

Diseño de un dispensador de medicamentos automático para adultos mayores por medio de aplicación de celular.

Andrés Felipe Flórez Jaimes y Andrés Felipe Díaz Pérez

Proyecto de Grado para Optar al Título de Ingeniero Mecánico

Director

Yennifer Yuliana Ríos Díaz

Doctorado en Ingeniería PhD

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Físico-Mecánicas

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ingeniería Mecánica

Bucaramanga

2025

Agradecimientos

Para la realización de este proyecto queríamos empezar agradeciendo a toda la gente que nos ayudó y colaboro para que este proyecto fuera posible empezando por nuestra directora La Dra. Yennifer Yuliana Ríos la cual acogió nuestras ideas y nos guio para poder lograr que este proyecto fuera posible, al laboratorio de diseño mecánico que nos ayudó mucho con la parte de manufactura del proyecto, a la escuela de ingeniería mecánica y a la propia universidad industrial de Santander por darnos la oportunidad de estudiar la carrera que queríamos.

Por parte de Andrés Felipe Diaz quiero agradecer a mis padres, sin su apoyo yo no podría estar acá escribiendo estas palabras, gracias por apoyarme a conseguir este importante logro en mi vida. También me gustaría agradecer a Diego Ávila el cual me enseñó que todo en esta vida tiene solución, José Suarez hacerme entender que en la vida nunca se está solo y Andrés Flórez que no solo fue mi compañero de tesis si no también con el que luche codo a codo durante toda la carrera de forma directa o indirectamente para que lográramos conseguir este logro, también a María Fernanda Camargo alias Naomi, mi mejor amiga la cual me sigue apoyando en todo. A todos ellos les deseo el mejor de las suertes y éxitos.

Por parte de Andrés Felipe Flórez Jaimes quiero agradecer primero a mis padres que me han dado el apoyo durante mi proceso formativo y durante mi vida, nada de esto se habría logrado sin su gran apoyo, durante mi carrera y mi vida en general, este logro es principalmente por ustedes, gracias a mis familiares y amigos de carrera por haberme acompañado y animado en estos 5 años de carrera los cuales tendré con mucho cariño en mi recuerdo y en mi corazón, como ultimo agradecimiento me gustaría mencionar a la señora de administración que a pesar de no disponer de un equipo para revisar el correo, se animó a realizar una llamada para informarme sobre la posibilidad de estudiar esta hermosa carrera.

Tabla de Contenido

Introducción	13
1 Objetivos	16
1.1 Objetivo General.....	16
1.2 Objetivos Específicos.....	16
2 Requerimientos y limitaciones.....	17
2.1 Requerimientos funcionales.....	17
2.2 Requerimientos de calidad.....	18
2.3 Restricciones	19
3 Metodología	20
3.1 Diseño conceptual del mecanismo de dispensación de medicamentos automático..	20
3.1.1 Parámetros para implementar en el dispensador de medicamentos.....	20
3.1.1.1 Matriz QFD.....	20
3.1.2 Selección de materiales de construcción.....	23
3.1.3 Definición y análisis del sistema mecánico de dispensación.....	24
3.1.3.1 Generación de alternativas	24
3.1.3.1.1 Mecanismo rueda reloj.....	25
3.1.3.1.2 Mecanismo de cajas	25
3.1.3.1.3 Mecanismo de 4 de circunferencia	26
3.1.3.1.4 Mecanismo de hélice doble.....	27
3.1.3.2 Selección de alternativas.....	28
3.1.4 Modelado y Cálculos del mecanismo	29
3.1.4.1 Cálculo de torque requerido y factor de seguridad del diámetro del eje	32

3.1.4.2	Modelado del mecanismo	40
3.2	Construcción del prototipo.....	45
3.2.1	Selección de componentes mecatrónicos.....	45
3.2.1.1	Servomotor SG 5010 modificado	45
3.2.1.2	Arduino uno	47
3.2.1.3	RTC DS 3231.....	48
3.2.1.4	Modulo Bluetooth HC-05	49
3.2.1.5	Pantalla LCD 1602 y modulo I2C	50
3.2.1.6	Led emisor Ir y fotodiodo	51
3.2.1.7	Modulo Buzzer pasivo	53
3.2.2	Construcción del dispensador	54
3.2.2.1	Verificación de las tolerancias.....	54
3.2.2.2	Impresión y armado del dispensador	55
3.2.2.3	Realización del circuito mecatrónico.....	56
3.2.2.4	Integración del apartado mecánico y electrónico.....	57
3.3	Programar el código del dispensador de medicamentos automático y de la aplicación móvil	58
3.3.1	Programación del código del sistema principal.	58
3.3.2	Programación de la aplicación móvil.....	60
3.3.2.1	Pantalla de inicio.....	60
3.3.2.2	Pantalla de conexión Bluetooth	61
3.3.2.3	Definir medicamentos.....	62
3.3.2.4	Actualizar horarios.....	63

3.3.2.5	Recarga de los medicamentos.....	65
3.3.2.6	Consultar horarios.....	66
3.3.2.7	Interfaz de usuario.....	68
3.4	Evaluar el desempeño del prototipo.....	69
3.4.1	Encuesta realizada al público objetivo.....	69
3.4.2	Ensayo del desempeño del dispositivo	70
3.4.2.1	Ensayo del desempeño mecánico.....	70
3.4.2.1.1	Recarga de los medicamentos en los dispensadores.	71
3.4.2.1.2	Dispensación de medicamentos	72
3.4.2.2	Funcionamiento de la aplicación.	74
3.4.2.2.1	Verificación de la conexión Bluetooth	74
3.4.2.2.2	Actualización de horarios dentro de la App.....	74
4	Resultados y discusión.....	76
5	Conclusiones.....	78
6	Recomendaciones	79
6.1	Recomendaciones de diseño	79
6.2	Recomendaciones sistema mecatrónico.....	79
6.3	Recomendaciones para la aplicación móvil.....	79
	Referencias Bibliográficas	81
	Apéndices.....	84

Lista de Tablas

Tabla 1. <i>Matriz QFD</i>	21
Tabla 2. <i>Selección de alternativa</i>	29
Tabla 3. <i>Horarios de dispensación de los medicamentos</i>	71
Tabla 4. <i>Matriz de confusión de la recarga del dispensador.</i>	76
Tabla 5 <i>Matriz de confusión sobre la dispensación de medicamentos</i>	77

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Pastillas en presentación redonda</i>	19
Figura 2 <i>Resultados encuesta sobre medicamentos consumidos por adultos de la tercera edad del área metropolitana de Santander</i>	22
Figura 3. <i>Rollos de filamento PLA para impresión 3D</i>	24
Figura 4. <i>Boceto mecanismo de reloj</i>	25
Figura 5. <i>Boceto mecanismo de cajas</i>	26
Figura 6. <i>Boceto de mecanismo de 4 circunferencias</i>	27
Figura 7. <i>Mecanismo de Hélice doble</i>	28
Figura 8. <i>Boceto base de pieza dosificadora</i>	29
Figura 9. <i>Impresión de prueba del boceto base</i>	30
Figura 10. <i>Diseño final de la pieza dosificadora del prototipo</i>	31
Figura 11. <i>Sistema de dispensación del prototipo</i>	31
Figura 12. <i>DCL eje principal del prototipo</i>	32
Figura 13. <i>DCL Dosificador superior</i>	35
Figura 14. <i>DLC dosificador inferior</i>	37
Figura 15. <i>Pieza detectora</i>	40
Figura 16. <i>Mecanismo pasador</i>	41
Figura 17. <i>Pasador con tope</i>	42
Figura 18. <i>Torres dispensadoras de medicamentos</i>	43
Figura 19. <i>Explosionado de bastidor principal de acrílico</i>	44
Figura 20. <i>Modelado prototipo</i>	44
Figura 21. <i>Funcionamiento en detalle del mecanismo de dispensación</i>	45

Figura 22. <i>Servomotor SG 5010 modificado</i>	46
Figura 23. <i>Arduino uno</i>	48
Figura 24. <i>modulo RTC DS3231</i>	49
Figura 25. <i>Modulo Bluetooth HC- 05</i>	50
Figura 26. <i>Pantalla LCD 1602 y modulo I2C</i>	51
Figura 27. <i>Led emisor Ir y fotodiodo</i>	52
Figura 28. <i>Modulo sensor infra rojo. Nota</i>	52
Figura 29. <i>Modulo Buzzer pasivo</i>	53
Figura 30. <i>Dispensadores, detector y eje impresos en 3D</i>	54
Figura 31. <i>Componentes y estructura de dispensación</i>	55
Figura 32. <i>Armado de la torre de dispensación</i>	56
Figura 33. <i>Circuito electrónico. Construido en Tinkecard</i>	57
Figura 34. <i>Accesorio tapa retenedora</i>	57
Figura 35. <i>Parte estructural de prototipo completada</i>	58
Figura 36. <i>Seudocódigo</i>	58
Figura 37. <i>Seudocódigo de la pantalla de inicio</i>	60
Figura 38. <i>Seudocódigo conexión del bluetooth</i>	62
Figura 39. <i>Seudocódigo pantalla de recarga</i>	63
Figura 40. <i>Seudocódigo pantalla actualización de horarios</i>	64
Figura 41. <i>Seudocódigo recarga de medicamentos</i>	66
Figura 42. <i>Seudocódigo Consultar horarios</i>	67
Figura 43. <i>Apartado gráfico</i>	69

Figura 44. *Resultado nivel de confianza que tiene las personas de la tercera edad con el proyecto*

..... 70

Lista de Apéndices

Apéndice A. Resultados encuesta medicamentos consumidos por personas de la tercera edad. .	84
Apéndice B . Cálculos del eje	85
Apéndice C, Librerías utilizadas en Arduino.....	88
Apéndice D. Resultados encuesta al público objetivo para conocer su opinión acerca del proyecto	90
Apéndice E Cálculos de precisión y exactitud en pruebas del prototipo.....	93
Apéndice F Códigos de programación.....	95
Apéndice G Planos en detalle del prototipo.....	108

Resumen

Título: Diseño de un dispensador de medicamentos automático para adultos mayores por medio de aplicación de celular. *

Autor (es): Andrés Felipe Flórez Jaimes, Andrés Felipe Díaz Pérez **

Palabras clave: dispensador, aplicación móvil, medicamentos encapsulados, dosificación

Descripción: Los adultos de la tercera edad que se encuentran en tratamiento médico no siempre lo siguen como lo indica el médico, muchas veces se les olvida tomarse su medicación y las personas que cuidan de ellos no siempre pueden estar las 24 horas del día para cerciorarse, afectando la efectividad del tratamiento por eso se desarrolló un dispensador de medicamentos automáticos que se configura por medio de aplicación móvil, el cual se diseñó y construyó un prototipo del apartado mecánico, mecatrónico y de la aplicación móvil. Obteniendo como resultado una precisión de 100% y una exactitud de 97% aproximadamente, en las pruebas realizadas al sistema mecánico. Para la validación del funcionamiento de la aplicación móvil se obtuvo un 100 % de precisión en las pruebas realizadas. Los resultados obtenidos muestran que el prototipo cumple con los objetivos planteado, esto se convierte en una idea útil y prometedora para sistemas con aplicaciones en las ciencias biomédicas.

* Trabajo de grado

** Facultad de ingeniería Físico Mecánica. Escuela de ingeniería mecánica. Ingeniería Mecánica. Directora:

Abstract

Title: Design of an automatic medication dispenser for older adults by means of a cell phone application.*

Author(s): Andrés Felipe Flórez Jaimes, Andrés Felipe Díaz Pérez **

Keywords: dispenser, mobile application, encapsulated drugs, dosing.

Description: Elderly adults who are under medical treatment do not always follow it as indicated by the doctor, many times they forget to take their medication and the people who take care of them cannot always be there 24 hours a day to make sure, affecting the effectiveness of the treatment, that is why an automatic medication dispenser was developed that is configured through a mobile application, which was designed and built a prototype of the mechanical, mechatronic and mobile application sections. The result was a precision of 100% and an accuracy of approximately 97% in the tests carried out on the mechanical system. For the validation of the operation of the mobile application, 100% accuracy was obtained in the tests performed. The results obtained show that the prototype meets the objectives set out, this becomes a useful and promising idea for systems with applications in biomedical sciences.

* Graduate Work

** School of Physical and Mechanical Engineering. School of Mechanical Engineering. Mechanical Engineering. Director: Yennifer Yuliana Ríos Diaz. PhD in Engineering

Introducción

Contextualizando el presente documento, en la población de adultos mayores, los cuales sufren de enfermedades crónicas, se presenta una problemática relacionada con la toma de los medicamentos según lo indicado en sus tratamientos, Por lo tanto, el proyecto busca mejorar su calidad de vida mediante un dispensador automático de pastillas por medio de una aplicación móvil. A lo largo del presente documento se desarrolla el diseño conceptual, la construcción, la programación y la evaluación del desempeño del prototipo.

Planteamiento del problema y justificación

En Colombia, cerca del 13,9% de la población tiene 60 años o más, lo que corresponde aproximadamente a 7.107.914 personas, según las proyecciones realizadas en el 2021 por el DANE. Teniendo en cuenta que la mayoría de la población mayor sufre de enfermedades crónicas, llegando a representar el 45,5% de esta población (DANE, 2021). Considerando que la mayoría de estas afecciones requieren medicamentos en forma de comprimidos para tratar los síntomas y afecciones, es de vital importancia ingerirlos en la cantidad y en el momento determinado por el médico tratante. Una mala medicación podría generar un tratamiento inadecuado o una sobredosis que resulte fatal, (MINSALUD, n.d.)

La mayoría de esta población vive sola o está al cuidado de un familiar (Antoun et al., 2018) por lo que este último será en la mayoría de las ocasiones el encargado de recordarle y suministrarle el medicamento. Sin embargo, no en todos los círculos familiares es posible tener a alguien al tanto de esta tarea. En estas ocasiones, es el adulto mayor quien asume esta responsabilidad. Sin embargo, suelen olvidar tomar los medicamentos en el momento apropiado, especialmente cuando deben tomar varias dosis en el mismo día (Jabeena & Kumar, 2018).

De seguir así, una gran cantidad de tratamientos médicos no se llevarán a cabo de manera efectiva debido a la incorrecta toma de los medicamentos recetados. Además, esto aumentará el riesgo de empeorar la salud del paciente, debido a la incorrecta medicación. Por esta razón se propone el diseño de un dispensador de medicamentos automático, reprogramable mediante una aplicación móvil, que permita al usuario recordar y tomar sus pastillas a tiempo.

Trabajos relacionados

Cuando se habla específicamente de errores de medicación, se hace alusión a incidentes evitables y que pueden ocasionar daño al paciente o resultar en un tratamiento inadecuado, ya sea por la mala administración de un profesional de la salud o por un paciente (GIMÉNEZ CASTELLANOS & HERRERA CARRANZA, 2004). En base a esto, en los últimos años se han realizado proyectos que intentan evitar dichos errores mediante la implementación de dispensadores de medicamentos automatizados para diversas labores específicas. Un dispensador automático, según lo expresa Luis Sánchez Noriega (Noriega, 2015), hace referencia a un sistema mecatrónico capaz de dosificar un recurso de manera precisa en momentos determinados a través de un periodo de tiempo establecido sin intervención externa. Para ser eficiente, este sistema debe contar con características como una interfaz visual amigable para el usuario, una entrada y salida única de los recursos, capacidad para dosificar recursos de diferentes tamaños, entre otras, así como la capacidad de modificar dinámicamente los tiempos de dosificación, principalmente enfocándose en la administración de medicamentos comprimidos, que según la Real Academia Española (RAE, 2025), hace referencia a una pastilla pequeña obtenida por la compresión de ingredientes previamente reducidos a polvo. Al realizar una búsqueda en la base de datos de Scopus, se encontró la siguiente información relevante. En primer lugar, se observa un aumento en proyectos relacionados con la dispensación automática de medicamentos en el periodo posterior

a 2020 hasta la actualidad. Estos proyectos abordan diversas problemáticas, como las largas filas en las farmacias. Por ejemplo, se ha implementado un dispensador automático de medicamentos o suplementos vitamínicos de venta libre, controlado mediante el microcontrolador Arduino Mega (Aung et al., 2023), el cual representa una plataforma de código abierto tanto en hardware como en software, diseñada para facilitar su uso en proyectos electrónicos. Otra problemática que se aborda hace referencia a las personas mayores o con discapacidad visual. Algunos proyectos han empleado sistemas de seguridad basados en huellas digitales, junto con alertas al médico o farmacéutico sobre dosis inadecuadas de medicamentos, así como notificaciones cuando el peso de los medicamentos cae por debajo de un umbral establecido, mediante un sistema integrado de mensajería (Sivakumar et al., 2023). Otros proyectos han optado por implementar sistemas basados en el Internet de las Cosas (IoT) para el intercambio de información a través de Internet, Bluetooth u otros medios (Anand et al., 2021; Praveen et al., 2023) además de desarrollar aplicaciones que brindan avisos sobre la toma de medicamentos, registran las medicaciones realizadas por el paciente para su consulta médica, entre otras funcionalidades (Deepan et al., 2023)

1 Objetivos

1.1 Objetivo General

Diseñar un dispensador de medicamentos automático, configurable mediante una aplicación móvil, para adultos mayores que viven solos y requieren una gestión eficiente de múltiples medicamentos a lo largo del día.

1.2 Objetivos Específicos

- Elaborar el mecanismo del dispensador de medicamentos para la población de adultos mayores del área metropolitana de Santander.
- Construir el prototipo del dispensador automático en impresión 3D, considerando aspectos ergonómicos y de usabilidad para la población de adultos mayores.
- Programar el código del dispensador de medicamentos automático y de la aplicación móvil, para el correcto funcionamiento de la parte mecánica y electrónica.
- Evaluar el desempeño del prototipo de dispensador de medicamentos en base a los resultados esperados.

El presente documento está dividido en capítulos: El capítulo 1, corresponde a todo lo relacionado con la introducción y los objetivos del proyecto. El capítulo 2, presenta todos los requerimientos del proyecto. El capítulo 3 explica en detalle toda la metodología realizada para lograr cumplir los objetivos. En el capítulo 4 se muestran los resultados obtenidos. Finalmente, el capítulo 5 presenta las conclusiones del proyecto. El capítulo 6 corresponde a recomendaciones para un desarrollo a futuro. Los capítulos 7 y 8 presentan la bibliografía y apéndices respectivamente.

2 Requerimientos y limitaciones

2.1 Requerimientos funcionales

- El dispositivo debe trabajar con pastillas que cumplan con ciertas características de ancho y de largo. Por lo tanto, para este proyecto se dispondrá de dos medicamentos diferentes expuestos en la sección 3.1.1.1.
- Los empaques de los medicamentos deben ser rebordeados conservando el recubrimiento protector antes de ser ingresados en el sistema de almacenamiento, con el propósito de evitar que los medicamentos se contaminen, permitiendo así aumentar el tiempo de almacenamiento.
- Cada espacio de almacenaje del prototipo le corresponde una única pastilla.
- El sistema electrónico deberá permitir la configuración de las cantidades de medicamentos y los horarios requeridos para el suministro, mediante el uso de la aplicación móvil.

- El dispositivo debe entregar las dosis de medicamentos en los horarios establecidos por el paciente, dentro de la aplicación móvil y alertarlo de manera visual y sonora de que es la hora de ingerirlos.
- El dispositivo debe contar con una pantalla LCD que permita al usuario conocer la hora y la fecha exacta cuando este deba ingerir sus medicamentos.
- El dispositivo deberá estar conectado al sistema eléctrico para poder realizar su correcto funcionamiento.
- El equipo debe contar con un RTC con el fin de garantizar que cualquier corte de energía eléctrica no desconfigure el tiempo en base a la zona horaria donde se encuentre.
- El sistema debe adecuarse a cualquier huso horario de manera eficiente para garantizar que pueda ser usado en cualquier parte del mundo.

2.2 Requerimientos de calidad

- La aplicación móvil debe ser fácil de usar, con un diseño claro y accesible para usuarios de todas las edades.
- El dispensador debe ser asequible de configurar con la aplicación móvil.
- Debe ser capaz de almacenar configuración de los horarios de al menos 30 días de horarios de medicamentos.
- Debe contar con un margen de error en la dispensación entre el 5% a 10% debido a que es un prototipo.
- El tamaño del dispensador es compacto, sencillo de usar y ubicar.

2.3 Restricciones

- Las pastillas solo podrán ser sólidas, el uso de pastillas en gel no se encuentra contemplado dentro del funcionamiento del dispositivo.
- Se requiere de un dispositivo móvil que disponga de bluetooth; y que compatible con la aplicación para la programación de los horarios.
- El almacenamiento correcto dependerá única y exclusivamente por el usuario, cualquier atasco del producto a causa de un mal almacenamiento no será error del equipo.
- La alarma auditiva no puede sonar por más de dos (2) minutos debido al sobrecalentamiento y riesgo de falla que este tiene.
- Debido a limitaciones económicas la construcción del prototipo se limitó a dos tipos de medicamentos.
- Los medicamentos para usar en el dispensador deben ser únicamente de presentación redonda como se muestra en la figura 1.

Figura 1

Pastillas en presentación redonda



3 Metodología

3.1 Diseño conceptual del mecanismo de dispensación de medicamentos automático

3.1.1 *Parámetros para implementar en el dispensador de medicamentos.*

Para determinar los parámetros primero hay que tener en cuenta el objetivo por el cual se realiza el proyecto, el cual es diseñar un dispensador automático para ayudar a gestionar múltiples medicamentos a adultos mayores de edad que viven solos, además de tener en cuenta las limitaciones que se impusieron para este, por lo cual los parámetros a plantear son los siguientes:
























- Número de medicamentos a dispensar.
- Numero de dosis por medicamento.
- Configuración de horarios.
- Precisión y exactitud en la dispensación.
- Capacidad de recarga.

3.1.1.1 Matriz QFD

En la matriz QFD se relaciona los parámetros requeridos que se mencionan en el apartado 3.1.1 con las características de diseño o subsistemas del prototipo. Con esto, se asigna un valor de importancia relativa del 1 al 5 a cada característica del prototipo. Un valor de 1 indica que la característica es menos importante, mientras que un valor de 5 indica que es más importante. Además, se asignó que tipo de relación tiene cada característica con cada parámetro por medio de 3 figuras, un círculo naranja representando una relación débil, un cuadrado amarillo representando una relación media y un círculo verde representando una relación fuerte, con esto en cuenta se desarrolló la matriz mostrada en la tabla 1.

Tabla 1.

Matriz QFD

		Características de diseño				
		Sistema de recarga	Sistema de dispensación	Cantidad de dosis	Sistema de control de horarios	Sistema de conectividad
	Relacion débil					
	Relacion media					
	Relacion fuerte					
	IMPORTANCIA RELATIVA					
Parametros requeridos						
Manejo de multiples tipos de medicamentos	4					
Capacidad de configuracion de horarios de dispensacion	5					
Precision y exactitud en la dispensacion	5					
Cantidad de dosis por tipo de medicamento	4					
Capacidad de recarga de medicamentos	4					

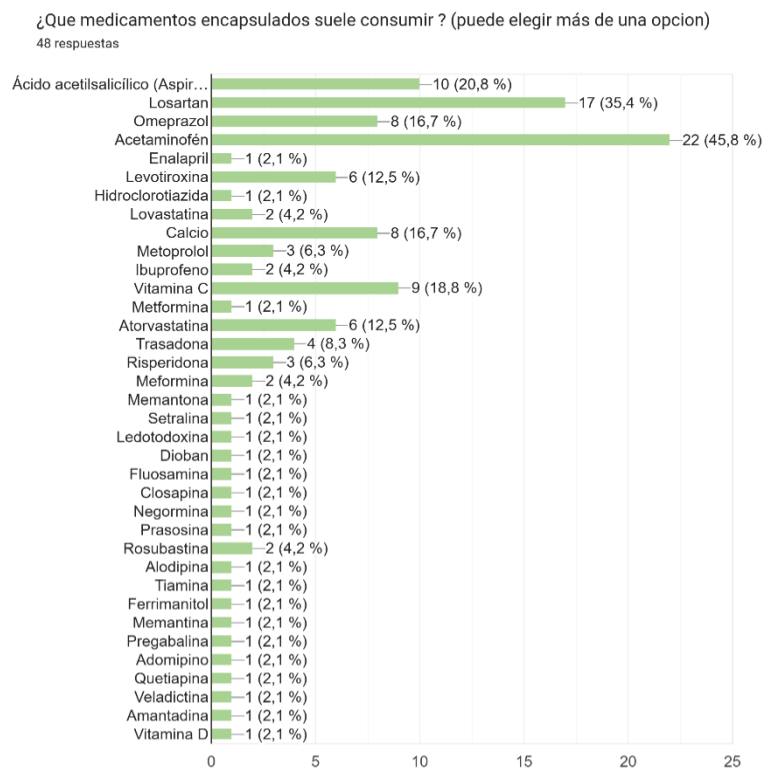
Al analizar la matriz se puede observar que la capacidad de configuración del horario y la precisión y exactitud en la dispensación son las más importantes, convirtiéndolos en los requerimientos principales del prototipo, por lo que las características del diseño como sistema de control de horarios, el sistema de dispensación y el sistema de conectividad deben ser lo más eficientes posibles para lograr una correcta dispensación en el horario que requiera el usuario final.

