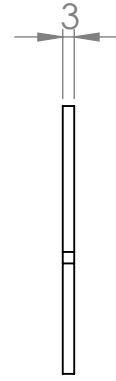
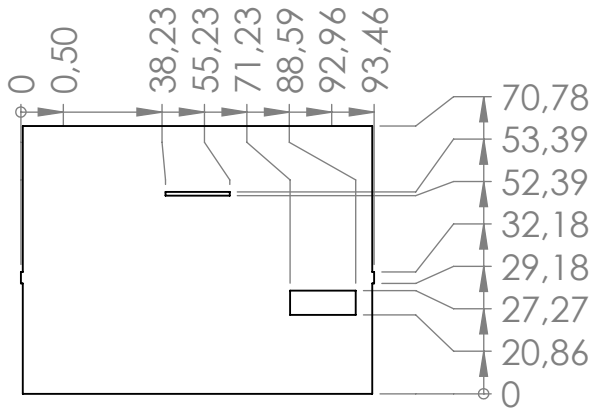
A

B

C

D

E



TOLERANCIA:

PESO [Kg]:

MATERIAL:

± 0.1

0.02311

Acrílico

Fecha

Nombre

Dibujado 21/2/2019 Andrés Moreno

Revisado 21/2/2019 Pablo Velarde

Aprobado 21/2/2019 Pablo Velarde

FIRMA / EMPRESA:



DIBUJO Nº:

10

ESCALA:

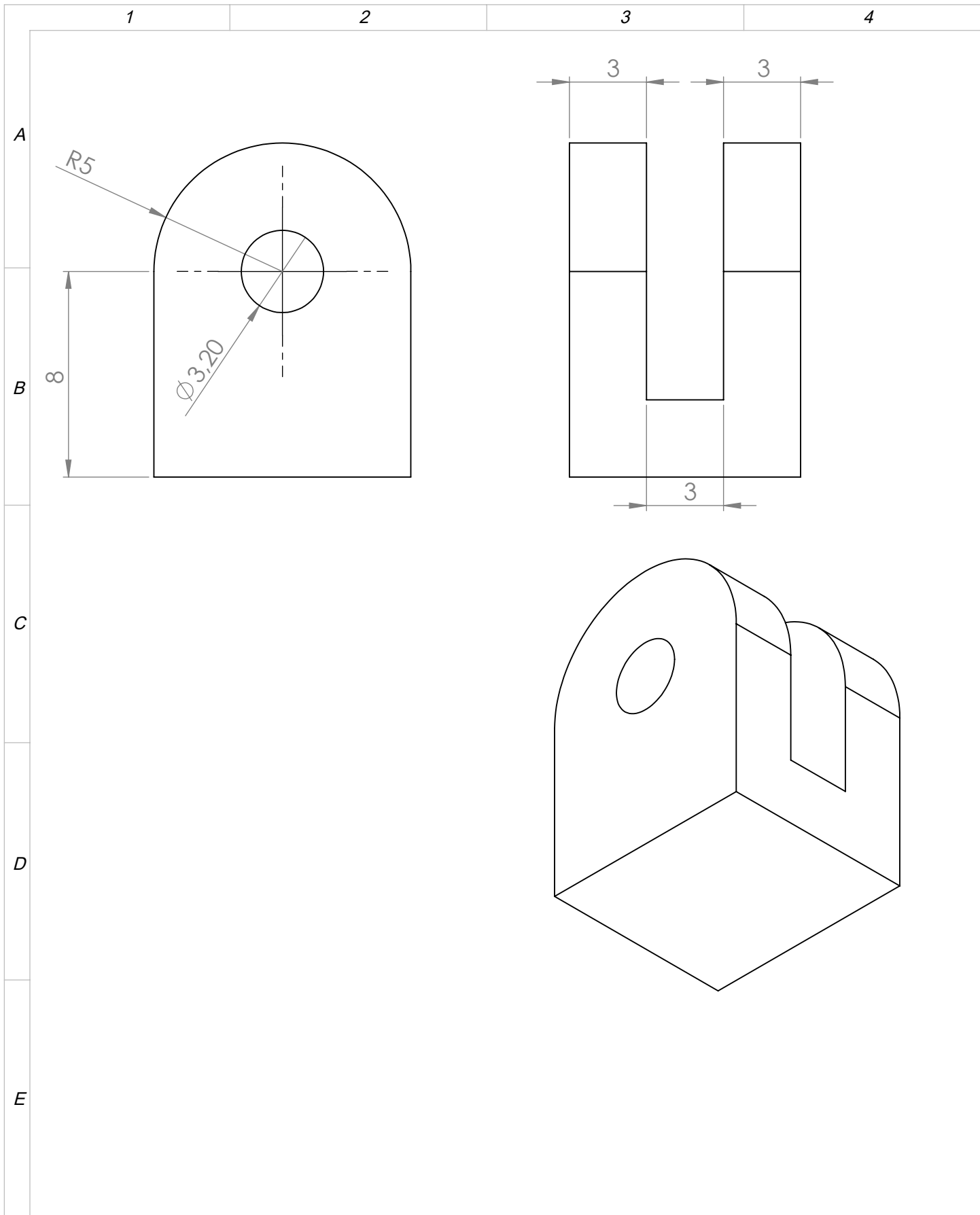
Superior

1:1

HOJA:

A4

Edición	Modificación	Fecha	Nombre



				TOLERANCIA:	PESO [Kg]:	MATERIAL:	
				± 0.1	0.00094	PLA	
					Fecha	Nombre	ESCALA:
				Dibujado	21/2/2019	Andrés Moreno	1:1
				Revisado	21/2/2019	Pablo Velarde	
				Aprobado	21/2/2019	Pablo Velarde	
				FIRMA / EMPRESA:		DIBUJO Nº:	HOJA:
						11	A4
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				

1

2

3

4

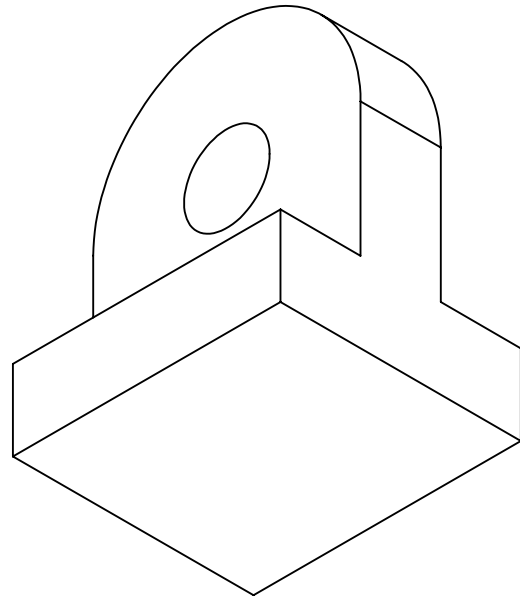
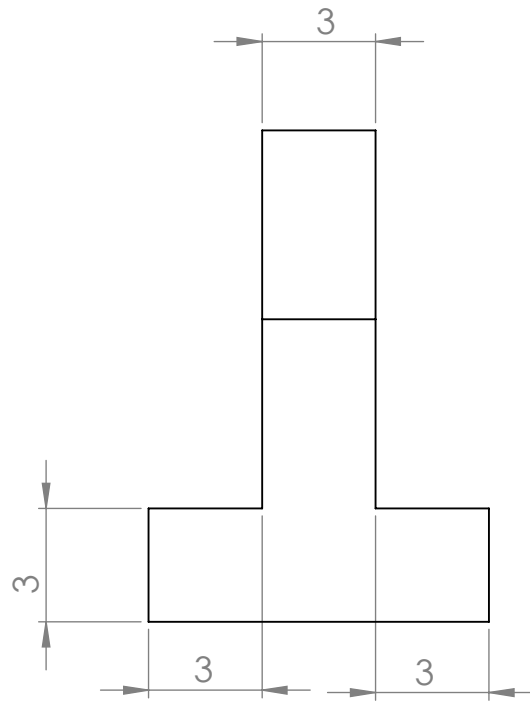
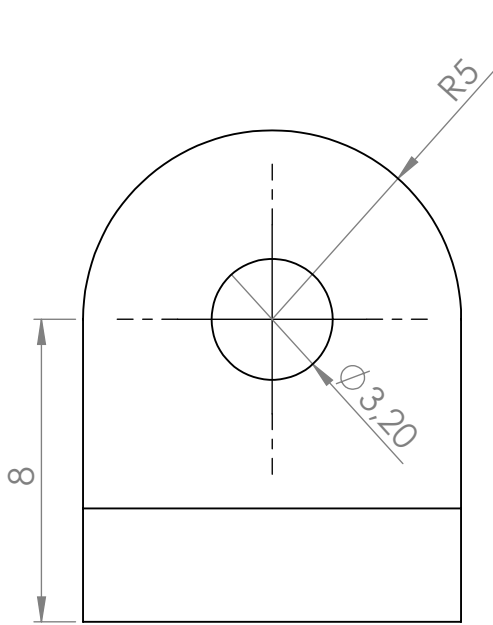
A