Para la parte de manejo de múltiples medicamentos mencionado en el apartado 3.1.1, primero hay que saber qué medicamentos debe ser capaz de dispensar el prototipo, se realizó una encuesta a 48 personas las cuales son gente de la tercera edad, a la cual se le preguntó cuáles eran los medicamentos que más suelen tomar en su día a día dando como resultado que el 45,8% toman

acetaminofén, el 34,4% toman el medicamento conocido como Losartán y el 3 medicamento es la aspirina con un 20,8% así como se ve en la figura 2.

Figura 2

Resultados encuesta sobre medicamentos consumidos por adultos de la tercera edad del área metropolitana de Santander



Con base en los resultados mencionados previamente, se tomó la decisión de diseñar el dispensador para que pueda suministrar los dos medicamentos requeridos, utilizando sus

presentaciones genéricas. En cuanto al número total de dosis que puede manejar el prototipo, se optó por una capacidad de 20 dosis por medicamento, con el objetivo de cubrir un período de tiempo considerable antes de que el usuario necesite realizar una recarga al dispositivo.

Para la precisión y exactitud, dependen principalmente del sistema de dosificación y del sistema de configuración de horario, el cual precisa de la aplicación móvil y del correcto funcionamiento de los componentes electrónicos usados en el diseño, lo cual se comprobó a través de pruebas de uso.

Para la capacidad de recarga dependerá del mecanismo de dosificación y de la aplicación móvil para poder generar un sistema óptimo y fácil de usar para el usuario y, por último, para la configuración de los horarios de dispensación, se desarrolló una aplicación que permite al usuario establecer los horarios, en los que desea que le sea suministrado el medicamento.

3.1.2 Selección de materiales de construcción

Debido a que los medicamentos no deben tener contacto directo con el dispensador como se menciona en los requerimientos se optó por materiales de construcción más prácticos como el PLA (ácido poli láctico) o para el caso del proyecto PLA+ (Una versión con mejores propiedades mecánicas), el cual se emplea en el campo de la impresión 3D en forma de rodillos de filamentos como se muestra en la figura 3.

Figura 3.

Rollos de filamento PLA para impresión 3D



Nota. Tomado de: <https://auros.com.co/guia-completa-filamento-pla-la-impresion-3d/>

Se planteó utilizar el PLA en las piezas con geometrías más complejas por medio de la impresión 3D debido a su capacidad de fabricación para este tipo de piezas también por su precio más accesible en el mercado. Por otro lado, para el prototipo se realizó la impresión general del sistema mecánico, pero para el bastidor que soporta la parte en PLA y la electrónica del prototipo se decidió recurrir a materiales más económicos como el acrílico o también llamado polimetilmetacrilato, este material es resistente, bastante sólido, pero sobre todo económico para la construcción del prototipo.

3.1.3 Definición y análisis del sistema mecánico de dispensación

3.1.3.1 Generación de alternativas

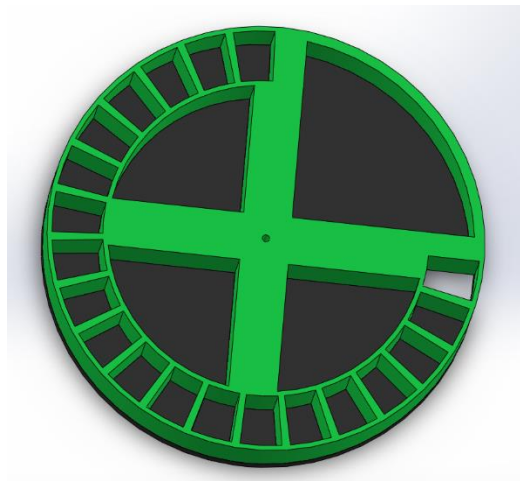
Para definir el corazón del dispensador, el encargado de dosificar los medicamentos suministrados por el usuario, primero se realizó una lluvia de ideas con varios mecanismos que pueden llegar a cumplir con los requerimientos, los cuales son los siguientes:

3.1.3.1.1 Mecanismo rueda reloj

El primer mecanismo toma como inspiración el movimiento de un reloj como se muestra en la figura 4 el cual va girando de forma radial sección a sección cayendo los medicamentos para su consumo según los horarios que requiere el usuario, no obstante, ocupa demasiado espacio en relación con el tamaño que dedica por dosis y por esto resultaría algo complicado realizar una recarga fácil y cómoda de medicamentos.

Figura 4.

Boceto mecanismo de reloj



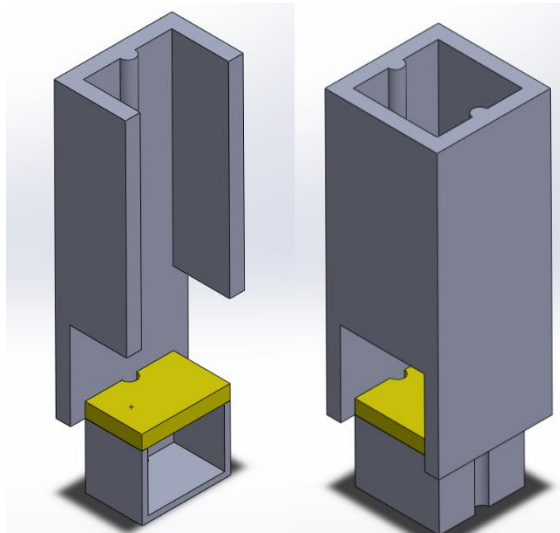
3.1.3.1.2 Mecanismo de cajas

El segundo mecanismo que se pensó fue un mecanismo de cajas como se muestra en la figura 5, en la cual cada caja lleva el medicamento colocado por el usuario la cual sería movida por un actuador el cual entrega la caja con la dosis pertinente, sin embargo, ya que los

medicamentos no se deben mezclar en cada caja resulta muy poco práctico a nivel de número de dosis, ya que por cada dosis se requeriría una caja, también, al contar con tantas piezas como lo son las propias cajas, con el tiempo se podrían llegar a perder, afectando el número de dosis a dosificar y resultaría tedioso el recargar caja por caja.

Figura 5.

Boceto mecanismo de cajas

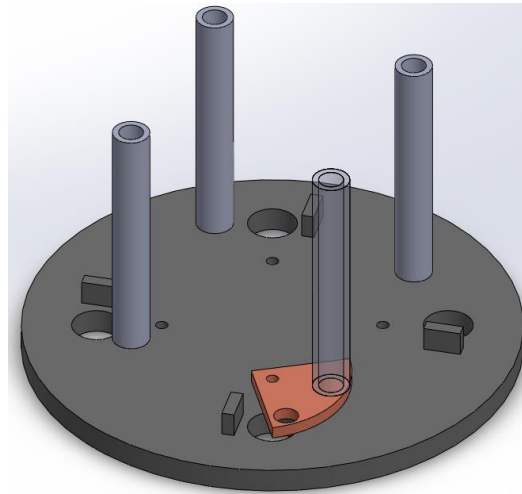


3.1.3.1.3 Mecanismo de 4 de circunferencia

El mecanismo consiste en tubos como se muestra en la figura 6, donde se coloca el medicamento, el cual caerá hasta el compartimiento de la media luna siguiente, a ello gira para dejar caer la dosis al usuario, sin embargo, presenta una limitante en el espacio ya que la capacidad para cada medicamento depende de la altura del tubo de almacenamiento haciendo que no sea tan eficiente su relación tamaño-dosis y por consiguiente afecte su capacidad de medicamentos.

Figura 6.

Boceto de mecanismo de 4 circunferencias

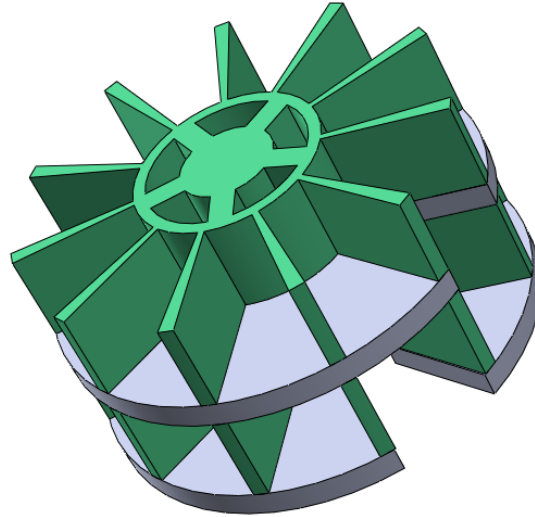


3.1.3.1.4 Mecanismo de hélice doble

El mecanismo consiste en dos hélices unidas por un mismo eje, como se muestra en la figura 7, las cuales giran permitiendo que los encapsulados caigan a través de orificios desfasados. Este desfase garantiza que las cápsulas ubicadas en la hélice superior caigan en la hélice inferior, lo que aumenta la capacidad de almacenamiento de dosis por medio de distintos niveles, sin embargo, puede presentar atascos si los niveles no se encuentran bien alineados.

Figura 7.

Mecanismo de Hélice doble



3.1.3.2 Selección de alternativas

Para la selección de alternativa se tendrán en cuenta las cuatro alternativas descritas anteriormente mediante bocetos realizados en software CAD teniendo en cuenta sus pros y contras. Cada boceto debe ser capaz de cumplir con las características, como se describe en la matriz QFD, son las características de diseño más relevantes para el diseño del dispensador, Los criterios de selección son capacidad de dosis, relación tamaño dosis, facilidad de recarga y mantenibilidad en el tiempo.

Teniendo en cuenta esto se valoraron cada criterio de 1 a 5 donde 1 es lo más bajo y 5 lo más alto.

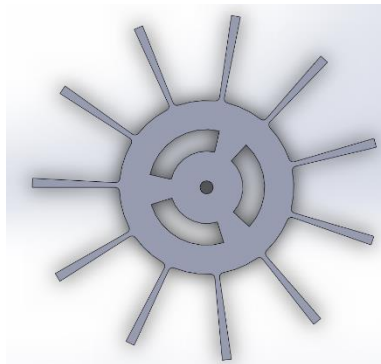
Tabla 2.*Selección de alternativa*

Alternativa	Capacidad de dosis	Relación tamaño dosis	Facilidad de recarga	Mantenibilidad en el tiempo	Total
Mecanismo rueda reloj	4	2	3	4	13
Mecanismo de caja	2	4	3	1	10
Mecanismo de 4 circunferencias	3	3	4	4	14
Mecanismo de hélice doble	5	4	4	4	17

Con lo mostrado en la tabla 2 se decide realiza la alternativa de mecanismo de hélice doble.

3.1.4 Modelado y Cálculos del mecanismo

Conociendo la alternativa a desarrollar primero se realizaron algunos diseños basados en el bocetó de la alternativa como se muestra en la Figura 8.

Figura 8.*Boceto base de pieza dosificadora*

Este modelo inicial planteado cuenta con once espacios, de los cuales tiene capacidad para diez pastillas, ya que uno de los espacios está destinado a que los encapsulados caigan por efecto

de la gravedad. Después de este diseño inicial, se realizó una impresión 3D como se muestra en la figura 9. Para observar ya en físico posibles inconvenientes que pudiera tener este para lograr corregir y mejorar el diseño.

Figura 9.

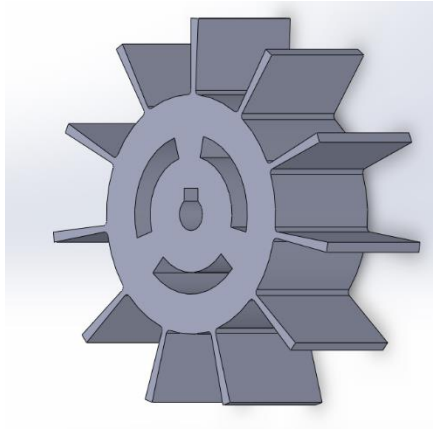
Impresión de prueba del boceto base



Posteriormente se planteó un aumento en el diámetro del agujero que conecta con el eje central en consecuencia del poco tamaño que disponía el diseño inicial, se realizaron ajustes para lograr un diseño más efectivo para la dispensación, como se muestra en la figura 10 el modelo final de mecanismo.

Figura 10.

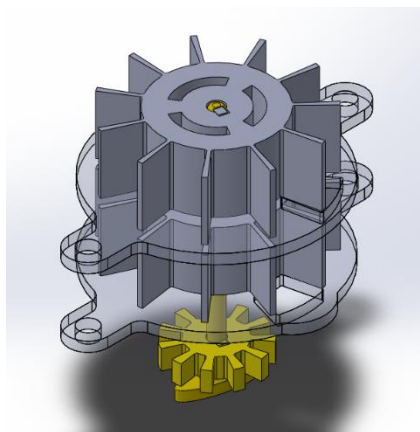
Diseño final de la pieza dosificadora del prototipo



Con esto se realizó el diseño preliminar del sistema de dispensación como se muestra en la figura 11.

Figura 11.

Sistema de dispensación del prototipo



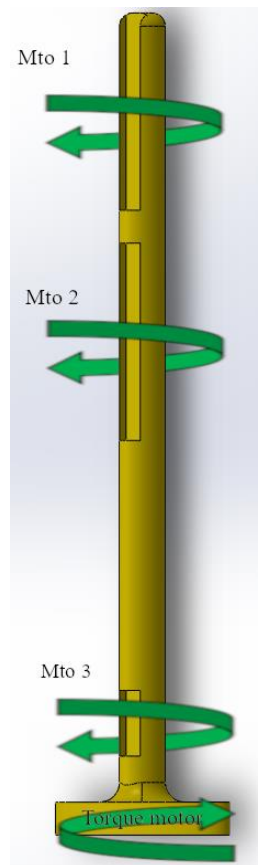
Antes de proceder se debe realizar los cálculos del torque requerido para lograr girar todo el sistema y determinar el diámetro del eje principal.

3.1.4.1 Cálculo de torque requerido y factor de seguridad del diámetro del eje

Para poder calcular el torque mínimo requerido para lograr que el dosificador funcione correctamente primero se realizó el diagrama de cuerpo libre al eje como se muestra en la figura 12.

Figura 12.

DCL eje principal del prototipo



Antes de realizar la sumatoria de momentos, primero hay que explicar de donde viene cada uno de los momentos mostrados en la figura 12, primero el momento uno o (M_{to1}) que es básicamente la resultante de la suma del momento generado por la inercia del dosificador superior y el momento generado por la fricción que tiene este con la plataforma que lo soporta de la siguiente manera:

$$M_{to1} = M_i + M_f [Kgf \cdot cm] \quad (1)$$

Donde:

M_i es el momento generado por la inercia rotacional del dosificador.

M_f es el momento generado por el rozamiento con la superficie en contacto

Ahora para M_i se utiliza la ecuación de la segunda ley de Newton para rotación:

$$M_i = I \cdot \alpha [Kgf \cdot cm] \quad (2)$$

Donde:

I es el momento de inercia en el eje de rotación.

α es la aceleración angular que sufre el sistema cuando arranca.

Para I el software CAD SolidWorks proporciona el momento de inercia el cual corresponde a $0,3940 \text{ Kg} \cdot \text{cm}^2$, mientras que la aceleración angular se obtiene con la siguiente ecuación:

$$\alpha = \frac{\omega_1 - \omega_0}{t_1 - t_0} \left[\frac{\text{Rad}}{\text{s}^2} \right] \quad (3)$$

En este caso la velocidad angular del motor es de $1,1424 \text{ rad/s}$ el cual por mediciones realizadas en las pruebas con el servomotor logra estabilizarse en $5,5$ segundos, teniendo en cuenta que comienza del reposo ω_0 y t_0 son igual a 0 por lo que la aceleración angular evaluando en la ecuación (3) queda de la siguiente manera:

$$\alpha = \frac{\omega_1 - \omega_0}{t_1 - t_0} = \frac{1,1424 - 0}{5,5 - 0} = 0,2077 \left[\frac{Rad}{s^2} \right]$$

Contando con I y α se evalúa en (2) y obtiene M_i :

$$M_i = I \cdot \alpha = 0,3940 \cdot 0,2077 = 0,0818 [Kgf \cdot cm]$$

Ahora para calcular M_f se utilizará la siguiente ecuación:

$$M_f = F_f \cdot r_{dosificador} [Kgf \cdot cm] \quad (4)$$

Donde:

F_f es la fuerza de rozamiento.

R dosificador es el radio del dosificador.

Para calcular F_f o la fuerza de rozamiento se utilizó la siguiente ecuación:

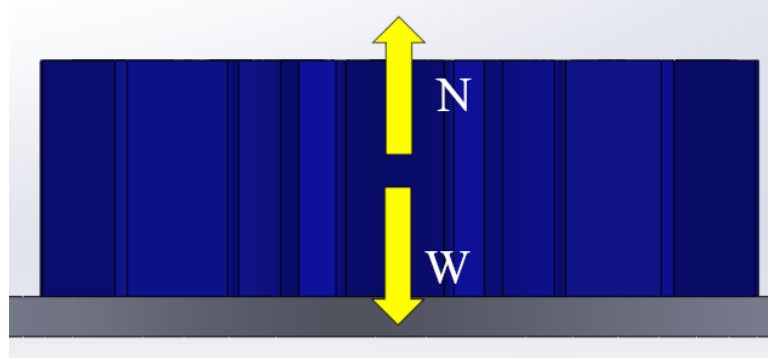
$$F_f = N \cdot \mu [Kgf] \quad (5)$$

Donde:

N es la fuerza normal del dosificador.

μ es el coeficiente de rozamiento de los materiales en contacto que en este caso es PLA con PLA.

Para la normal primero hay que realizar el diagrama de cuerpo libre del dosificador en las fuerzas que actúan en el eje Y como se muestra en la figura 13.

Figura 13.*DCL Dosificador superior*

Con el diagrama mostrado en la figura 13 podemos realizar sumatoria de fuerzas en Y para obtener la siguiente ecuación:

$$W = N [Kgf] \quad (6)$$

Donde:

W esquivale al peso del dosificador.

N equivale a la normal a la superficie en contacto.

Para calcular el peso se emplea la densidad del material quedando de la siguiente manera:

$$m = \rho \cdot V [Kg] \quad (7)$$

Donde:

ρ es la densidad del PLA utilizado para la construcción del prototipo.

m es la masa del dosificador.

V es el volumen de la pieza.

Para la densidad utilizamos el valor de $1,23 \text{ g/cm}^3$ tomado de la empresa fabricante Esun3d (eSun3D, 2025) pasando estas unidades convenientes para el cálculo queda que la densidad es de $1,23 \times 10^{-3} \text{ Kg/cm}^3$, ahora para el volumen del dosificador se volvió a recurrir a SolidWorks para el cálculo de este, el cual es de $69,5168 \text{ cm}^3$, ya con estos valores se evalúa en (7) para obtener el valor de la masa y con ella el peso:

$$m = \rho \cdot V = 1,23 \cdot 10^{-3} \cdot 69,5168 = 0,0855 [\text{Kg}]$$

Como se está trabajando con Kilogramo fuerza se utiliza el mismo valor escalar para el peso por lo que W es igual a $0,0855 \text{ Kgf}$, ya con esto se evalúa en (6) obteniendo que el valor de N es igual a $0,0855 \text{ Kgf}$.

Ahora se requiere del coeficiente de fricción μ el cual se optó por que sea igual a $0,492$ como lo expresa Wojciech Pawlak (Pawlak, 2018)

Con esto se evalúa en (5) se obtiene lo siguiente:

$$F_f = N \cdot \mu = 0,0855 \cdot 0,492 = 0,0421 [\text{Kgf}]$$

Teniendo la fuerza de fricción se evalúa en (4) teniendo en cuenta que el radio del dosificador es de $4,5 \text{ cm}$:

$$M_f = F_f \cdot r_{\text{dosificador}} = 0,0421 \cdot 4,5 = 0,1895 [\text{Kgf} \cdot \text{cm}]$$

Conociendo el valor de M_f se procede a evaluar en (1):

$$M_{to1} = M_i + M_f = 0,0818 + 0,1895 = 0,2713 [\text{Kgf} \cdot \text{cm}]$$

Ahora continuando con el diagrama de cuerpo libre mostrado en la figura 12 se procede a realizar a volver a realiza sumatoria de momentos en el segundo dosificador para obtener M_{to2} formulando la siguiente ecuación:

$$M_{to2} = M_i + M_f [\text{Kgf} \cdot \text{cm}] \quad (8)$$

Donde:

M_i es el momento generado por la inercia rotacional del dosificador.

M_f es el momento generado por el rozamiento con la superficie en contacto.

Donde M_i conserva el mismo valor obtenida en la ecuación (2) pero M_f tiene un ligero cambio debido que el segundo dosificador se encuentra rozando con 2 superficies, quedando de la siguiente manera:

$$M_f = 2 \cdot F_f \cdot r_{\text{dosificador}} \text{ [Kgf} \cdot \text{cm]} \text{ (9)}$$

Donde:

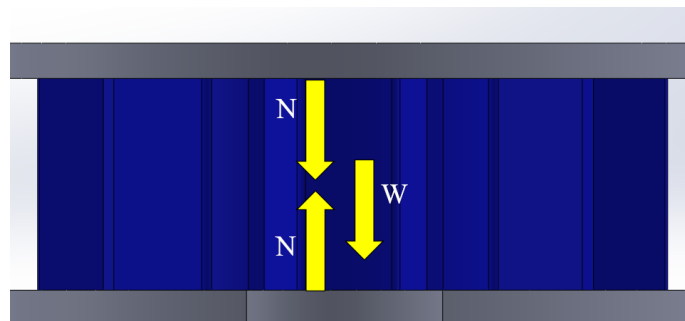
F_f es la fuerza de rozamiento.

R dosificador es el radio del dosificador.

Ahora se procede a realizar el diagrama de cuerpo libre para el segundo dosificador como se muestra en la figura 14.

Figura 14.

DLC dosificador inferior



Con el diagrama de cuerpo libre mostrado en la figura 14 se realiza sumatoria de fuerzas igual a 0 en Y para encontrar así la siguiente ecuación:

$$\frac{W}{2} = N [Kgf] \quad (10)$$

Donde:

W corresponde al peso del dosificador.

N corresponde a la fuerza normal con la superficie en contacto.

Teniendo en cuenta que ambos dosificadores son iguales cuentan con el mismo peso W calculado anteriormente así evaluando en (10) se obtiene lo siguiente:

$$\frac{W}{2} = N = \frac{0,0855}{2} = 0,04275 [Kgf]$$

Teniendo N se procede a calcular la fuerza de rozamiento Fr reemplazando en la ecuación (5) considerando que el coeficiente de fricción μ sigue siendo el mismo de 0,492 se obtiene lo siguiente:

$$F_f = N \cdot \mu = 0,04275 \cdot 0,492 = 0,021033 [Kgf]$$

Ahora evaluando en (9) teniendo en cuenta F_f y el radio del dosificador que sigue siendo de 4,5 cm se obtiene lo siguiente:

$$M_f = 2 \cdot F_f \cdot r_{\text{dosificador}} = 2 \cdot 0,021033 \cdot 4,5 = 0,1895 [Kgf \cdot cm]$$

Teniendo M_f y M_i , se evaluó en (8) obteniendo lo siguiente:

$$M_{to 2} = M_i + M_f = 0,0818 + 0,1895 = 0,2713 [Kgf \cdot cm]$$

Ahora regresando de nuevo al diagrama de cuerpo libre, mostrado en la figura 12, resta calcular $M_{to 3}$ a lo cual se repite el mismo procedimiento en los dos dosificadores anteriores solo que para este momento no hay rozamiento con ninguna superficie por lo que al momento de realizar la sumatoria de momento se llega a la siguiente ecuación:

$$M_{to} = M_{i_{detector}} [Kgf \cdot cm] \quad (11)$$

Donde:

$M_{i_{detector}}$ es el momento generado por la inercia del detector.

Ahora $M_{i_{detector}}$ sigue el mismo principio donde se expresa de la siguiente forma:

$$M_{i_{detector}} = I_{detector} \cdot \alpha [Kgf \cdot cm] \quad (12)$$

Donde:

$I_{detector}$ es el momento de inercia del detector.

α es la aceleración angular del sistema.

Para saber el valor de $I_{detector}$ se usa el software SolidWorks para saber el cual entrega el valor de 0,0147 Kg*cm² y recordando que la aceleración angular α equivale a 0,2077 rad/s² expresado en al evaluar la ecuación (3), se procede a evaluar la ecuación (12):

$$M_{i_{detector}} = I_{detector} \cdot \alpha = 0,0147 \cdot 0,2077 = 0,0031 [Kgf \cdot cm]$$

Obteniendo así el valor de M_{to} 3 evaluando (11). Ahora contando con todos los momentos M_{to} mostrados en la figura 12 se plantea la siguiente ecuación:

$$\text{Torque del motor} = M_{to 1} + M_{to 2} + M_{to 3} [Kgf \cdot cm] \quad (13)$$

Evaluando la ecuación (13) se obtiene el torque necesario para poder mover el sistema de dispensación de medicamentos:

$$\text{Torque del motor} = 0,2713 + 0,2713 + 0,0031 = 0,5457 [Kgf \cdot cm]$$

entonces el torque mínimo necesario para lograr el correcto funcionamiento del sistema de dosificación es de 0,5457 Kgf*cm.

Por otro lado, hay que determinar el factor de seguridad N con el que cuenta el eje y el cual por decisión de diseño se determinó que el factor mínimo debe ser de N igual a 8 basándonos en los criterios de selección de factor de seguridad (Ríos Q. & Roncancio H., 2007), por medio de los

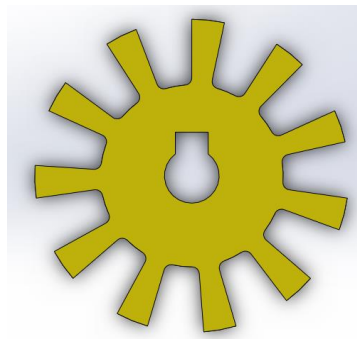
cálculos realizados en el apéndice B se determinó que el diámetro requerido era de 4 mm pero debido a dificultades al momento de realizar la impresión 3D del mismo con diámetros cercanos a esa medida se escogió uno de 7 mm para el eje tiene un factor de seguridad de N igual 43,6075, con esto se determina que el diámetro está notablemente por encima del valor mínimo requerido para el sistema, pero se tomó la decisión de usar esa medida para facilitar su manufactura.

3.1.4.2 Modelado del mecanismo

Continuando con el modelado se debe resaltar la pieza del detector, la cual tiene la vital función comunicarse a los leds infrarrojos cuya función se profundiza en el apartado 3.2.1.6, por medio de los dientes con los que cuenta como se muestra en la figura 15 los cuales también están alineados con los dientes de los dosificadores al momento de dispensar una dosis genera interrupciones en la línea infrarroja efectuando una detección precisa.

Figura 15.

Pieza detectora

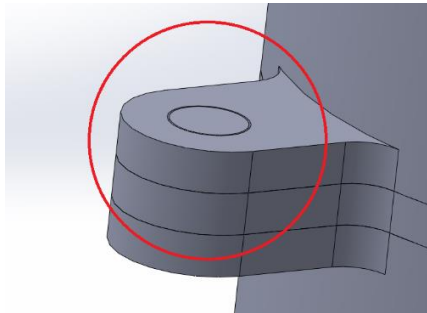


El detector como se muestra en la figura 15 tiene un diseño muy similar a la del dosificador precisamente para que estén alineados y pueda realizar una detección eficiente.

Ahora hay que hablar de una decisión de diseño respecto al bastidor del dosificador, se optó que en vez de fijar la estructura por medio de adhesivos como el cianocrilato se escogió usar pasadores para facilitar un fácil montaje, pero, sobre todo para darle la opción al usuario de realizar mantenimientos de una forma sencilla sin correr el riesgo de dañar la estructura del artefacto, como se muestra en la figura 16.

Figura 16.

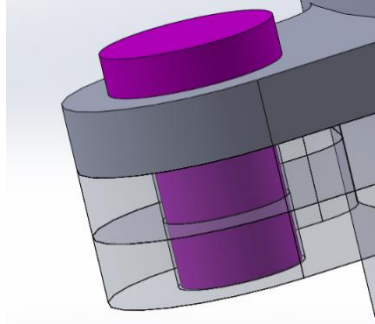
Mecanismo pasador



Debido a problemas con las tolerancias los pasadores no entraban del todo a presión por lo que se decidió agregarles un límite superior en forma de circunferencia como se muestra en la figura 17 para evitar que se caigan por gravedad.

Figura 17.

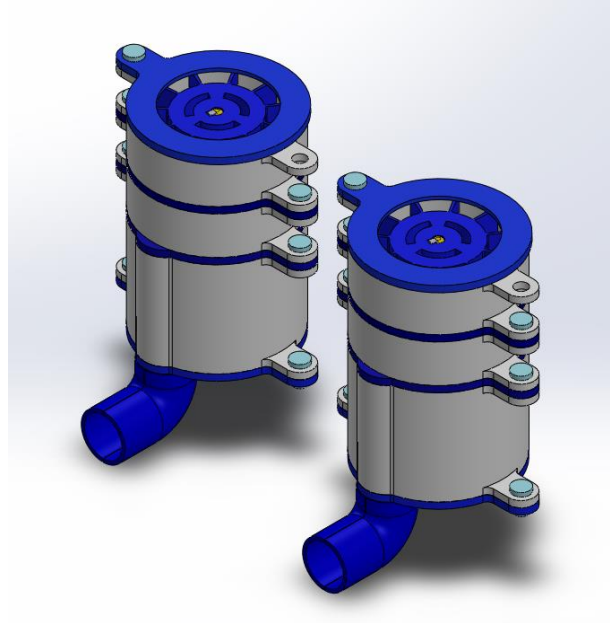
Pasador con tope



Ahora como se mencionó en la sección 3.3 por temas económicos para la construcción del prototipo se realizaron dos torres de dispensación como se muestra en la figura 18, aclarando que cada torre es capaz de dispensar un tipo de medicamento, pero al ser modular se pueden colocar más torres para abarcar más tipos de medicamento, claro realizando modificaciones en la entrada de energía del sistema mecatrónico.

Figura 18.

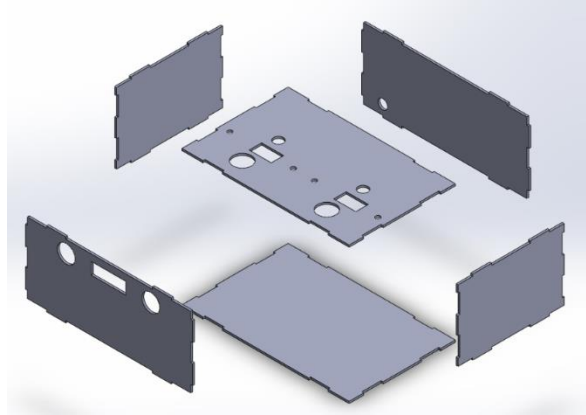
Torres dispensadoras de medicamentos



Ahora pasando al bastidor principal que soporta las torres y la electrónica del prototipo como se mencionó en la sección 5.1.2 es de acrílico, el diseño que se optó por usar es el de una caja cuyas caras se unen entre sí por medio de agujeros y encajes como se muestra en la figura 19 reforzado por solución adhesiva para acrílico.

Figura 19.

Explosionado de bastidor principal de acrílico



Con todo esto explicado el modelado del prototipo queda como se muestra en la figura 20 además en la figura 21 se muestra el funcionamiento de este.

Figura 20.

Modelado prototipo

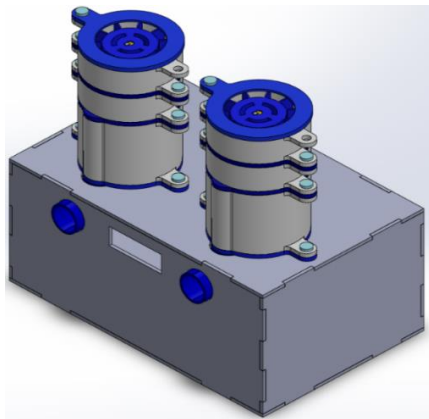
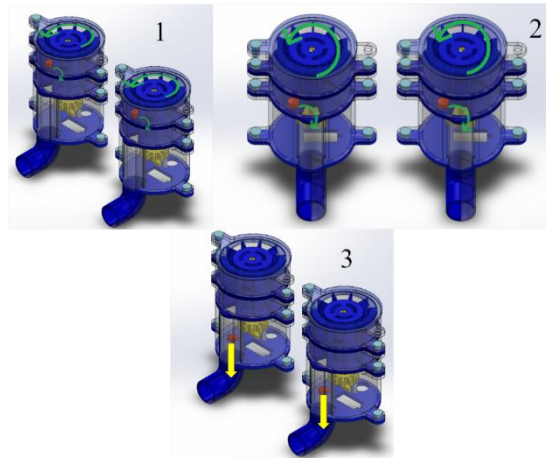


Figura 21.

Funcionamiento en detalle del mecanismo de dispensación

**3.2 Construcción del prototipo**

En esta fase se realizó la selección de los componentes mecatrónicos para el correcto funcionamiento del dispensador. Además, se llevó a cabo la construcción de los componentes diseñados mediante impresión 3D, y, por último, la verificación de resultados, como se describe a continuación.

3.2.1 Selección de componentes mecatrónicos

Para la realización del prototipo se seleccionaron los siguientes componentes electrónicos, en base a su utilidad y a su precio en el mercado.

3.2.1.1 Servomotor SG 5010 modificado

Antes de seleccionar el servomotor mostrado en la figura 22, fue necesario calcular el torque requerido para mover todos los componentes del dispensador, incluyendo las hélices, el eje y el detector. En base a los cálculos realizados en la sección de cálculo de torque requerido, dio

como resultado un torque necesario para mover los componentes de $0.5457 \text{ Kg}\cdot\text{cm}$, lo que indica que el servomotor seleccionado puede operar con gran facilidad, ya que su capacidad máxima es de hasta $6,5 \text{ kg}\cdot\text{cm}$ (alldatasheet, n.d.-b) Además, este servomotor destaca por su tamaño compacto y su bajo costo, lo que evita que el prototipo aumente sus dimensiones, con medidas de $40.2 \times 20.2 \times 43.2 \text{ mm}$. También se consideró su bajo consumo energético, con una alimentación de 6 V y un consumo máximo de aproximado de $0,5 \text{ A}$.

Figura 22.

Servomotor SG 5010 modificado.



Nota. Tomado de: Naylamp mechatronics

No se seleccionó la referencia SG90 (alldatasheet, n.d.-a), debido a que su velocidad de trabajo es mayor en comparación con la del servomotor SG5010. Según el Datasheet, el servomotor seleccionado alcanza una velocidad de $0,2 \text{ s}/60^\circ$, mientras que el SG90 alcanza $0,1 \text{ s}/60^\circ$. Sin embargo, en pruebas con ambos servomotores ya trucados, se pudo medir el tiempo que tardan en dar una revolución, donde el SG90 tarda 2 segundos y el seleccionado tarda 6 segundos.

Considerando que el dispensador tiene 11 divisiones, la respuesta del SG90 debería ser demasiado rápida para el correcto funcionamiento del dispensador.

Además, al estar el SG90 mucho más cerca de los valores de torque calculados, existe la posibilidad de que, si se presenta una fricción mayor a la prevista, atascos o el uso de medicamentos con características diferentes, el sistema no funcione correctamente.

3.2.1.2 Arduino uno

Se seleccionó la placa de microcontrolador Arduino uno mostrada en la figura 23 debido a que ofrece 14 pines digitales, 6 pines analógicos y 6 pines PWM, los cuales son necesarios para el control de todo el equipo. En particular, se requieren 2 pines PWM para los servomotores y 2 pines digitales para los sensores. Considerando los demás componentes, se utilizará casi la totalidad de los pines digitales disponibles.

Además, se eligió esta placa por la gran cantidad de librerías disponibles, lo que facilita su programación e integración. También cuenta con un poli fusible integrado, que protege los puertos USB ante sobrecargas de corriente.

Figura 23.

Arduino uno.



Nota. Tomado de: https://www.electrosena.com/arduino-uno-r3-contramarcado-con-cable?srsltid=AfmBOooC32x_z72vzxaJ8MZarNKSMTVbAzWM-MkPpYcFF46IBauHeu2rSLU

Por último, dispone de una memoria EEPROM de 1 kB, que permite almacenar y sobrescribir datos en el Arduino, manteniéndolos incluso cuando se retira la fuente de alimentación, ideal para el control de los horarios (Arduino, n.d.).

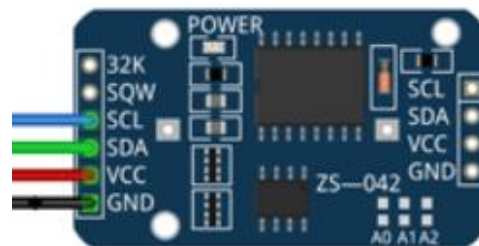
3.2.1.3 RTC DS 3231

El prototipo requiere una librería o hardware que permita mantener la hora y la fecha actual con alta precisión, evitando desfasajes debido a la temperatura o a posibles defectos del equipo electrónico. Además, es fundamental que el componente continúe funcionando incluso cuando no esté conectado a la fuente de alimentación principal o ante una desconexión repentina.

Por estas razones, se seleccionó el módulo RTC DS3231 mostrado en la figura 24, ya que, a diferencia del RTC DS1307, no se ve afectado por las altas temperaturas. Además, su desfase es de apenas unos minutos al año, mientras que la otra alternativa puede llegar a desfasarse hasta 5 minutos por mes.

Figura 24.

modulo RTC DS3231



fritzing

Nota. Tomado de: <https://programarfacil.com/blog/arduino-blog/reloj-con-arduino-rtc/>

Finalmente, se optó por este módulo en lugar de la librería Time.h, ya que cuenta con una batería externa incorporada que le permite seguir operando incluso en caso de una interrupción del suministro eléctrico, garantizando su funcionamiento por un período de hasta 5 años.

3.2.1.4 Módulo Bluetooth HC-05

Se requiere un componente electrónico que permita la comunicación entre la placa Arduino y la aplicación móvil. Para ello, se seleccionó el módulo HC-05 mostrado en la figura 25, ya que funciona mediante Bluetooth, una tecnología presente en prácticamente todos los teléfonos móviles, incluso en los de gama baja. Esto elimina la necesidad de contar con una conexión Wi-

Fi, como ocurriría con los módulos basados en esta tecnología, evitando así mismo posibles caídas de la señal o posibles interferencias con las demás redes, lo que puedan afectar la comunicación con el Arduino, por lo que para este caso es practico por el momento el módulo bluetooth.

Figura 25.

Modulo Bluetooth HC- 05



Nota. Tomado de: <https://3dbots.co/producto/modulo-bluetooth-hc-05/>

Además, se eligió el HC-05 en lugar del HC-06 debido a que puede operar tanto en modo maestro como en modo esclavo, proporcionando mayor flexibilidad en la comunicación.

3.2.1.5 Pantalla LCD 1602 y modulo I2C

Se seleccionó esta pantalla con el propósito de mostrar al usuario la fecha y hora exacta según su ubicación. Para ello, se utilizó la pantalla LCD 1602 mostrada en la figura 26, que permite visualizar estos datos al contar con 16 caracteres en dos renglones. Su tamaño es un equilibrio entre opciones más pequeñas, como la pantalla LCD alfanumérica 8x2, y otras más grandes, como la pantalla LCD 4x20.

Figura 26.

Pantalla LCD 1602 y modulo I2C



Nota. Tomado de: <https://www.selectop.com.co/products/display-lcd-keypad-16x2-copia>

Además, se incorporó el módulo I2C mostrada igualmente en la figura 26, seleccionado principalmente para reducir la cantidad de pines digitales requeridos por la pantalla. Gracias a este módulo, la pantalla LCD puede controlarse mediante solo dos pines de comunicación (SDA y SCL) y dos pines de alimentación, evitando la necesidad de utilizar un Arduino de mayor tamaño por falta de pines. Asimismo, el módulo I2C permite ajustar la retroiluminación a través del potenciómetro incorporado.

3.2.1.6 Led emisor Ir y fotodiodo

Se seleccionó el par de sensores (alldatasheet, n.d.-c, 2007) mostrados en la figura 27 principalmente por la necesidad de detectar el momento exacto en que la hélice del dispensador debe detenerse tras haber suministrado el medicamento. El sensor detectará la hélice; cuando esta interfiera en la comunicación de los dos competentes electrónicos enviará una señal que detenga el servomotor, evitando así el uso del tiempo como referencia, ya que este no es un parámetro

completamente confiable debido a posibles desfases en el giro del servomotor, variaciones en el peso de las pastillas dispensadas o diferencias en la resistencia al movimiento.

Figura 27.

Led emisor Ir y fotodiodo



Nota. Tomado de Electrosena.

Por estas razones, se optó por este componente, ya que, además de ser compacto, no se ve tan afectado por la luz ambiente, una limitación que sí presentan otros dispositivos. Tal es el caso del módulo sensor infrarrojo mostrado en la figura 28, el cual fue utilizado en pruebas preliminares. En dichas pruebas, se evidenció que la luz ambiental afectaba directamente su señal de respuesta. Además, su sensibilidad variable no siempre se ajustaba adecuadamente a los requerimientos del prototipo, cuyo principal objetivo es lograr precisión en la dispensación. Por ello, y considerando también su tamaño, se eligió el sistema compuesto por un LED emisor infrarrojo y un fotodiodo.

Figura 28.

Módulo sensor infra rojo. Nota.



Nota. Tomado de: Menduino.

3.2.1.7 Modulo Buzzer pasivo

Se seleccionó este componente con el propósito de generar un aviso auditivo al momento de la dispensación del medicamento. Este permite la producción de sonido en diferentes tonos según la frecuencia enviada por el Arduino, lo que lo hace ideal para ajustar el timbre a un tono menos molesto y más agradable al oído. Además, ofrece la posibilidad de reproducir un fragmento de melodía en lugar de un sonido monótono.

Figura 29.

Modulo Buzzer pasivo



Nota. Tomado de: Ferro trónica.

3.2.2 Construcción del dispensador

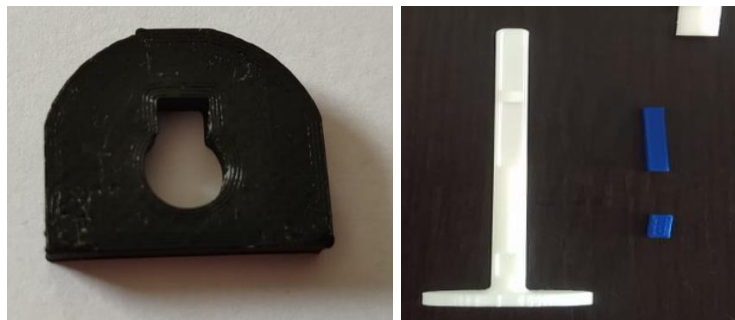
Se realizó la impresión 3D de los componentes estructurales y el ensamblaje del sistema mecatrónico, además de la integración de ambos en un solo componente. Por lo tanto, se siguió el siguiente procedimiento.

3.2.2.1 Verificación de las tolerancias

Antes de empezar con la impresión 3D de todos los componentes, se realizó una impresión de prueba con el fin de observar las dimensiones resultantes de la impresión, con el propósito de verificar si cumplían con los resultados esperados en el diseño, por lo tanto, se imprimieron de manera simplificada el lugar donde encaja en eje mostrado en la figura 30, el eje y la chaveta para ver el nivel de ajuste de estos.

Figura 30.

Dispensadores, detector y eje impresos en 3D



Con base en lo impreso y observado en la figura 30, se determinó que el nivel de ajuste no era el adecuado, por lo que se tomó la decisión de reducir las dimensiones de los diámetros internos del detector y del dispensador con el propósito de evitar dicho inconveniente evidenciado.

3.2.2.2 Impresión y armado del dispensador

En base a las correcciones hechas se imprimieron todas las piezas del dispensador, observadas en la figura 31.

Figura 31.

Componentes y estructura de dispensación.



Posteriormente se realizó el armado de las torres de dispensación, con el fin de verificar, el movimiento del dispensador accionado de manera manual, el ajuste de los pasadores y el ajuste de los dispensadores y las chavetas con respecto del eje como se muestra en la figura 32.

Figura 32.

Armado de la torre de dispensación.



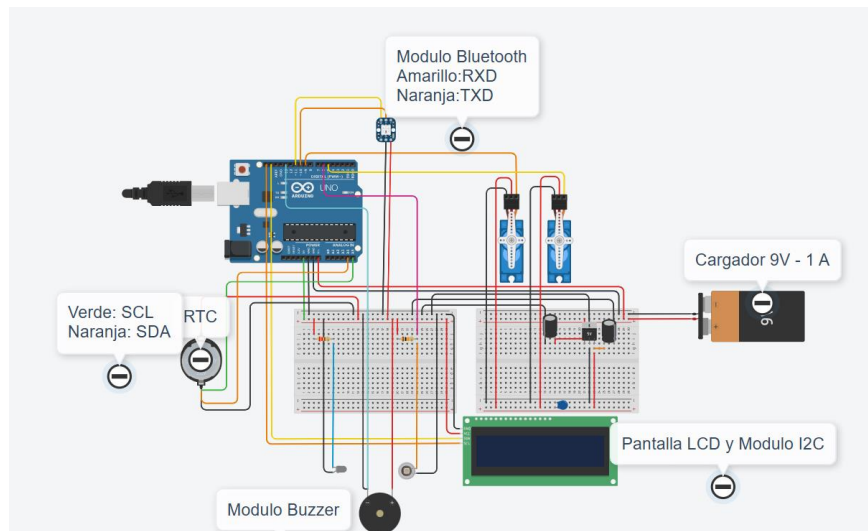
En dicha prueba se pudo observar que el dispensador giraba de manera adecuada y dentro de los parámetros permisibles, además de que los pasadores mantenían los componentes estructurales en su lugar manteniendo el dispensador firme a la hora de realizar movimientos en los componentes internos.

3.2.2.3 Realización del circuito mecatrónico.

Se llevó a cabo la construcción del sistema mecatrónico, incorporando todos los componentes seleccionados en el apartado de Selección de componentes electrónicos. El resultado fue una configuración similar al esquemático realizado en la plataforma Tinkercad, como se muestra en la figura 33.

Figura 33.

Circuito electrónico. Construido en Tinkecard.



3.2.2.4 Integración del apartado mecánico y electrónico.

Con todo implementado se realizó la verificación de la caída de las pastillas. Se observó que los medicamentos salían disparados, por lo que se decidió incorporar una tapa que evitara la salida brusca del medicamento como se observa en la figura 34. De este modo, el usuario solo debe subir la tapa y tomar el medicamento correspondiente, como se muestra en la figura 35.

Figura 34.

Accesorio tapa retenedora



Figura 35.

Parte estructural de prototipo completada.