B

C

D

E



				TOLERANCIA:	PESO [Kg]:	MATERIAL:	
				± 0.1	0.00064	PLA	
					Fecha	Nombre	
				Dibujado	21/2/2019	Andrés Moreno	
				Revisado	21/2/2019	Pablo Velarde	
				Aprobado	21/2/2019	Pablo Velarde	
				FIRMA / EMPRESA:		DIBUJO Nº:	
						12	
							ESCALA:
							1:1
							HOJA:
							A4
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				

1

2

3

4

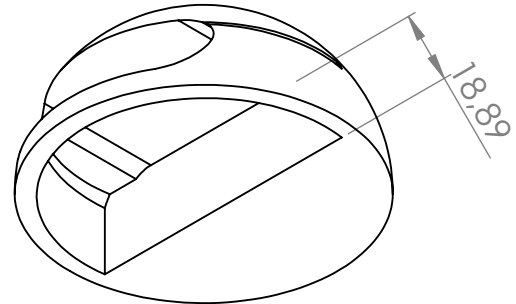
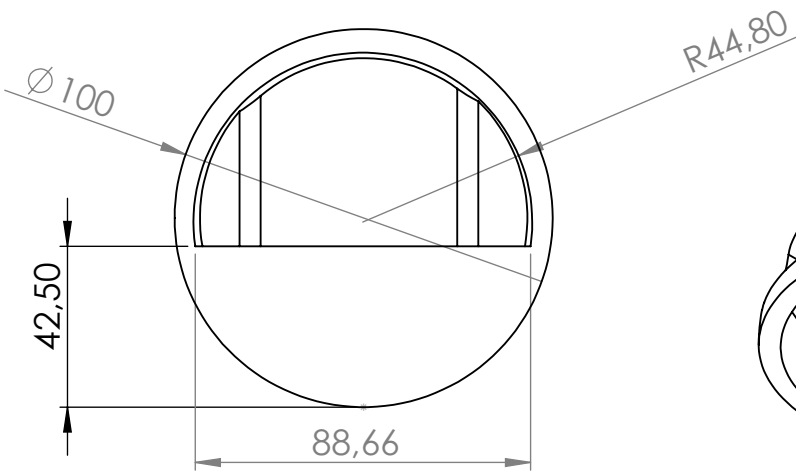
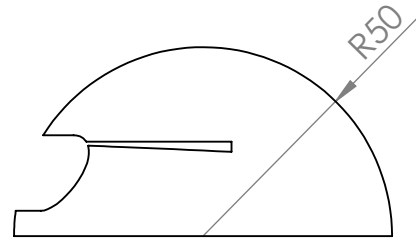
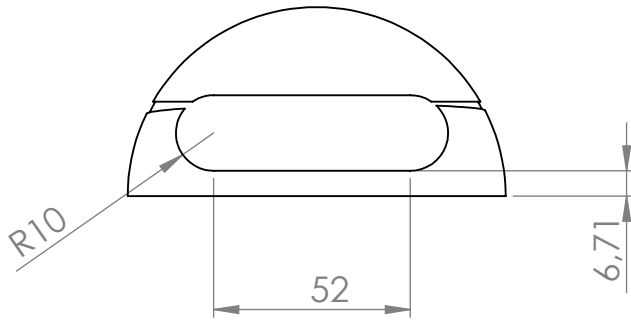
A

B

C

D

E



TOLERANCIA:

PESO [Kg]:

MATERIAL:

 ± 0.1

0.19866

PLA

Fecha

Nombre

Dibujado 21/2/2019

Andrés Moreno

Revisado 21/2/2019

Pablo Velarde

Aprobado 21/2/2019

Pablo Velarde

FIRMA / EMPRESA:



DIBUJO Nº:

13

ESCALA:

1:1

HOJA:

A4

Edición Modificación Fecha Nombre