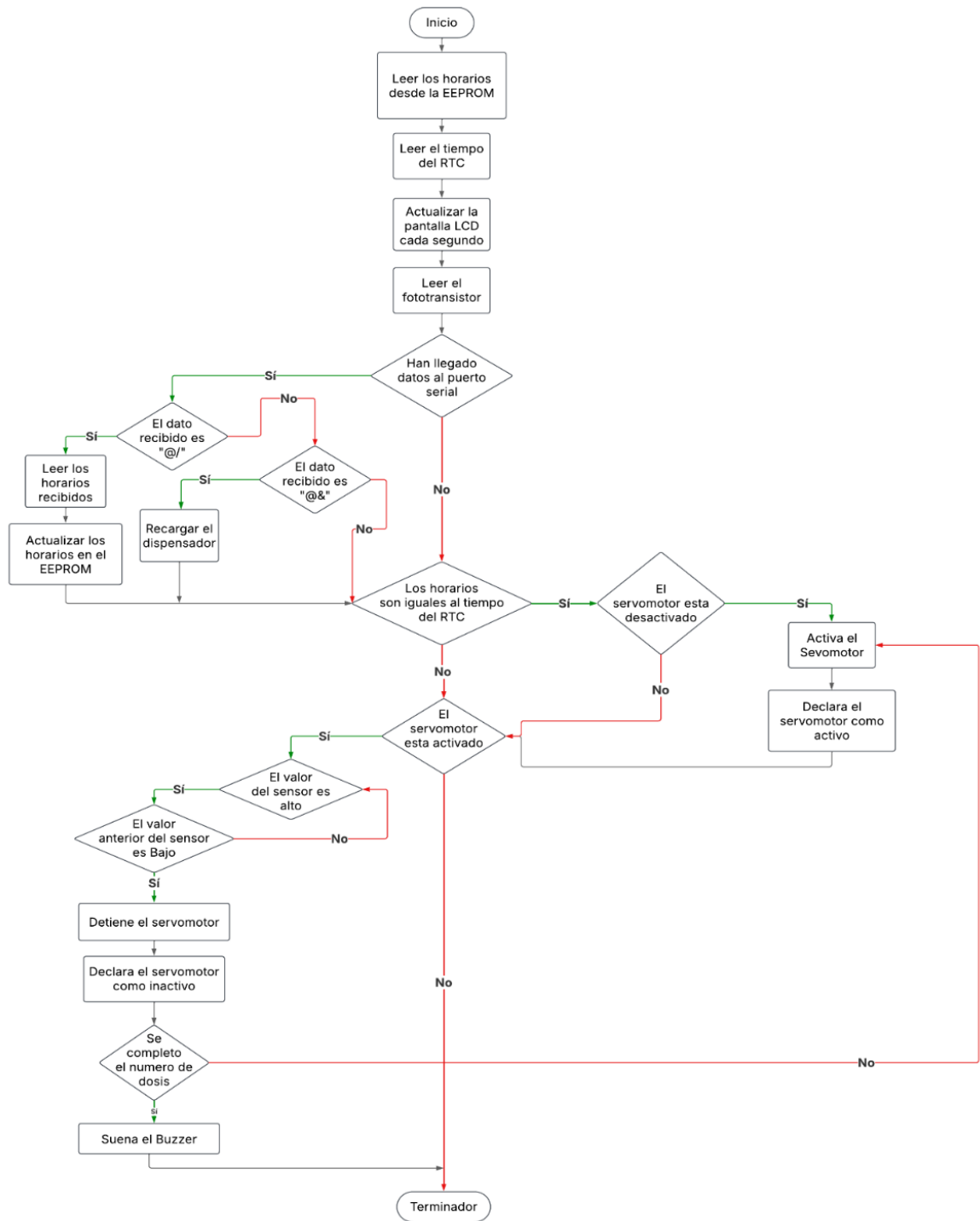
3.3 Programar el código del dispensador de medicamentos automático y de la aplicación móvil

3.3.1 Programación del código del sistema principal.

La programación del código principal del circuito se realizó en el entorno Arduino IDE, empleando las librerías incluidas en los Apéndice C, con el objetivo de facilitar y garantizar el correcto funcionamiento del prototipo. Con base en esto, se desarrolló el programa siguiendo la lógica representada en la figura 36, donde el seudocódigo permite observar de manera resumida y clara el funcionamiento principal del sistema electrónico.

Figura 36.

Seudocódigo



Nota. Creado con Lucidchart

Es importante señalar que el seudocódigo mostrado anteriormente corresponde únicamente al funcionamiento de un solo dispensador. Esto se debe a consideraciones de tamaño y legibilidad al momento de presentarlo. No obstante, el funcionamiento de los demás dispensadores es exactamente el mismo, con la diferencia de que las variables están definidas con una nomenclatura distinta. También, es relevante destacar que, al finalizar cada ciclo de recarga, el Arduino se reinicia con el propósito de evitar posibles saturaciones en los componentes electrónicos, lo cual contribuye a reducir la probabilidad de errores en el sistema.

3.3.2 Programación de la aplicación móvil

La aplicación móvil se desarrolló mediante MIT App Inventor, debido a la facilidad que ofrece para programar aplicaciones mediante el uso de bloques. Además, permite descargar la aplicación de manera sencilla y rápida. Cabe destacar que el propósito principal del proyecto no es el desarrollo de la aplicación, sino el diseño y funcionamiento del mecanismo.

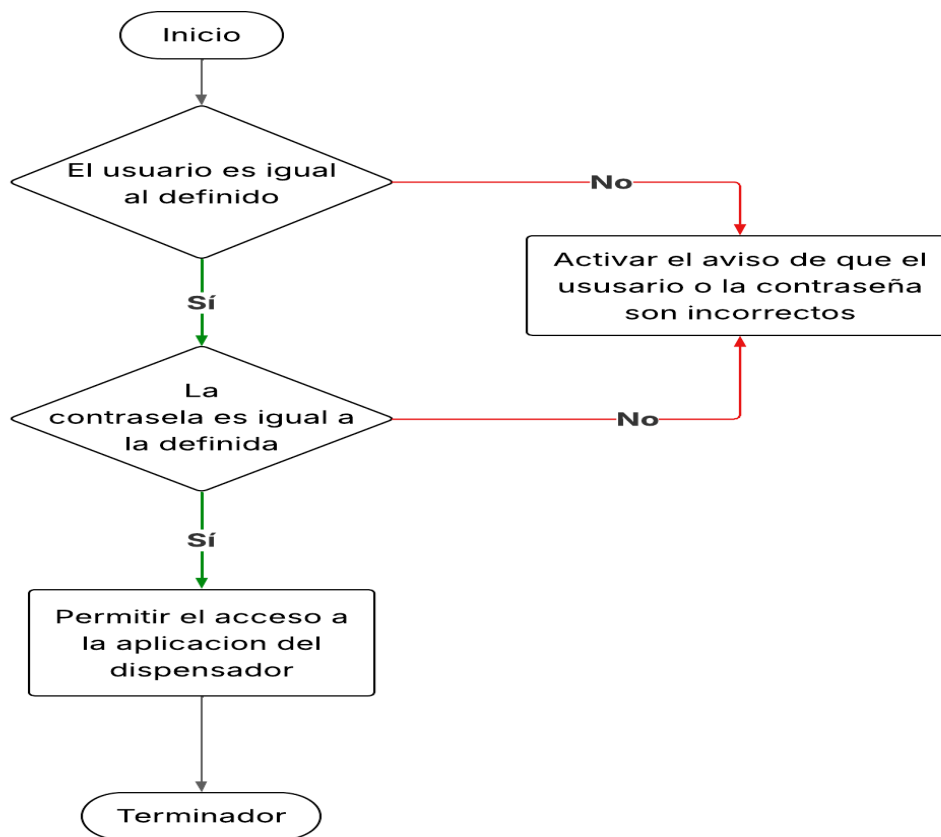
Por esto mismo se construyó la siguiente aplicación, la cual se divide en diversos apartados para su correcto funcionamiento como se muestra a continuación.

3.3.2.1 Pantalla de inicio

La pantalla de inicio permite que no cualquier persona pueda acceder a modificar el horario del dispensador, debido a posibles modificaciones malintencionadas o no, por esto se asegura que no cualquier persona pueda ingresar y modificar los horarios mediante un usuario y contraseña, como se muestra en el seudocódigo mostrado en la figura 37.

Figura 37.

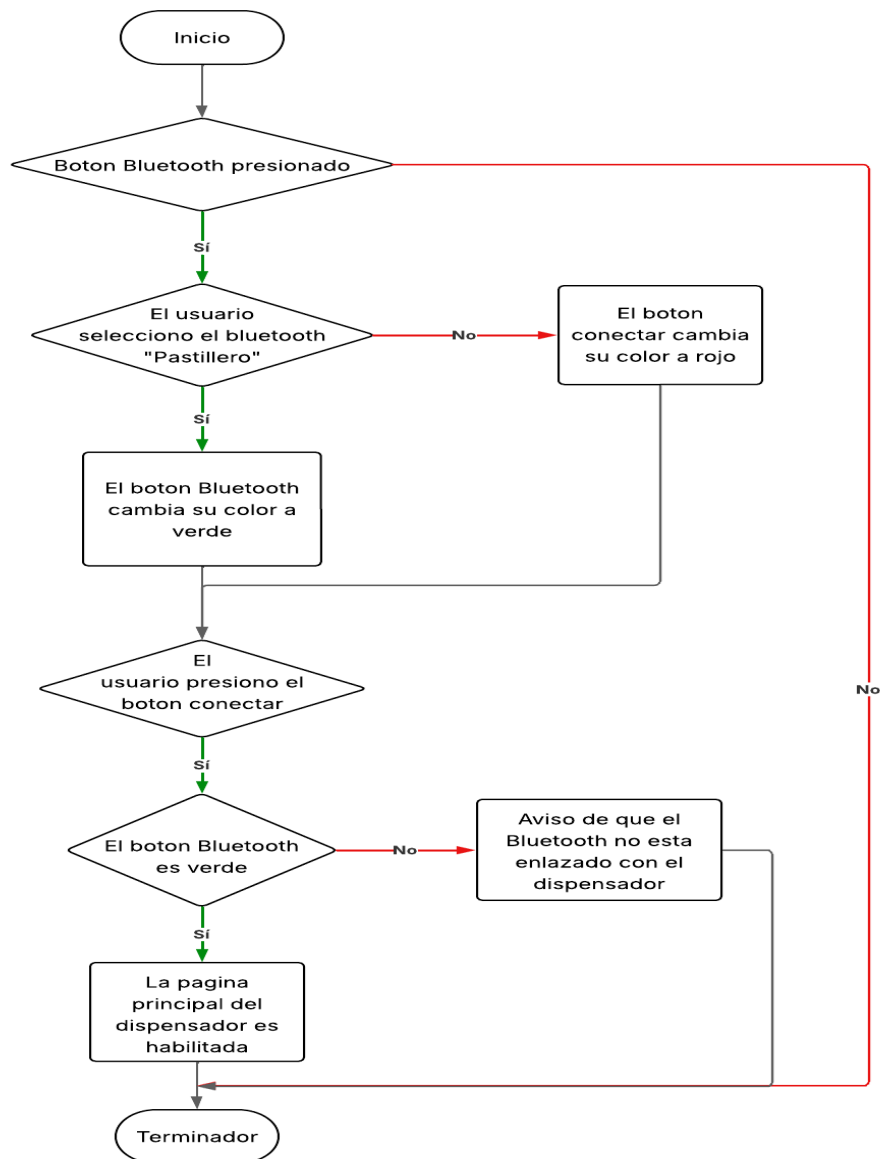
Seudocódigo de la pantalla de inicio.



3.3.2.2 Pantalla de conexión Bluetooth

Esta es la primera pantalla que se muestra al acceder al aplicativo del dispensador. En ella se realiza la conexión con el módulo Bluetooth para garantizar la comunicación entre el Arduino y la aplicación, como se muestra en la figura 38. Una vez establecida la conexión, se procede a la pantalla principal, donde el usuario podrá realizar diferentes acciones.

Es importante destacar que, la primera vez, la conexión Bluetooth debe realizarse de manera externa, introduciendo la contraseña del módulo (por defecto: 1234) y seleccionando el dispositivo identificado como Pastillero.

Figura 38.*Seudocódigo conexión del bluetooth.*

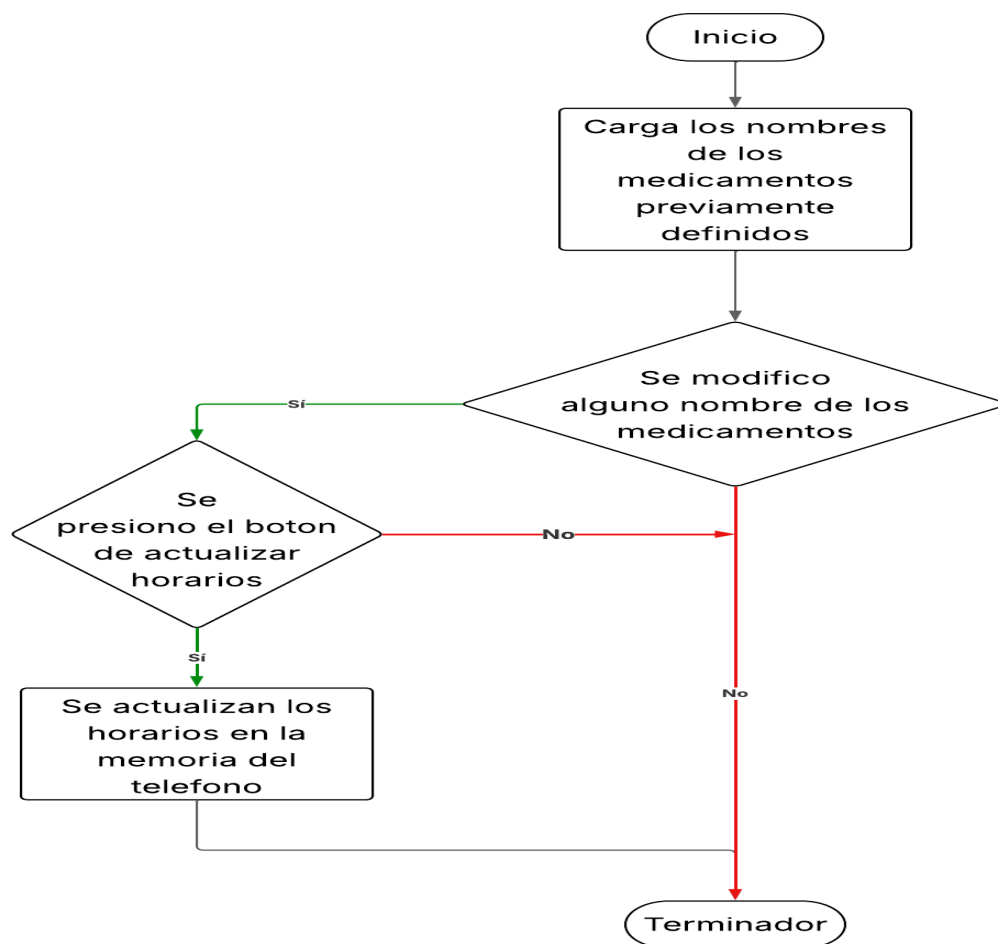
3.3.2.3 Definir medicamentos.

La pantalla de definir medicamentos, permite al usuario cambiar el nombre de los tres medicamentos dispuestos en el dispensador, con el fin de conocer en las demás pantallas qué

medicamento se está modificando o consultando, el funcionamiento es el mostrado en la figura 39, como dato adicional el nombre de los medicamentos se guarda en la memoria del teléfono y no en el Arduino con el fin de evitar comunicaciones excesivas entre el Arduino y el aplicativo.

Figura 39.

Seudocódigo pantalla de recarga.



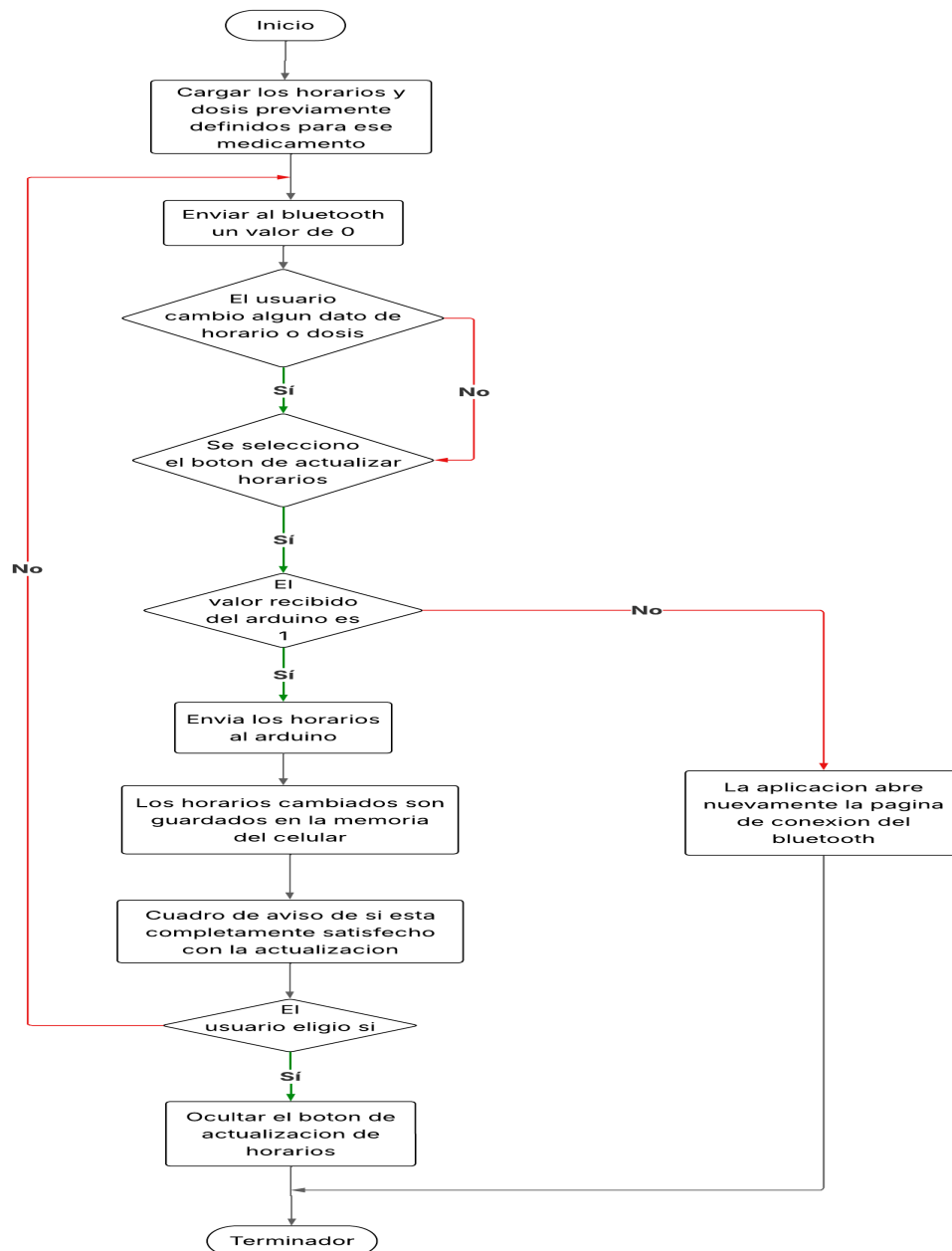
3.3.2.4 Actualizar horarios

La pantalla de actualización de horarios, permite modificar los horarios y dosis de dispensación mediante el envío de información de la aplicación hacia el Arduino, además de

permitir guardar estos horarios en la aplicación del teléfono móvil como se ilustra en la figura 40, además de permitir al usuario hacer una nueva actualización en dado caso de que se halla equivocado en la digitalización.

Figura 40.

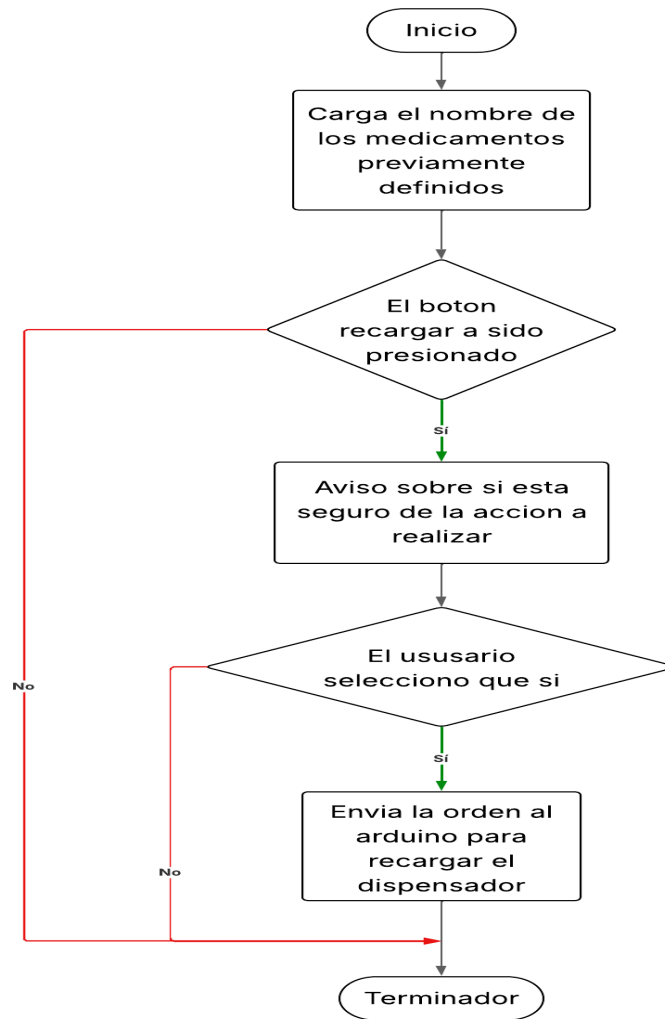
Seudocódigo pantalla actualización de horarios



Como comentario adicional, antes de que entre en funcionamiento el seudocódigo mostrado en la figura 40, se realiza una verificación para identificar a qué medicamento se le va a modificar el horario, con el fin de cargar correctamente los horarios pertinentes que van a ser ajustados.

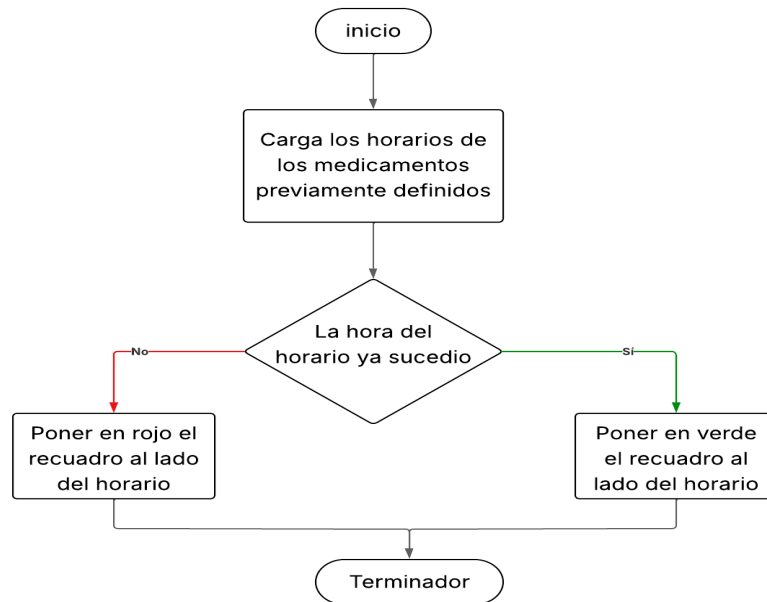
3.3.2.5 Recarga de los medicamentos

En la pantalla de recarga se dará la instrucción referente a cuál dispensador será recargado, colocando una condición extra para evitar posibles errores que recarguen el dispensador erróneo o que todavía presenta medicamentos en su interior como se observa en la figura 41.

Figura 41.*Seudocódigo recarga de medicamentos*

3.3.2.6 Consultar horarios

Este apartado de la aplicación permite observar los horarios cargados con anterioridad, así como observar si estos ya debieron haber sido tomados, como se muestra en el seudocódigo de la figura 42, el cual muestra los horarios después de definir que medicamento es el que se desea consultar.

Figura 42.*Seudocódigo Consultar horarios*

Cabe destacar que el dispensador de medicamentos, una vez ha liberado la dosis correspondiente, toma como referencia el reloj del celular para registrar si el medicamento fue dispensado. Sin embargo, dentro de las funciones del dispositivo no se contempla la verificación de si el paciente efectivamente ha ingerido el medicamento, ya que esto requeriría una conexión constante con la aplicación móvil, lo cual no es viable con el medio de comunicación implementado.

Así mismo, la posibilidad de modificar automáticamente los horarios de dispensación en caso de que el paciente no tome el medicamento o no se encuentre presente, tampoco ha sido considerada. Esto se debe a las implicaciones médicas y éticas que conlleva, y que requieren de una supervisión profesional. Como desarrolladores, no estamos calificados ni autorizados para

intervenir en decisiones de esta índole, por lo que se ha optado por mantener el sistema limitado a funciones de dispensación programada y registro.

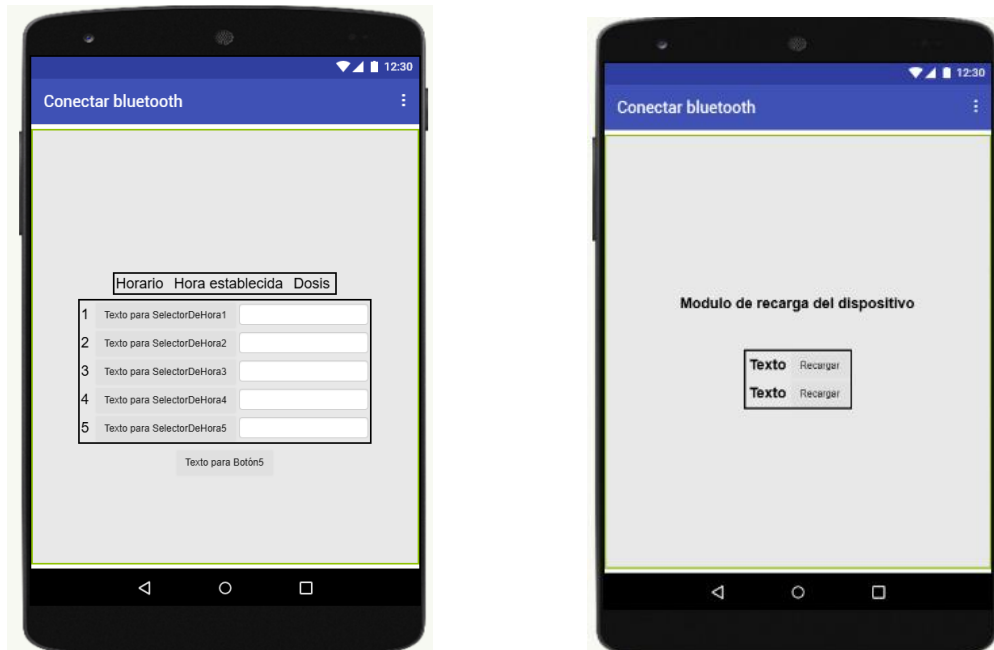
3.3.2.7 Interfaz de usuario.

En la interfaz de usuario de este proyecto, se optó por un diseño simple que cumpliera con el propósito principal, sin incluir animaciones, colores llamativos ni elementos visuales complejos o estéticamente elaborados. Esto se debe, en parte, a las limitaciones de MIT App Inventor, que no ofrece funciones avanzadas para el diseño visual. Como resultado, se desarrolló una aplicación funcional, tal como se muestra en la figura 43.

Para visualizar las demás interfaces del aplicativo remítase al apéndice C.

Figura 43.

Apartado gráfico.



3.4 Evaluar el desempeño del prototipo.

3.4.1 Encuesta realizada al público objetivo

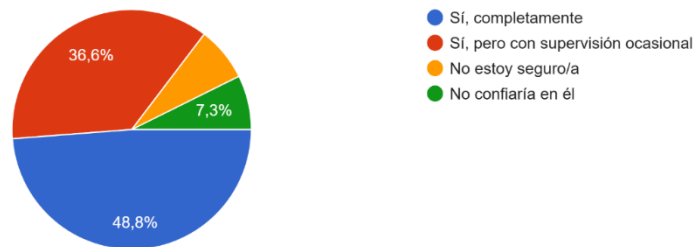
Por medio de una encuesta a una muestra de 42 personas de la población de adultos mayores en el área metropolitana de Bucaramanga - Santander, se les pregunto aspectos como la disposición que tienen ellos en usar la tecnología para la dosificación de sus medicamentos, su familiaridad con la tecnología, si están dispuestos a comprarlo, pero sobre todo el aspecto más importante, la confianza que tienen en el proyecto. En la figura 44 se muestra por medio de un gráfico de pastel que tanta confianza tiene los adultos de la tercera edad en el prototipo, mostrando

que el 48,8% confiaría plenamente en el dispositivo mientras que el 36,6% confía, pero con supervisión ocasional mostrando gran aceptación al proyecto.

Figura 44.

Resultado nivel de confianza que tiene las personas de la tercera edad con el proyecto

¿Confiaría en un dispensador de pastillas controlado por una aplicación móvil para administrar su medicación diaria?
41 respuestas



3.4.2 Ensayo del desempeño del dispositivo

En este apartado se definió la ruta de trabajo realizada para la validación de los componentes más relevantes del dispensador, con el fin de evaluar su desempeño en base a los resultados previstos.

3.4.2.1 Ensayo del desempeño mecánico

Para evaluar el desempeño mecánico del prototipo, se realizaron pruebas funcionales con dos de los medicamentos más seleccionados en la encuesta aplicada al público objetivo: Losartán y Acetaminofén, como se muestra en la Figura 2. Estos medicamentos fueron elegidos por su

popularidad entre los usuarios potenciales y su forma de presentación compatible con el sistema dispensador.

Con el fin de verificar la eficacia de la dispensación, se definieron horarios específicos para cada medicamento, tal como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3.

Horarios de dispensación de los medicamentos

Acetaminofén		Losartán	
Horario	Dosis	Horario	Dosis
8:00 am	2	8:05 am	3
10:20 am	3	9:00 am	1
11:30 am	1	1:13 pm	2
2:45 pm	4	3:03 pm	4
4:05 pm	1	5:45 pm	2

Estas pruebas se realizaron bajo un entorno controlado, siguiendo un protocolo que incluye la siguiente metodología.

3.4.2.1.1 Recarga de los medicamentos en los dispensadores.

Durante esta fase se evaluó la capacidad del mecanismo para ser recargado de forma repetitiva sin fallos. Para ello, se definió una serie de pruebas realizadas durante tres días consecutivos. En cada jornada se llevaron a cabo tres sesiones de recarga, donde en cada sesión se realizaron cinco recargas completas. Cada recarga implicó 10 giros del sistema dispensador (uno por cada pastilla), lo cual suma un total de:

$$3 \text{ días} \times 2 \text{ sesiones} \times 2 \text{ recargas} = 12 \text{ recargas}$$

Cada recarga con 10 giros → Total de 120 giros por dispensador

Donde el protocolo de pruebas llevado a cabo fue el siguiente:

- **Carga de los medicamentos en el dispensador:** Se colocaron los 10 medicamentos por recarga, con el fin de exigir al sistema un ciclo completo.
- **Envío de la orden desde el aplicativo móvil:** Se envió la orden desde el aplicativo, con el fin de verificar la correcta comunicación entre estos.
- **Observación del comportamiento del dispensador:** Se realizó el monitoreo visual, comprobando que se realicen los 10 giros por recarga de manera correcta y recolectando datos sobre los fallos ocurridos.
- **Realización de una matriz de confusión:** Para finalizar se realizó la construcción de una matriz de confusión, con el fin de evaluar las recargas del dispensador en base a lo sucedido mediante la siguiente clasificación.
 - **Verdaderos positivos:** Cuando ocurre la recarga del dispensador de manera completa.
 - **Falsos positivos:** Dispensación del medicamento se recargó cuando no debía.
 - **Verdaderos negativos:** No recargó cuando no era el momento de suministrar medicamentos.
- **Falsos negativos:** No recargó los medicamentos cuando debía haberlo hecho.

Como criterio de éxito, se considera principalmente que la tasa de verdaderos positivos debe ser $\geq 95\%$, además de que la presencia de falsos positivos no debe ocurrir.

3.4.2.1.2 *Dispensación de medicamentos*

Se verificó el funcionamiento de la dispensación de los medicamentos, durante un periodo de 3 días, durante el cual se mantuvo operando el este de manera continua e ininterrumpida, mientras se realizaron las siguientes pruebas:

- **Programación de los horarios:** Se realizó la actualización de los horarios del dispensador mostrados en la tabla 3, los cuales no serán modificados posteriormente durante el periodo de prueba.
- **Monitoreo del dispensador:** Posteriormente a la programación de los horarios se observa el comportamiento del dispensador haciendo énfasis principalmente a la entrega de dosis como por ejemplo fallos en la entrega, entregas dobles de medicación y fallas mecánicas.
- **Análisis de resultados:** Para finalizar se realizó una matriz de confusión con la finalidad de comparar los horarios programados con los eventos ocurridos, clasificándolos de la siguiente forma:
 - **Verdaderos positivos:** Cuando ocurre una dispensación correcta del medicamento
 - **Falsos positivos:** Dispensación del medicamento en un horario diferente al definido en el dispositivo.
 - **Verdaderos negativos:** No dispense cuando no era el momento de suministrar medicamentos.
 - **Falsos negativos:** No dispense el medicamento cuando debió haberlo hecho.

Como criterio de éxito, se considera principalmente que la tasa de verdaderos positivos debe ser $\geq 95\%$, además de que la presencia de falsos positivos no debe ocurrir.

3.4.2.2 Funcionamiento de la aplicación.

Para comprobar el funcionamiento de la aplicación móvil se verificará principalmente, la conexión con el módulo bluetooth, además de verificar el almacenamiento de los horarios dentro de la aplicación mediante las siguientes pruebas.

3.4.2.2.1 *Verificación de la conexión Bluetooth*

Para esta fase se comprobó si la conexión Bluetooth se realiza de la forma correcta y si la comunicación se mantiene constante durante el uso de la aplicación, realizando los siguientes protocolos de prueba llevados a cabo durante un período de dos días.

- **Prueba de Conexión Bluetooth para pantalla inicial:** Como primer paso se abrió la aplicación y se activó la conexión bluetooth desde la App, seguidamente se evaluó el tiempo de respuesta al momento de realizar la conexión y por último se verificó si la conexión con el bluetooth resultó exitosa y si se mantiene durante la utilización de la App.
- **Actualización de los horarios y recarga del dispensador:** En primer lugar, se realizó la modificación de los horarios de dispensación, seguidamente se probó la función de recarga, para posteriormente comprobar si las acciones son ejecutadas por el dispensador según lo ordenado.

Como criterios de éxito se establece que el aplicativo no debe demorarse en establecer la conexión bluetooth por más de 10 segundos, el bluetooth no se debe presentar desconexiones inesperadas mientras se está usando la aplicación y por último toda instrucción enviada por la aplicación debe ser ejecutada correctamente por el dispensador.

3.4.2.2.2 *Actualización de horarios dentro de la App*

En este apartado se verificó si los horarios se actualizan y se mantienen guardados dentro de la App de manera eficiente con el fin de garantizar, que la consulta de horarios dentro de la App sea consistente con la del dispensador. Además, se buscó verificar si al existir una desconexión del Bluetooth, el aplicativo niega el almacenamiento de datos. Para esto se realizó la siguiente serie de pruebas durante un periodo de 10 días, donde 5 días fueron actualizaciones del aplicativo y los otros 5 sobre la retención de los horarios en la memoria como se muestra a continuación.

- **Envió y verificación de horarios:** En primer lugar, se enviaron 10 horarios diferente por día, seguidamente se verificó si el movimiento del dispensador fue a las horas programadas, durante esta fase se comprobó alternamente si los horarios están siendo almacenados correctamente dentro de la App y si se está cumpliendo la condición de que los horarios solo son almacenados si la conexión bluetooth esta activa.
- **Almacenamiento de datos en la app:** Finalizada la fase anterior se mantuvieron los horarios fijos durante un periodo de 5 días, con el fin de verificar diariamente que los horarios se mantienen sin modificación dentro de la aplicación.

Como criterios satisfactorios se establece que los horarios deben reflejarse correctamente en al menos un 95 % de las pruebas realizadas, además la aplicación debe impedir modificaciones de horario si no hay conexión bluetooth activa y por último los datos se deben almacenar correctamente durante los 5 días, garantizando que no haya perdida de datos.

4 Resultados y discusión

La actualización de los horarios ocurrió de manera exitosa el 100 % de las veces, en donde la conexión bluetooth estaba presente entre la aplicación y el dispensador, además se evidenció que los horarios se mantuvieron actualizados dentro de la aplicación de manera correcta durante el período de prueba. En concordancia con esto el Bluetooth se comportó de manera adecuada, no desconectándose de manera inesperada y realizando una comunicación eficiente entre la aplicación y el Arduino, demorándose un tiempo de no más de 10 segundos en cada conexión, por lo que el apartado de la aplicación no presentó problemas aparentes durante las pruebas realizadas.

En cuanto a la recarga de los medicamentos en el dispensador se construyó la siguiente matriz de confusión para los dos dispensadores, mostrada en la tabla 4, donde los datos de cada día de prueba están adjuntados en los Apéndice E.

Tabla 4.

Matriz de confusión de la recarga del dispensador.

Valores de predicción	Verdaderos positivos (235)	Falsos positivos (0)
	Falsos negativos (5)	Verdaderos Negativos (-)
	Valores Reales	

Donde se calculó la precisión y exactitud se calculan con la ecuación mostrada en el apéndice E dándonos una precisión de 97,9 por ciento y una precisión del 100 por ciento, lo cual es producto de realizar el dispensador de manera desmontable permite que en raras ocasiones se

atasquen en la estructura y esta no la deje caer, por lo que para evitar dichos problemas una solución sería hacer dichas piezas una sola o pegarlas al momento del uso, sin embargo tomando en cuenta que el porcentaje de exactitud es alto se puede asumir que para ser un prototipo en fase de pruebas los resultados son favorables.

Por último, en el caso de la dispensación de medicamentos se realizó construyó otra matriz de discusión como se ilustra en la tabla 5.

Tabla 5

Matriz de confusión sobre la dispensación de medicamentos

Valores de predicción	Verdaderos positivos (67)	Falsos positivos (0)
	Falsos negativos (2)	Verdaderos Negativos (-)
	Valores Reales	

Dando como resultado una precisión de 1 y una exactitud del 97,1 por ciento, producto de los mismo inconvenientes mencionados anteriormente, por lo que para la dispensación también se ha cumplido con lo definido en los criterios de éxito por lo que se determina que a pesar de presentar ciertos errores en el funcionamiento, considerando que es un prototipo este cumple con la función principal para la que fue diseñado y construido en un inicio, pero no está completamente ajustado para reducir los errores de los falsos negativos a 0 por problemas de la estructura

5 Conclusiones

El diseño del mecanismo de dispensación resultó eficiente logrando cumplir la tarea por la cual fue diseñado, obteniendo resultados de exactitud del 97 %, junto con una precisión del 100% en los ensayos del desempeño mecánico realizados.

Se construyó un prototipo funcional utilizando la impresión 3D como principal proceso de manufactura para su construcción. Con la capacidad de manejar 2 tipos de medicamentos. Por otro lado, cuidando aspectos de usabilidad y seguridad para lograr una dosificación eficiente para el usuario final, aunque con posibilidades de mejora.

Utilizando el lenguaje de programación propio de las placas Arduino se logró desarrollar un código el cual comunique de forma óptima los diferentes componentes mecatrónicos. Asimismo, por medio de la aplicación MIT Inventor se programó una aplicación móvil capaz de programar y administrar múltiples horarios para cada tipo de medicamento, con la capacidad de comunicarse con del sistema mecatrónico por medio de tecnología bluetooth.

En base a los criterios de prueba definidos en cada una de las evaluaciones del desempeño del prototipo se concluyó, que el prototipo cumplió a cabalidad con los requerimientos referentes al funcionamiento mecánico, mecatrónico y del aplicativo, en cada uno de los protocolos de prueba realizados.

Con lo expuesto anteriormente se concluye que el proyecto permitió alcanzar el objetivo general del proyecto, el cual es diseñar un dispensador de medicamentos automático, configurable mediante una aplicación móvil, para adultos mayores que viven solos y requieren una gestión eficiente de múltiples medicamentos a lo largo del día.

6 Recomendaciones

Durante todo el proceso de diseño, construcción y pruebas, se encontraron múltiples aspectos que, si bien son funcionales, aún tienen potencial de mejora. Por ello, en cada aspecto se proponen unas recomendaciones para mejorar el dispensador a futuro.

6.1 Recomendaciones de diseño

Al momento de estar diseñando los soportes de los LEDs detectores se recomienda aumentar la robustez para facilitar su manejo en mantenimientos.

Por último, para el aparatado del bastidor principal, la caja de acrílico debido al no escatimar en tamaño para la ubicación del cableado y demás aspectos del sistema mecatrónico resulto en un tamaño sobre dimensionado para lo realmente utilizado en la construcción final del prototipo. Por lo que, se recomienda una reducción de tamaño a futuro sobre todo en la altura de esta.

6.2 Recomendaciones sistema mecatrónico

Para la parte del sistema mecatrónico se recomienda diseñar circuito impreso dedicado al sistema para una mejor gestión del componente y facilitar el montaje del sistema, además evitando problemas de falso contacto debido a la manipulación de los circuitos.

6.3 Recomendaciones para la aplicación móvil

Emplear otra plataforma de programación para llevar a cabo la construcción de la aplicación, debido a que Mit Inventor presenta una limitación en cuanto al uso del Bluetooth dentro de la aplicación, como consecuencia de esto la mayoría de la aplicación está hecha en una misma pantalla solo que va ocultando y mostrando los apartados a utilizar, ya que al cambiar de pantalla la conexión se pierde y se debería realizar una conexión nuevamente, lo cual no es idóneo para el usuario.

Como sugerencia a trabajos futuros se podría implementar una conexión Wifi con el dispensador con el fin de eliminar la limitación del rango de comunicación del Bluetooth permitiendo que el cuidador pueda consultar y verificar los horarios del paciente sin limitaciones de distancia, además si se realiza la incorporación de un sensor que determine si el paciente consumió el medicamento y en qué momento lo hizo, de llegar a tomarlo tarde.

Referencias Bibliográficas

- alldatasheet. (n.d.-a). *datasheet SG90 9 g Micro Servo*. Retrieved May 23, 2025, from <https://www.alldatasheet.es/datasheet-pdf/pdf/1572383/ETC/SG90.html>
- alldatasheet. (n.d.-b). *SG-5010 TOWERPRO | Alldatasheet*. Retrieved May 23, 2025, from <https://www.alldatasheet.es/datasheet-pdf/download/1540156/ETC2/SG-5010.html>
- alldatasheet. (n.d.-c). *Technical Data Sheet 5mm Infrared LED , T-1 3/4 IR383*. www.everlight.com
- alldatasheet. (2007). *QSC114C FAIRCHILD | Alldatasheet*. www.fairchildsemi.com
- Anand, N., Prathibha, P., Purohit, P., Nalamitha, R., & Rajarao Padma, C. (2021). Biometric Enabled Patient-Centric Automated Medication Dispenser Using IoT (4). In *Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies* (Vol. 58). https://doi.org/10.1007/978-981-15-9647-6_43
- Antoun, W., Abdo, A., Al-Yaman, S., Kassem, A., Hamad, M., & El-Mou Cary, C. (2018). Smart Medicine Dispenser (SMD). *Middle East Conference on Biomedical Engineering, MECBME, 2018-March*, 20–23. <https://doi.org/10.1109/MECBME.2018.8402399>
- Arduino. (n.d.). *Arduino Uno R3*. <https://docs.arduino.cc/hardware/uno-rev3/>.
- Aung, M. M., Maneetham, D., & Chawaphan, P. (2023). Automatic Pill Dispenser for Pharmacy (1). *International Journal of Engineering Trends and Technology*, 71(12), 61–68. <https://doi.org/10.14445/22315381/IJETT-V71I12P207>
- DANE. (2021). *Personas mayores en Colombia, hacia la inclusión y la participación XV Congreso Internacional de Envejecimiento y Vejez: “Década del Envejecimiento Saludable 2020-2030.”* <https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/notas-estadisticas/nov-2021-nota-estadistica-personas-mayores-en-colombia-presentacion.pdf>

- Deepan, P., Hemavarshini, J. P., Kowsalya, P., & Rajasekaran, C. (2023). IoT Based Intelligent Pill Dispenser for Elderly People (5). *Proceedings - 2023 3rd International Conference on Pervasive Computing and Social Networking, ICPCSN 2023*, 951–955. <https://doi.org/10.1109/ICPCSN58827.2023.00162>
- eSun3D. (2025, May 19). *PLA+Filament*. <https://www.esun3d.com/es/pla-pro-product/>.
- GIMÉNEZ CASTELLANOS, J., & HERRERA CARRANZA, J. (2004). Errores de medicación. *Farmacia Profesional*, 18(9), 44–51. <https://www.elsevier.es/es-revista-farmacia-profesional-3-articulo-errores-medicacion-13068669>
- Jabeena, A., & Kumar, S. (2018). Smart medicine dispenser. *Proceedings of the International Conference on Smart Systems and Inventive Technology, ICSSIT 2018*, 410–414. <https://doi.org/10.1109/ICSSIT.2018.8748601>
- MINSALUD. (n.d.). *Mejorar la seguridad en la utilización de medicamentos*. Retrieved March 4, 2024, from <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/CA/seguridad-en-la-utilizacion-de-medicamentos.pdf>
- Noriega, J. L. S. (2015). *DISPENSADOR AUTOMÁTICO DE PASTILLAS*.
- Pawlak, W. (2018). *Wear and coefficient of friction of pla-graphite composite in 3D printing technology*. 649–652. <https://doi.org/10.21495/91-8-649>
- Praveen, S., Shree, K. K., Kowshik Harish, S., Nishith, N., & Harini, N. (2023). Automatic Pill Dispenser (3). *2023 Innovations in Power and Advanced Computing Technologies, i-PACT 2023*. <https://doi.org/10.1109/I-PACT58649.2023.10434571>
- RAE. (2025, May 19). *Comprimido*. <https://dle.rae.es/Comprimido>.

- Ríos Q., L. C., & Roncancio H., E. (2007). Análisis y desarrollo de un programa de selección rápida de factores de seguridad, para diseño de elementos mecánicos. *Scientia et Technica*, 1(35). <https://ojs2.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/5405>
- Sivakumar, S., Sridhar, S. S., Rajalakshmi, R., Pushpalatha, M., Shanmugan, S., & Niranjana, G. (2023). Intelligent and assisted medicine dispensing machine for elderly visual impaired people with deep neural network fingerprint authentication system (2). *Internet of Things (Netherlands)*, 23. <https://doi.org/10.1016/j.iot.2023.100821>
- Vanegas Useche, L. V. (2018). *Diseño de Elementos de Máquinas*. Universidad Tecnológica de Pereira. <https://doi.org/10.22517/9789587223019>

Apéndices**Apéndice A. Resultados encuesta medicamentos consumidos por personas de la tercera edad.**

Figura A1. Diagrama de torta resultados de la encuesta respecto al género de los adultos mayores

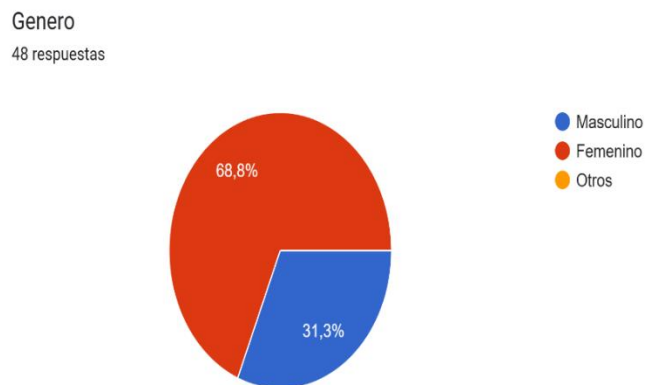
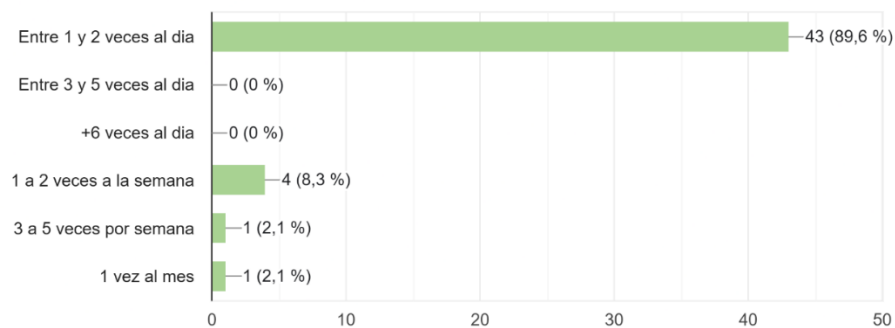


Figura A2. Diagrama de barra sobre la frecuencia de veces que las personas de la tercera edad toman sus medicamentos.

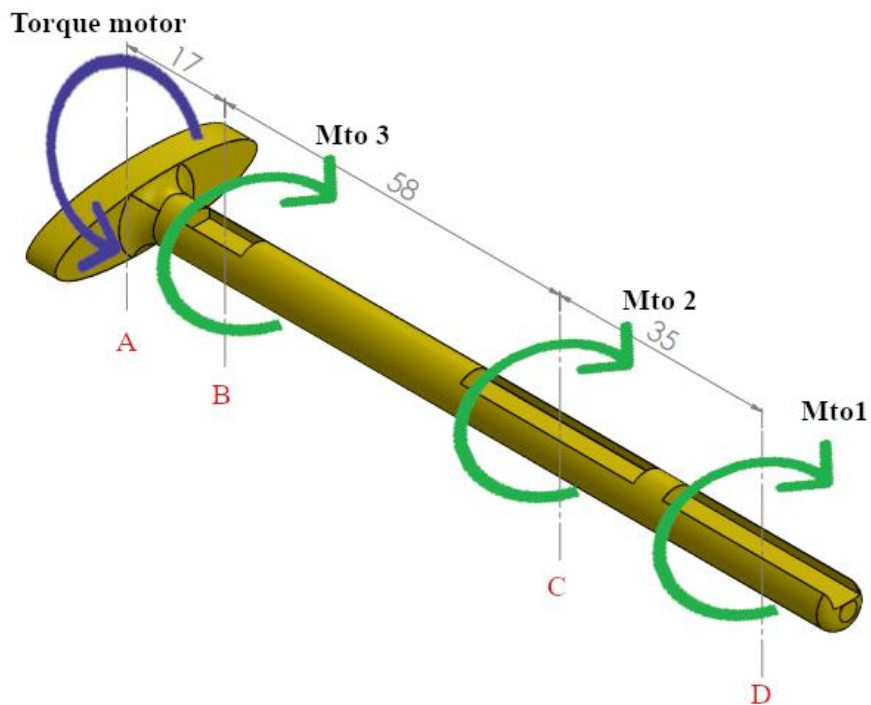
¿Con qué frecuencia toman esos medicamentos?

48 respuestas

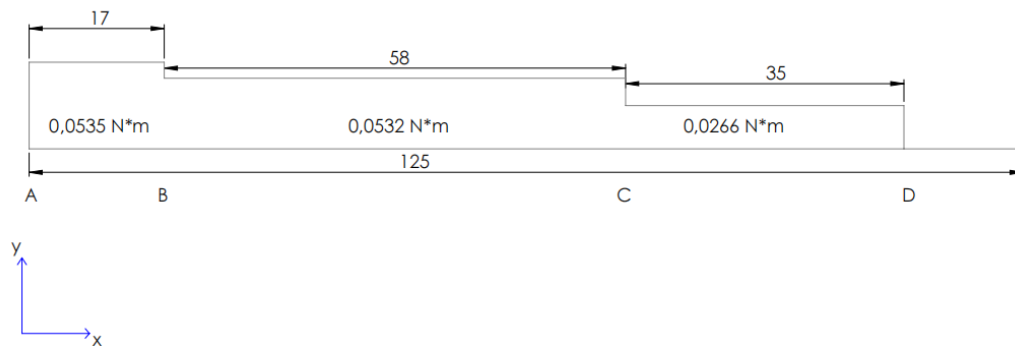


Apéndice B . Cálculos del eje

Retomando los cálculos de la sección 5.1.4.1 se calculó el torque que requiere el eje para mover el sistema de dosificación como se observa en la figura B1.



Recordando en la sección 3.1.4.1 el valor para MTO1 y MTO2 pasándolos a Newton por metro ($N*m$) por conveniencia para los próximos cálculos sería de $0,0266 N*m$, MTO3 es de $0,0003 N*m$ y el torque del motor es de $0,0535 N*m$. Con esto se observa que el eje se encuentra únicamente sometido a cargas de torsión por lo que se procede a realizar el diagrama de torsión como se muestra en la Figura B2.



Con esto se procede a calcular el factor de seguridad tomando la ecuación que plantea Vanegas Useche (2018) en su libro diseño de elementos de máquinas (Vanegas Useche, 2018) la cual es la siguiente:

$$N = \frac{\pi d^3}{32} \left[\left(K_f \frac{M}{S_n} \right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{T}{S_y} \right)^2 \right]^{-\frac{1}{2}} \quad (14)$$

Donde:

N es el factor de seguridad.

d es el diámetro del eje.

K_f es un factor de concentrador de esfuerzos en flexión.

M es el momento flector en el punto a analizar.

S_n es la resistencia a la fatiga corregida.

T es el momento de torsión en el punto a analizar.

S_y es la resistencia de fluencia en tracción del material.

Ahora debido que el eje solo cuenta con momentos que generan torsión, M será igual a 0 por lo que la ecuación queda de la siguiente manera:

$$N = \frac{\pi d^3}{32} \left[\frac{3}{4} \left(\frac{T}{S_y} \right)^2 \right]^{-\frac{1}{2}} \quad (15)$$

Ahora teniendo en cuenta que el diámetro del eje que se tomó es de 7mm o 0,007m, además, según el diagrama de torsión mostrado en la figura B2 el momento de torsión más alto es 0,0535 N*m y para el S_y o resistencia de fluencia en tracción del PLA + según el fabricante es de 60Mpa (eSun3D, 2025). evaluando en (15) se obtiene el factor de seguridad N:

$$N = \frac{\pi d^3}{32} \left[\frac{3}{4} \left(\frac{T}{S_y} \right)^2 \right]^{-\frac{1}{2}} = \frac{\pi \cdot 0,007m^3}{32} \left[\frac{3}{4} \left(\frac{0,0535N \cdot m}{60 \cdot 10^6 Pa} \right)^2 \right]^{-\frac{1}{2}} = 43,6075$$

Obteniendo así que el factor de seguridad para el eje con 7 mm es de 43,6075.

El factor de seguridad mínimo que se decidió tomar es de N igual a 8 según los criterios de selección de factor de seguridad (Ríos Q. & Roncancio H., 2007) por lo que reescribiendo la ecuación (15) queda de la siguiente manera:

$$d = \left\{ \frac{32N}{\pi} \left[\frac{3}{4} \left(\frac{T}{S_y} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\}^{\frac{1}{3}} \quad (15)$$

Reemplazando se obtiene:

$$d = \left\{ \frac{32N}{\pi} \left[\frac{3}{4} \left(\frac{T}{S_y} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\}^{\frac{1}{3}} = \left\{ \frac{32 \cdot 8}{\pi} \left[\frac{3}{4} \left(\frac{0,0535N \cdot m}{60 \cdot 10^6 Pa} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\}^{\frac{1}{3}} = 0,003977m = 3,977 \text{ mm}$$

Apéndice C, Librerías utilizadas en Arduino.**SoftwareSerial.h**

Con el fin de establecer una comunicación serial entre el módulo Bluetooth y la placa Arduino, se implementó un sistema de envío y recepción de datos en modo half-dúplex. Este método permite la comunicación bidireccional, aunque con la restricción de que solo puede ocurrir en una dirección a la vez.

EEPROM.h

El Arduino Uno dispone de una memoria EEPROM que funciona como un pequeño disco duro, permitiendo almacenar valores de forma permanente, incluso después de desconectar la alimentación. Esto garantiza que los horarios definidos se conserven sin riesgo de pérdida ante una desconexión o la recarga del código. La librería correspondiente facilita el acceso a esta memoria, permitiendo leer y sobrescribir los datos según sea necesario.

Servo.h

Se utiliza para modificar y controlar la velocidad del servomotor, ya que este ha sido modificado para girar 360 grados. Debido a esta modificación, no es posible controlar los ángulos de giro de manera precisa. Su principal función es regular el arranque y la detención del servomotor.

LiquidCrystal_I2C

Su función es controlar la pantalla LCD mediante el módulo I2C, permitiendo gestionar los caracteres que se muestran y la velocidad de actualización. En este caso, se utilizará para mostrar la fecha y la hora en tiempo real, actualizándose cada segundo.

RTClib.h

Esta librería se emplea para configurar el RTC de manera sencilla, permitiendo establecer la hora inicial y asegurando su correcto funcionamiento para evitar desfases en la hora exacta.

Wire.h

Esta biblioteca nos permite realizar a comunicación con el módulo I2C, debido a que este permite enviar y leer datos hacia y desde componentes I2C, lo que nos permitirá controlar y leer lo que se muestran en la pantalla LCD.

Avr/wdt.h

Esta biblioteca nos permite reiniciar el sistema en diversas situaciones previamente establecidas en el código con el fin de evitar posibles congelamientos del microcontrolador que afecten la correcta dispensación de los medicamentos.

Figura C1 interfaz de usuario de la aplicación





Apéndice D. Resultados encuesta al público objetivo para conocer su opinión acerca del proyecto

Figura D1

Resultados sobre pregunta: ¿Usaría la tecnología para la dosificación de sus medicamentos?

¿Usaría la tecnología para la dosificación de sus medicamentos?
42 respuestas

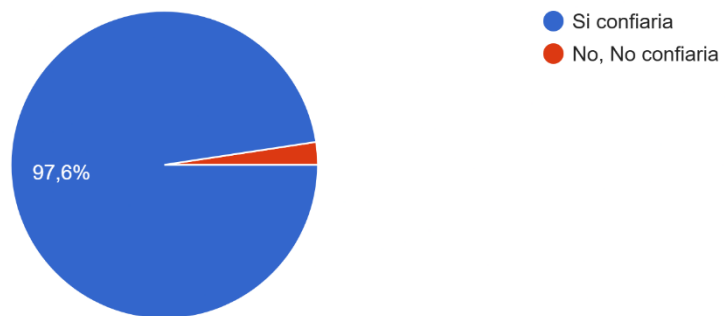


Figura D2

Resultados sobre pregunta: ¿Qué tan familiarizadas están con la tecnología las personas que cuidan de usted?

¿Qué tan familiarizadas están con la tecnología las personas que cuidan de usted?
41 respuestas

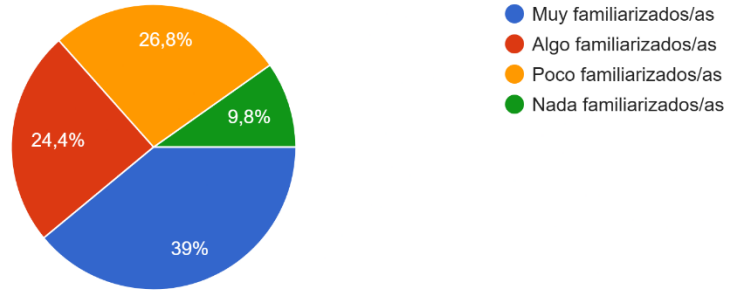


Figura D3

Resultados sobre pregunta: ¿Le parecería importante que un familiar o cuidador pueda revisar su medicación desde la aplicación?

¿Le parecería importante que un familiar o cuidador pueda revisar su medicación desde la aplicación?
41 respuestas

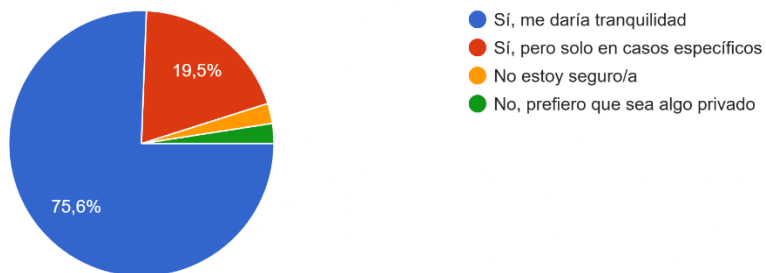


Figura D4

Resultados sobre pregunta: ¿Si tuviera la oportunidad, Compraría un dispensador de pastillas por aplicación móvil?

¿Si tuviera la oportunidad, Compraría un dispensador de pastillas por aplicacion movil?
41 respuestas

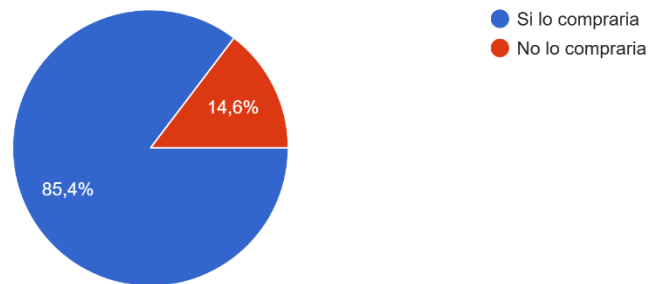
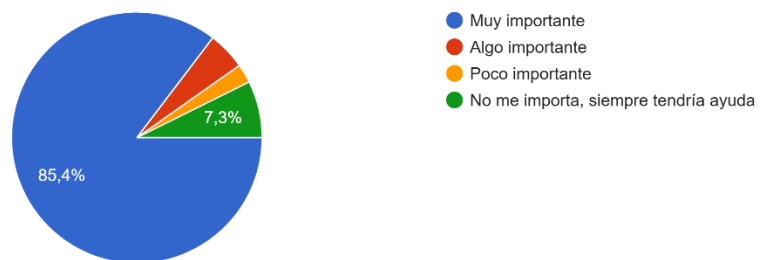


Figura D5

Resultados sobre pregunta: ¿Qué tan importante es para usted que el dispensador sea fácil de usar sin necesidad de ayuda técnica?

¿Qué tan importante es para usted que el dispensador sea fácil de usar sin necesidad de ayuda técnica?
41 respuestas



Apéndice E Cálculos de precisión y exactitud en pruebas del prototipo.

$$\text{precisión} = \frac{VP}{VP + FP} \quad (16)$$

$$\text{Exactitud} = \frac{VP + VN}{VP + FP + FN + VN} \quad (17)$$

Figura Tabla E1

Resultados recopilados correspondientes a la evaluación del sistema de recarga.

		Dia 1	Dia 2	Dia 3	Total
VP	Verdaderos positivos	79	78	78	235
FP	Falsos positivos	0	0	0	0
VN	Verdaderos negativos	x	x	x	0
FN	Falsos negativos	1	2	2	5

Figura Tabla E2

Resultados recopilados correspondientes a la evaluación del sistema de dispensación.

		Dia 1	Dia 2	Dia 3	Total
VP	Verdaderos positivos	22	23	22	67
FP	Falsos positivos	0	0	0	0
VN	Verdaderos negativos	x	x	x	0
FN	Falsos negativos	1	0	1	2

Figura Tabla E3

Resultados obtenidos en el protocolo de pruebas referente a la retención de los horarios dentro de la App.

	Retención de horarios	
	Horario Guardado	Horario eliminado o modificado
Día 1	10	0
Día 2	10	0
Día 3	10	0
Día 4	10	0
Día 5	10	0

Figura Tabla E4

Resultados obtenidos en el protocolo de pruebas referente a la actualización de los horarios dentro de la App.

	Actualización de horarios	
	Correctamente	Erróneamente
Día 1	10	0
Día 2	10	0
Día 3	10	0
Día 4	10	0
Día 5	10	0

Apéndice F Códigos de programación

```
#include <avr/wdt.h>

#include <Servo.h>

#include <Wire.h>

#include "RTCLib.h"

#include <LiquidCrystal_I2C.h>

#include <EEPROM.h>

#include <SoftwareSerial.h>

int address = 0;

SoftwareSerial miBT (10, 11);

Servo myservo;

Servo youservo;

const float SERVO_MOVE = 95.5;

const float SERVO_STOP = 92;

int valor = 0;

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);

RTC_DS1307 RTC;

bool sensorState = false;

bool lastSensorState = false;

const int BUZZER = 13;

bool servoActivated = false;

bool youservoActivated = false;

unsigned long previousMillis = 0;
```

```
const long interval = 1000;

char data;

int recarga = 11;

int sensorPin = 2;

int sensorPin2 = 3;

#define MAX_HORARIOS 5 // Número máximo de horarios almacenados

int horarios[MAX_HORARIOS][4]; // Almacena [hora, minuto, segundo, dosis]

int numHorarios = 0; // Cantidad de horarios almacenados

int horarios2[MAX_HORARIOS][4]; // Almacena [hora, minuto, segundo, dosis]

int numHorarios2 = 0; // Cantidad de horarios almacenados para el Segundo

void leerHorariosEEPROM() {

    numHorarios = EEPROM.read(0);

    if (numHorarios > MAX_HORARIOS) numHorarios = MAX_HORARIOS;

    for (int i = 0; i < numHorarios; i++) {

        horarios[i][0] = EEPROM.read(1 + i * 4);

        horarios[i][1] = EEPROM.read(2 + i * 4);

        horarios[i][2] = EEPROM.read(3 + i * 4);

        horarios[i][3] = EEPROM.read(4 + i * 4); // Leer dosis

    }

    numHorarios2 = EEPROM.read(1 + numHorarios * 4);

    if (numHorarios2 > MAX_HORARIOS) numHorarios2 = MAX_HORARIOS;

    for (int i = 0; i < numHorarios2; i++) {
```

```
    horarios2[i][0] = EEPROM.read(2 + numHorarios * 4 + i * 4);
    horarios2[i][1] = EEPROM.read(3 + numHorarios * 4 + i * 4);
    horarios2[i][2] = EEPROM.read(4 + numHorarios * 4 + i * 4);
    horarios2[i][3] = EEPROM.read(5 + numHorarios * 4 + i * 4); // Leer dosis
  }
}

void guardarHorariosEEPROM() {
  EEPROM.write(0, numHorarios);

  for (int i = 0; i < numHorarios; i++) {
    EEPROM.write(1 + i * 4, horarios[i][0]);
    EEPROM.write(2 + i * 4, horarios[i][1]);
    EEPROM.write(3 + i * 4, horarios[i][2]);
    EEPROM.write(4 + i * 4, horarios[i][3]); // Guardar dosis
  }

  EEPROM.write(1 + numHorarios * 4, numHorarios2);

  for (int i = 0; i < numHorarios2; i++) {
    EEPROM.write(2 + numHorarios * 4 + i * 4, horarios2[i][0]);
    EEPROM.write(3 + numHorarios * 4 + i * 4, horarios2[i][1]);
    EEPROM.write(4 + numHorarios * 4 + i * 4, horarios2[i][2]);
    EEPROM.write(5 + numHorarios * 4 + i * 4, horarios2[i][3]); // Guardar dosis
  }
}

void mostrarHorarios() {
```

```
Serial.println("Horarios guardados:");

for (int i = 0; i < numHorarios; i++) {

    Serial.print(horarios[i][0]); Serial.print(":");

    Serial.print(horarios[i][1]); Serial.print(":");

    Serial.println(horarios[i][2]);

}

}

void activarServo(Servo &servo, int dosis, int sensorPin, bool &servoActivated) {

    for (int i = 0; i < dosis; i++) {

        servo.write(96); // Activar servo

        servoActivated = true;

        while (servoActivated) {

            sensorState = digitalRead(sensorPin);

            if (!sensorState && lastSensorState) {

                servo.write(92); // Detener servo

                servoActivated = false;

                Serial.println("Obstáculo detectado");

                delay(2000); // Esperar 2 segundos antes de la siguiente activación

            }

            lastSensorState = sensorState;

            delay(20); // Pequeño retardo para estabilidad

        }

    }

}
```

```
    }  
  
    tone(BUZZER, 1000);  
  
    delay(5000);    // Suena durante 5 segundos  
  
    noTone(BUZZER);  
  
    reset();  
}  
  
void activarServo2(Servo &servo, int dosis, int sensorPin, bool &servoActivated) {  
  
    for (int i = 0; i < dosis; i++) {  
  
        servo.write(95); // Activar servo  
  
        servoActivated = true;  
  
        while (servoActivated) {  
  
            sensorState = digitalRead(sensorPin);  
  
            if (!sensorState && lastSensorState) {  
  
                servo.write(90); // Detener servo  
  
                servoActivated = false;  
  
                Serial.println("Obstáculo detectado");  
  
                delay(2000); // Esperar 2 segundos antes de la siguiente activación  
  
            }  
  
            lastSensorState = sensorState;  
  
            delay(20); // Pequeño retardo para estabilidad  
  
        }  
  
    }  
  
    tone(BUZZER, 1000); // Genera un tono de 1000 Hz
```

```
delay(5000);      // Suena durante 5 segundos

noTone(BUZZER);

reset();

}

void recargarServo(Servo &servo, int &recarga, int sensorPin, bool &servoActivated) {

    while (recarga > 0) {

        //int valor = digitalRead(sensorPin);

        if (!servoActivated) {

            servo.write(96); // Activar servo

            servoActivated = true

            recarga--;

            Serial.print("Recarga restante: ");

            Serial.println(recarga);

        }

        if (servoActivated) {

            sensorState = digitalRead(sensorPin);

            if (!sensorState && lastSensorState) {

                servo.write(92); // Detener servo

                servoActivated = false;

                Serial.println("Obstáculo detectado");

                delay(2000); // Esperar 2 segundos antes de la siguiente activación

            }

            lastSensorState = sensorState;
```

```
        delay(20); // Pequeño retardo para estabilidad
    }
    if (recarga == 0) {
        servo.write(92); // Detener servo

        Serial.println("Recarga completada, deteniendo servo");

        servoActivated = false;
    }
}

Serial.println("Salió del ciclo while");

recarga = 11; // Resetear recarga

lastSensorState = sensorState;

delay(20); // Pequeño retardo para estabilidad
}

void recargarServo2(Servo &servo, int &recarga, int sensorPin2, bool
&yoservoActivated) {
    while (recarga > 0) {
        if (!yoservoActivated) {
            servo.write(95); // Activar yoservo

            yoservoActivated = true;

            recarga--;

            Serial.print("Recarga restante: ");

            Serial.println(recarga);
        }
    }
}
```

```
if (yoservoActivated) {  
    sensorState = digitalRead(sensorPin2); // Sensor 2  
  
    if (!sensorState && lastSensorState) {  
        servo.write(90); // Detener yoservo  
  
        yoservoActivated = false;  
  
        Serial.println("Obstáculo detectado (yoservo)");  
  
        delay(2000);  
    }  
  
    lastSensorState = sensorState;  
  
    delay(20);  
}  
  
if (recarga == 0) {  
    servo.write(90); // Detener yoservo  
  
    Serial.println("Recarga completada, deteniendo yoservo");  
  
    yoservoActivated = false;  
}  
}  
  
Serial.println("Salió del ciclo while (yoservo)");  
  
recarga = 11; // Reset  
  
lastSensorState = sensorState;  
  
delay(20);  
}  
  
void reset(){
```

```
wdt_enable(WDTO_15MS);

while(1){};

}

void setup() {

    // initialize serial and wait for port to open:

    pinMode(sensorPin, INPUT);

    Serial.begin(9600);

    miBT.begin(38400);

    myservo.attach(9);

    youservo.attach(5);

    myservo.write(92);

    youservo.write(90);

    Wire.begin();

    RTC.begin();

    lcd.init();

    lcd.backlight();

    lcd.clear();

    pinMode(BUZZER, OUTPUT);

    //RTC.adjust(DateTime(__DATE__, __TIME__));

    // Verifica el RTC

    if (!RTC.isrunning()) {

        Serial.println("RTC no está funcionando");

    }

}
```

```
while (!Serial) {  
    ;  
}  
leerHorariosEEPROM();  
mostrarHorarios();  
}  
void loop() {  
    unsigned long currentMillis = millis();  
    if (currentMillis - previousMillis >= interval) {  
        previousMillis = currentMillis;  
        DateTime now = RTC.now();  
        // Actualiza el LCD con un formato fijo  
        lcd.setCursor(0, 0);  
        lcd.print("Fecha:");  
        lcd.print(now.year());  
        lcd.print("/");  
        if (now.month() < 10) lcd.print("0");  
        lcd.print(now.month());  
        lcd.print("/");  
        if (now.day() < 10) lcd.print("0");  
        lcd.print(now.day());  
        lcd.setCursor(0, 1);  
        lcd.print("Hora: ");
```

```

if (now.hour() < 10) lcd.print("0");

lcd.print(now.hour());

lcd.print(":");

if (now.minute() < 10) lcd.print("0");

lcd.print(now.minute());

lcd.print(":");

if (now.second() < 10) lcd.print("0");

lcd.print(now.second());

for (int i = 0; i < numHorarios; i++) {

  if (now.hour() == horarios[i][0] &&

      now.minute() == horarios[i][1] &&

      now.second() == horarios[i][2] &&

      !servoActivated) {

    activarServo(myServo, horarios[i][3], sensorPin, servoActivated); // Activar servo
según la dosis

    break;

  }

}

for (int i = 0; i < numHorarios2; i++) {

  if (now.hour() == horarios2[i][0] &&

      now.minute() == horarios2[i][1] &&

      now.second() == horarios2[i][2] &&

      !youservoActivated) {

```

```
    activarServo2(youservo, horarios2[i][3], sensorPin2, youservoActivated); // Activar
segundo servo según la dosis
```

```
        break;
```

```
    }
```

```
}
```

```
if (miBT.available()) {
```

```
    String mensaje = miBT.readStringUntil('#'); // Leer hasta el carácter '#'
```

```
    if (mensaje.startsWith("@")) {
```

```
        miBT.print("1");
```

```
        Serial.println("Confirmacion");
```

```
        return; // Salir para evitar retrasos
```

```
    }
```

```
    if (mensaje.startsWith("@_")) {
```

```
        mensaje.remove(0, 2);
```

```
        int index = 0;
```

```
        while (mensaje.length() > 0 && index < MAX_HORARIOS) {
```

```
            int separatorIndex = mensaje.indexOf(';');
```

```
            String horario = (separatorIndex != -1) ? mensaje.substring(0, separatorIndex) :
```

```
mensaje;
```

```
            mensaje = (separatorIndex != -1) ? mensaje.substring(separatorIndex + 1) : "";
```

```
            int hh, mm, ss, dosis;
```

```
            sscanf(horario.c_str(), "%d:%d:%d:%d", &hh, &mm, &ss, &dosis);
```

```
            if (index < MAX_HORARIOS) {
```

```
        horarios[index][0] = hh;

        horarios[index][1] = mm;

        horarios[index][2] = ss;

        horarios[index][3] = dosis; // Guardar dosis

        index++;

    }

}

numHorarios = index;

guardarHorariosEEPROM(); // Guardar en EEPROM

Serial.println("Horarios actualizados correctamente.");

}

if (mensaje.startsWith("@*")) {

    mensaje.remove(0, 2);

    int index = 0;

    while (mensaje.length() > 0 && index < MAX_HORARIOS) {

        int separatorIndex = mensaje.indexOf(';');

        String horario = (separatorIndex != -1) ? mensaje.substring(0, separatorIndex) :

mensaje;

        mensaje = (separatorIndex != -1) ? mensaje.substring(separatorIndex + 1) : "";

        int hh, mm, ss, dosis;

        sscanf(horario.c_str(), "%d:%d:%d:%d", &hh, &mm, &ss, &dosis);

        if (index < MAX_HORARIOS) {
```

```
        horarios2[index][0] = hh;

        horarios2[index][1] = mm;

        horarios2[index][2] = ss;

        horarios2[index][3] = dosis; // Guardar dosis

        index++;

    }

}

numHorarios2 = index;

guardarHorariosEEPROM();

Serial.println("Horarios 2 actualizados correctamente.");

}

if (mensaje.startsWith("@&")) {

    Serial.println("Mensaje recibido, iniciando ciclo while");

    recargarServo(myservo, recarga, sensorPin, servoActivated);

}

if (mensaje.startsWith("@r")) {

    Serial.println("Mensaje recibido, iniciando ciclo while 2");

    recargarServo2(youservo, recarga, sensorPin2, youservoActivated);

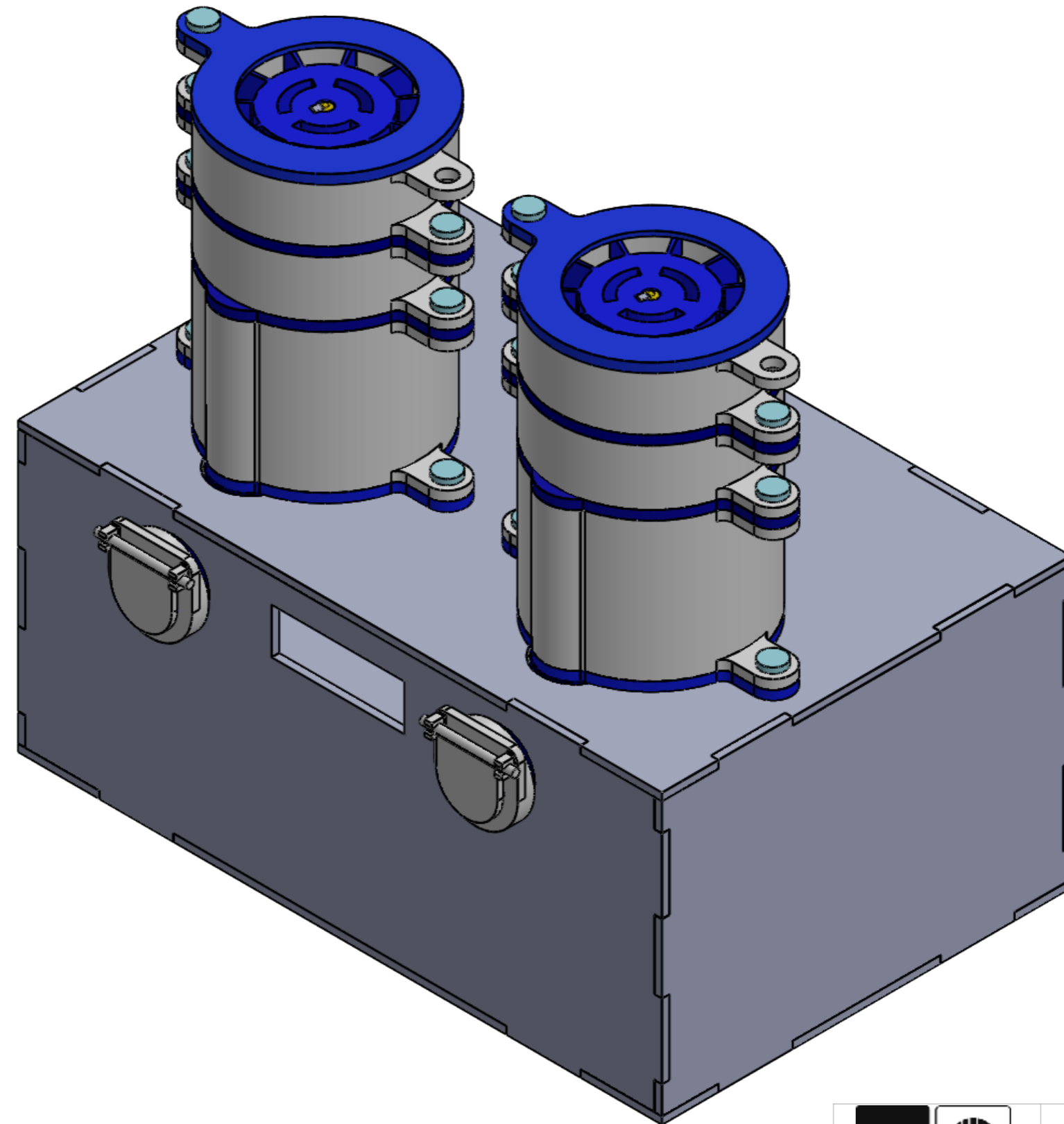
}

}

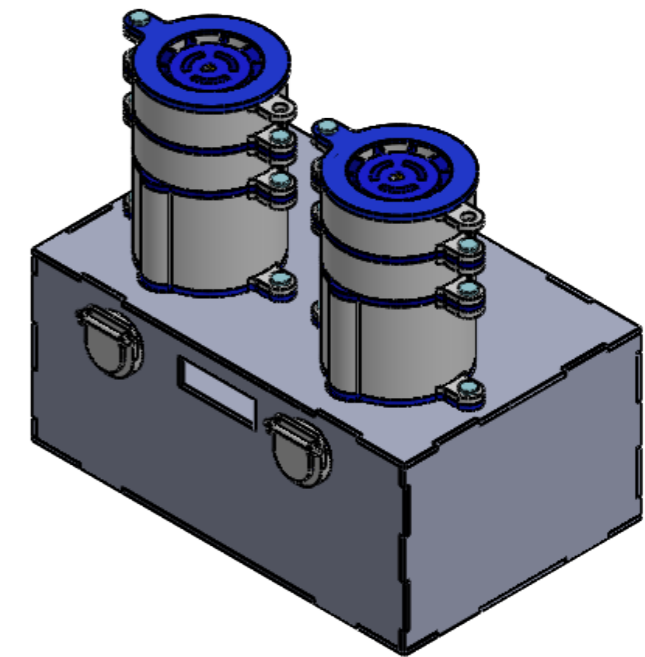
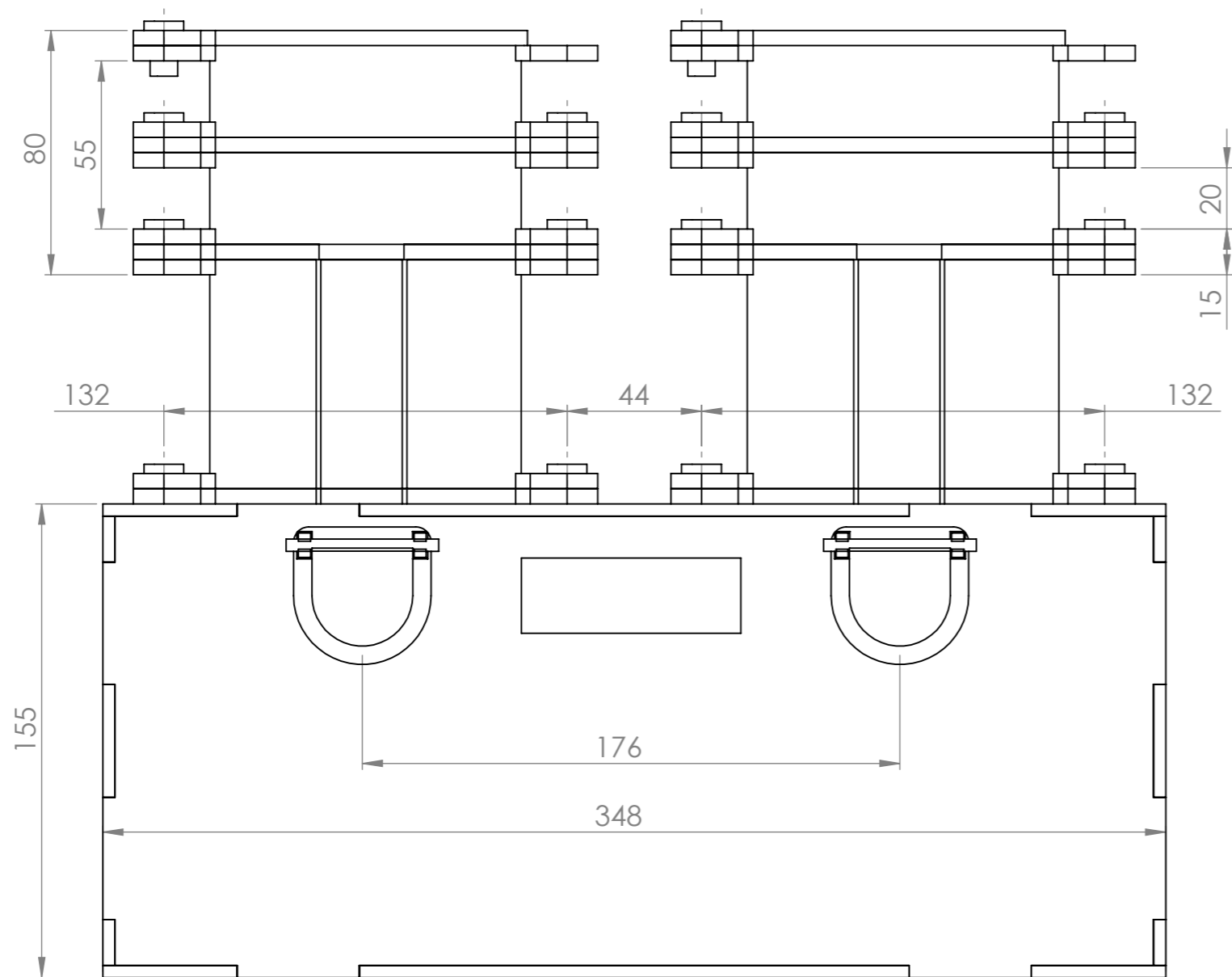
}

}
```

Apéndice G Planos en detalle del prototipo

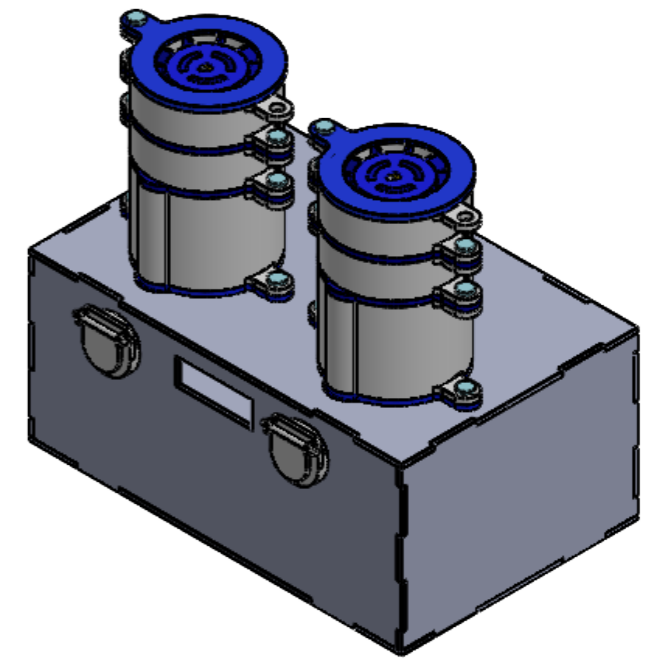


		UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	
FECHA: 17/05/25	ESCALA: 1:2	TITULO: DISPENSADOR AUTOMATICO POR APLICACION MOVIL ISOMETRICA SISTEMA PRINCIPAL	
UNIDADES: mm	A3	AUTOR: Andres Felipe Florez Jaimes y Andres Felipe Diaz Perez	
		ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA	HOJA 1/32

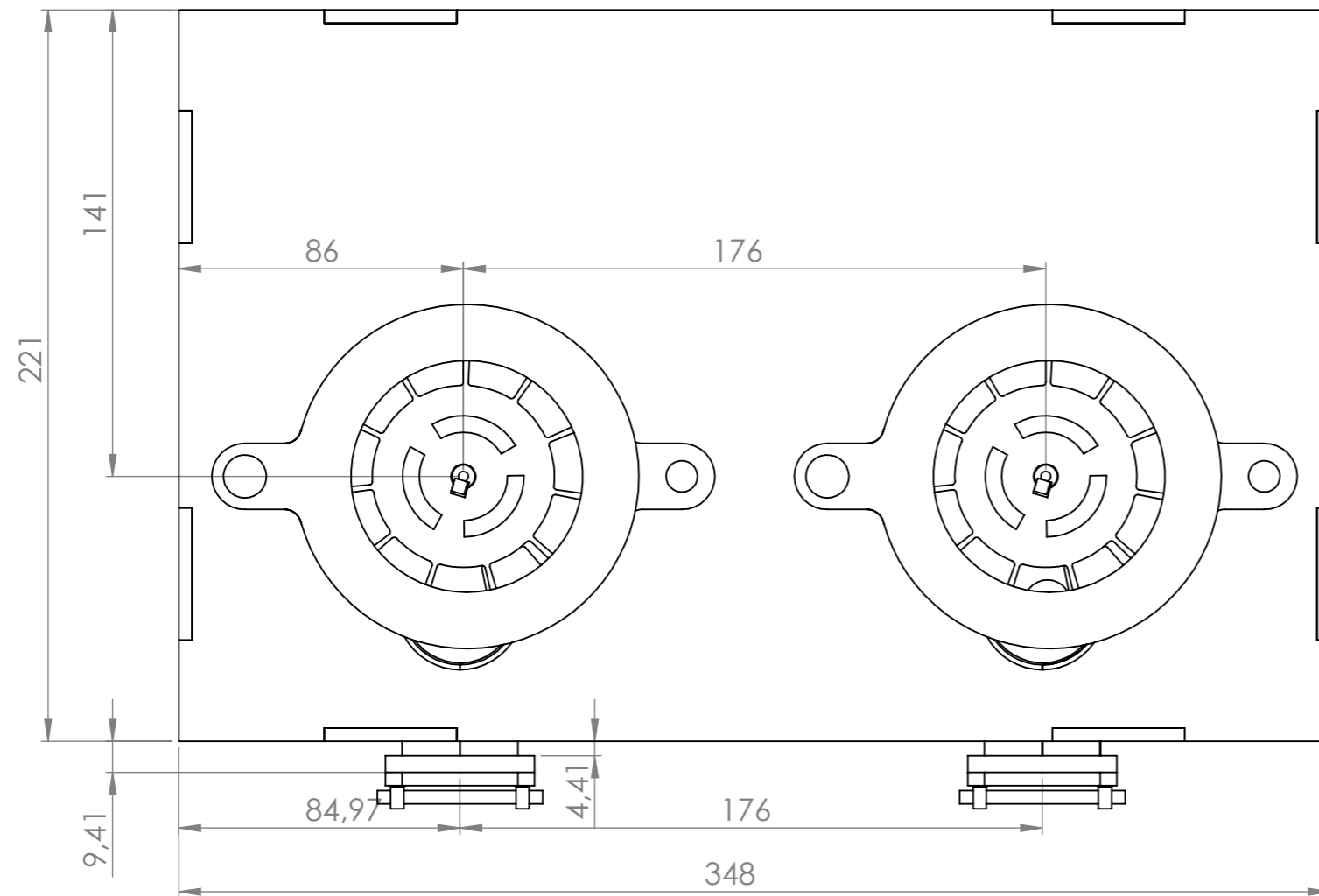


ESCALA 1:5

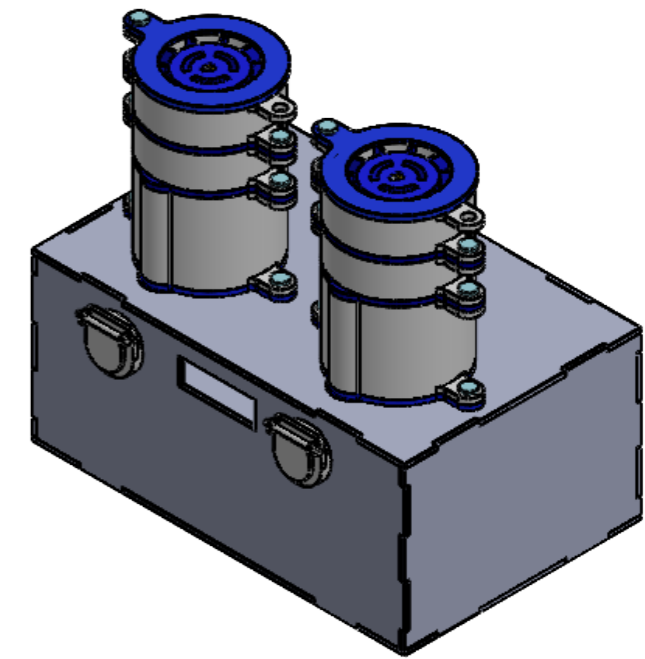
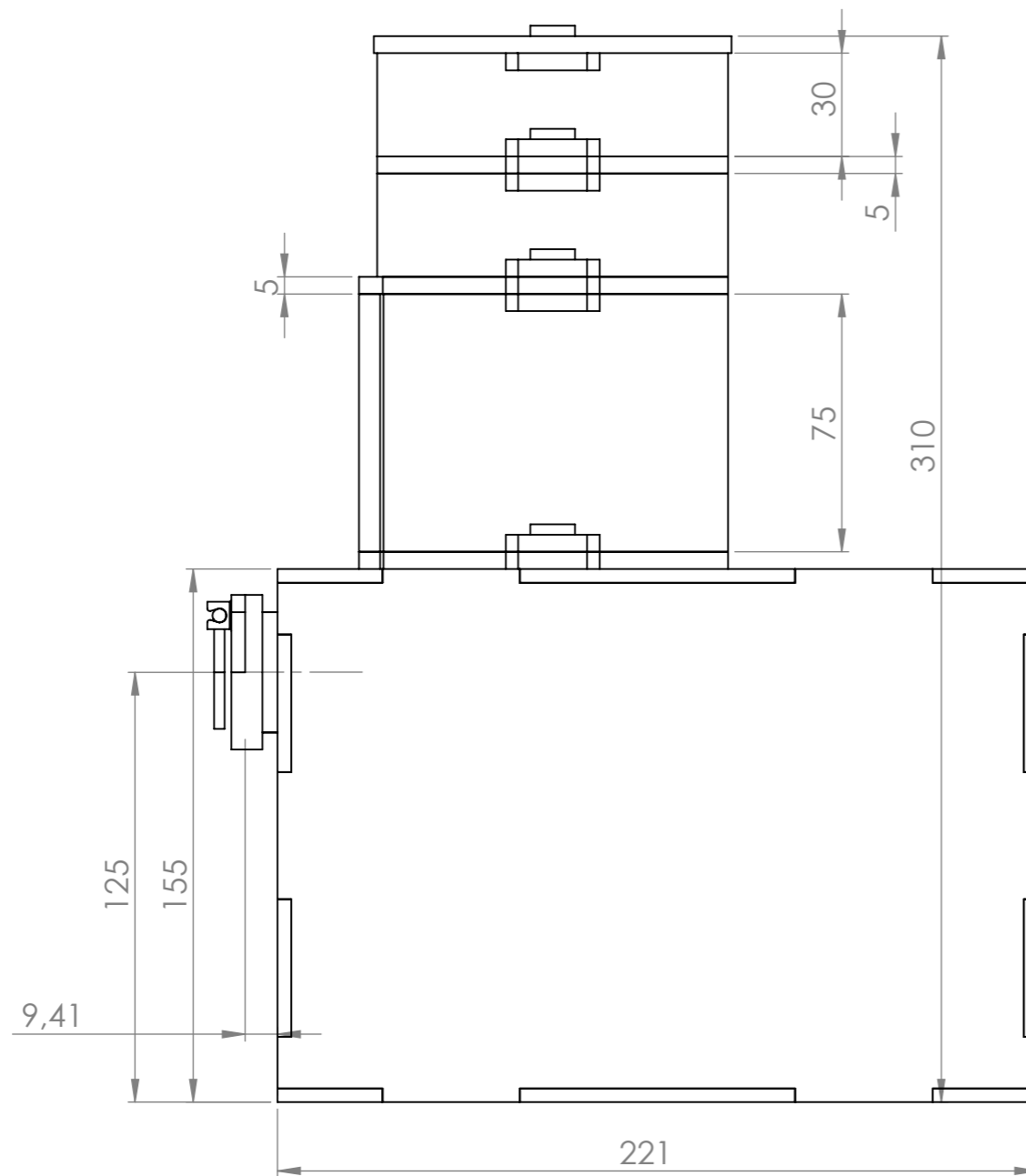
 		UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	
FECHA: 17/05/25		TITULO: DISPENSADOR AUTOMATICO POR APLICACION MOVIL	
ESCALA: 1:2		VISTA FRONTAL SISTEMA PRINCIPAL	
UNIDADES: mm		AUTOR: Andres Felipe Florez Jaimes y Andres Felipe Diaz Perez	
A3		ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA	HOJA 2/32



ESCALA 1:5

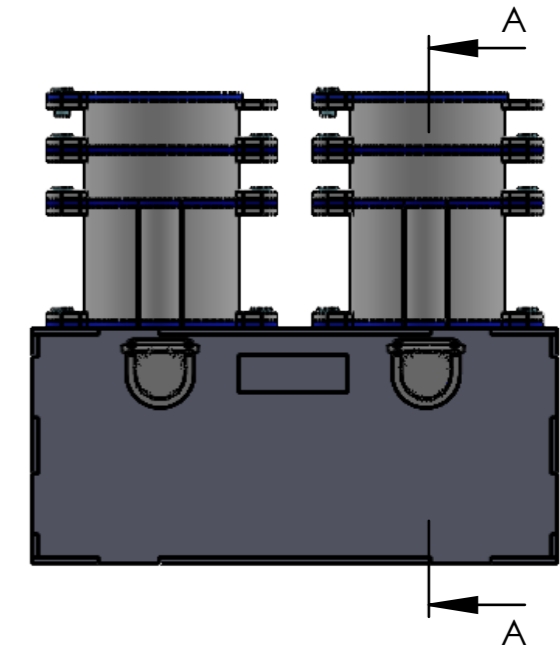
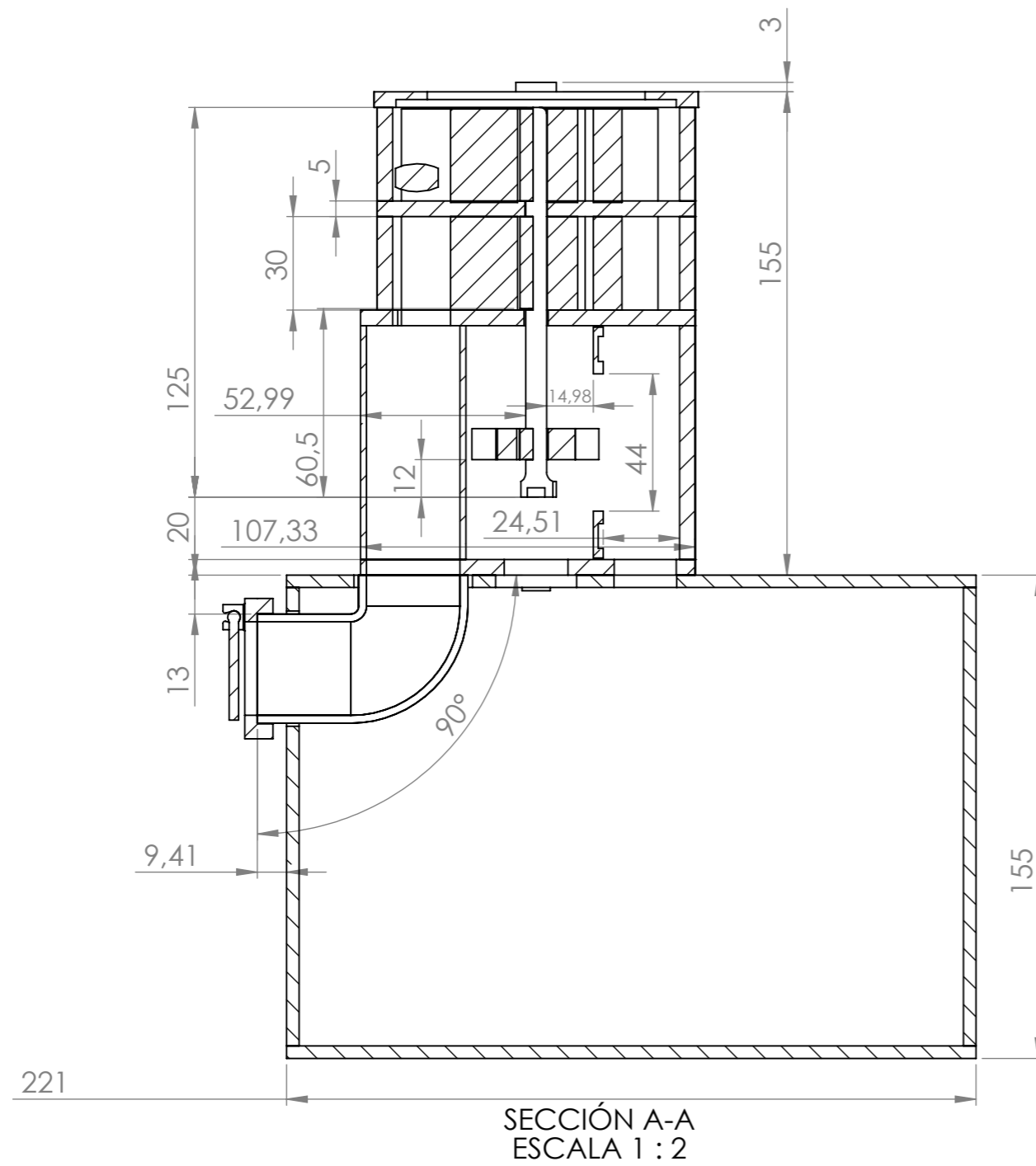


 		UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	
FECHA: 17/05/25		TITULO: DISPENSADOR AUTOMATICO POR APLICACION MOVIL VISTA PLANTA SISTEMA PRINCIPAL	
ESCALA: 1:2		AUTOR: Andres Felipe Florez Jaimes y Andres Felipe Diaz Perez	
UNIDADES: mm		ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA	
A3		HOJA 3/32	



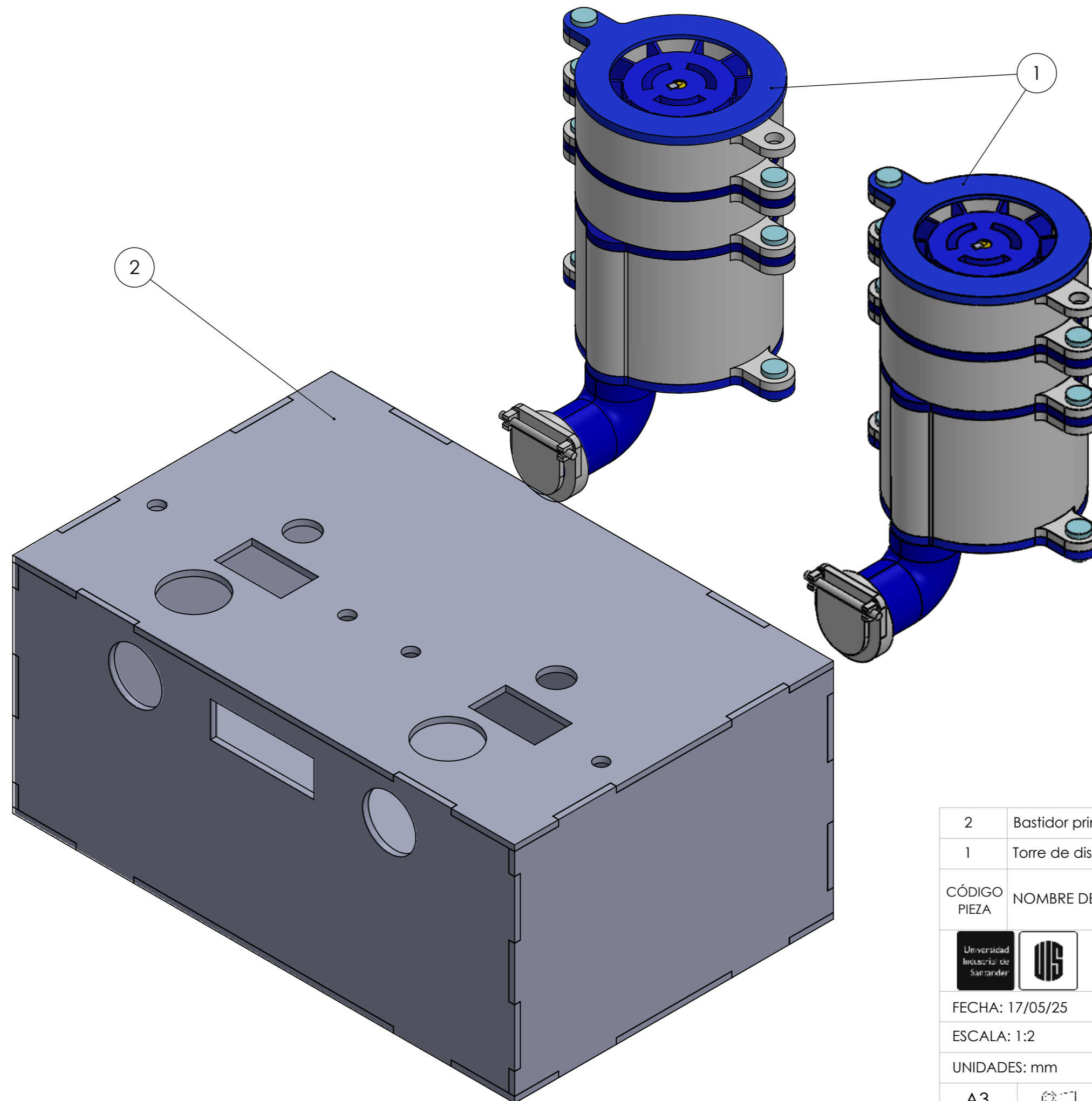
ESCALA 1:5

		UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	
FECHA: 17/05/25		TITULO: DISPENSADOR AUTOMATICO POR APLICACION MOVIL	
ESCALA: 1:2		VISTA LATERAL SISTEMA PRINCIPAL	
UNIDADES: mm		AUTOR: Andres Felipe Florez Jaimes y Andres Felipe Diaz Perez	
A3		ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA	HOJA 4/32

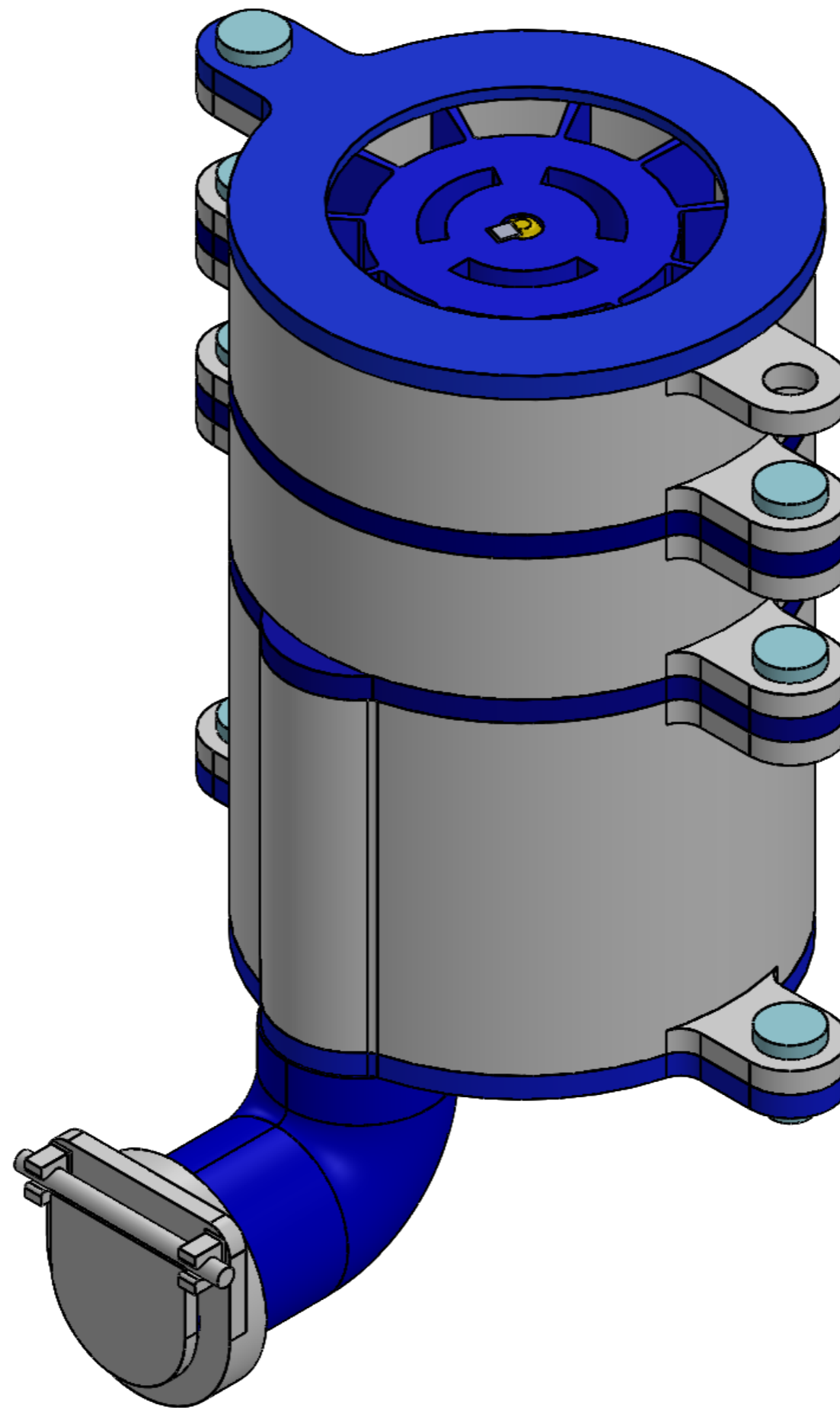


ESCALA 1:5

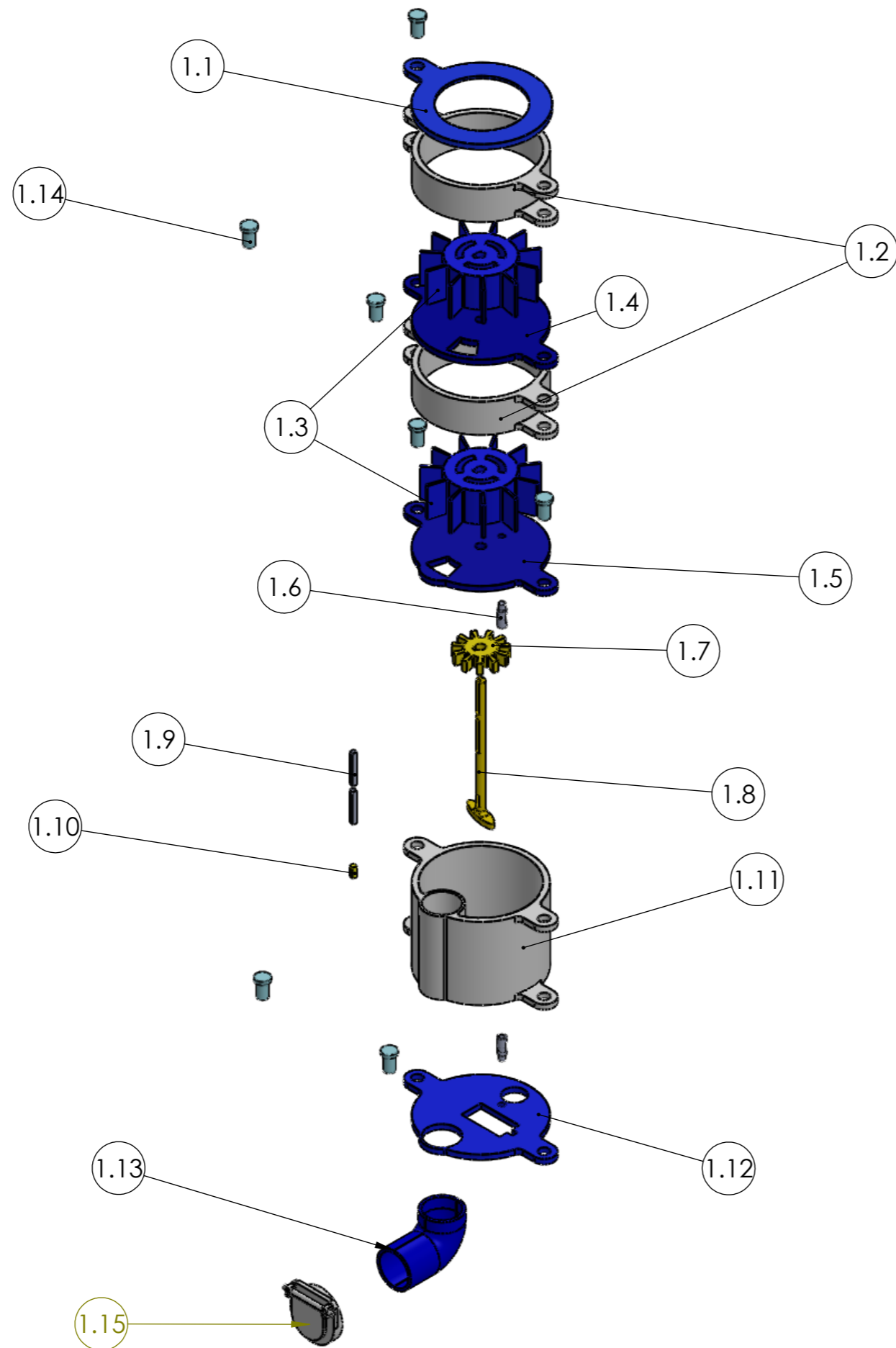
		UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	
FECHA: 17/05/25		TITULO: DISPENSADOR AUTOMATICO POR APLICACION MOVIL	
ESCALA: 1:2		VISTA CORTE A-A SISTEMA PRINCIPAL	
UNIDADES: mm		AUTOR: Andres Felipe Florez Jaimes y Andres Felipe Diaz Perez	
A3		ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA	HOJA 5/32



2	Bastidor principal	1
1	Torre de dispensacion	2
CÓDIGO PIEZA	NOMBRE DE LA PIEZA	Cant.
		UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FECHA: 17/05/25	TITULO: DISPENSADOR AUTOMATICO POR APLICACION MOVIL VISTA EXPLOCIONADA DE SUBSISTEMAS QUE CONFORMAN EL SISTEMA PRINCIPAL	
ESCALA: 1:2	AUTOR: Andres Felipe Florez Jaimes y Andres Felipe Diaz Perez	
UNIDADES: mm		
A3		ESCUOLA INGENIERIA MECANICA HOJA 6/32



		UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	
FECHA: 17/05/25	TITULO: DISPENSADOR AUTOMATICO POR APLICACION MOVIL VISTA ISOMETRICA		
ESCALA: 1:1	CODIGO DE PIEZA : 1 Torre de dispensacion		
UNIDADES: mm	AUTOR: Andres Felipe Florez Jaimes y Andres Felipe Diaz Perez		
A3		ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA	HOJA 7/32



1.15	Tapa retenedora	1	poliácido láctico (PLA)+
1.14	Pasador	7	poliácido láctico (PLA)+
1.13	Tubo de extraccion	1	poliácido láctico (PLA)+
1.12	Plataforma base	1	poliácido láctico (PLA)+
1.11	Soporte principal	1	poliácido láctico (PLA)+
1.10	Chabeta del detector	1	poliácido láctico (PLA)+
1.9	Chabeta del dosificador	2	poliácido láctico (PLA)+
1.8	Eje	1	poliácido láctico (PLA)+
1.7	Detector	1	poliácido láctico (PLA)+
1.6	Soporte para led detector	2	poliácido láctico (PLA)+
1.5	Plataforma inferior	1	poliácido láctico (PLA)+
1.4	Plataforma superior	1	poliácido láctico (PLA)+
1.3	Dosificador	2	poliácido láctico (PLA)+
1.2	Pared dosificador	2	poliácido láctico (PLA)+
1.1	Tapa protectora	1	poliácido láctico (PLA)+
CÓDIGO PIEZA	NOMBRE DE LA PIEZA	CANT.	ESPECIFICACIÓN: DIMENSIONAL, MATERIAL, REFERENCIA TÉCNICA DE SELECCIÓN, MARCA.



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FECHA: 17/05/25

TITULO: DISPENSADOR AUTOMATICO POR APLICACION MOVIL
VISTA EXPLOCIONADA

ESCALA: 1:4

CODIGO DE PIEZA : 1 Torre de dispensacion

UNIDADES: mm

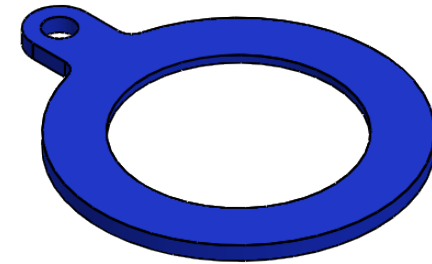
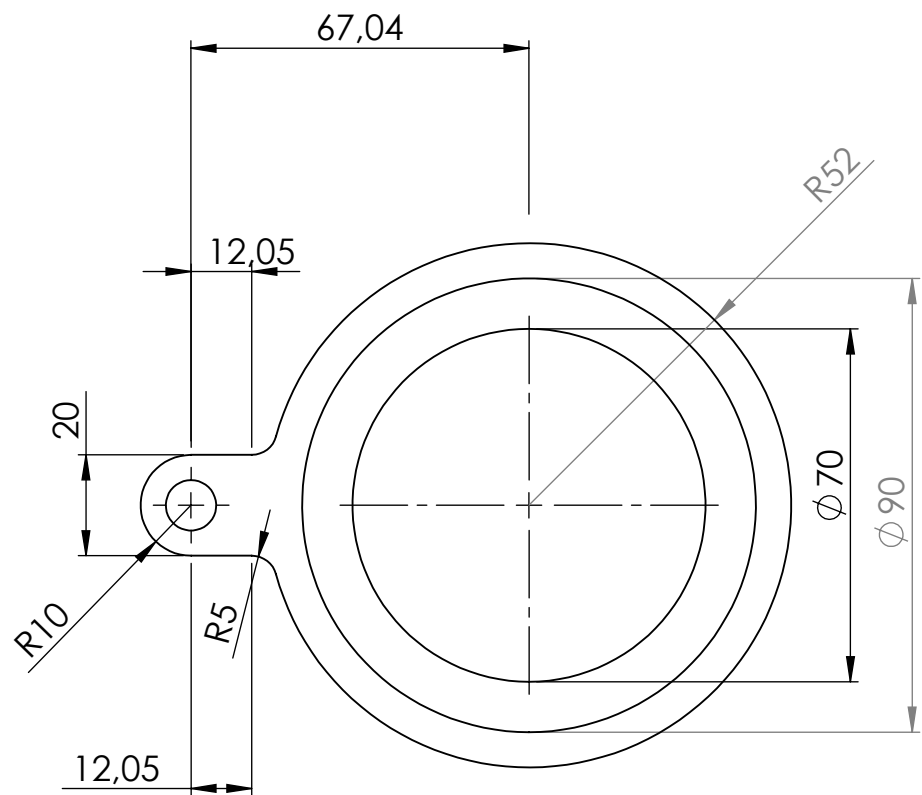
AUTOR: Andres Felipe Florez Jaimes y Andres Felipe Diaz Perez

A3

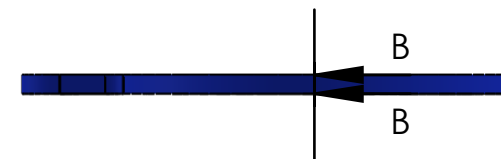


ESCUELA INGENIERIA MECANICA

HOJA 8/32



ESCALA 1:2



ESCALA 1:2



SECCIÓN B-B
ESCALA 1 : 1

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:

La impresora 3D calienta y funde el filamento PLA+ para depositarlo capa por capa siguiendo el diseño. Al terminar, se deja enfriar y se retira la pieza de la cama de impresión.



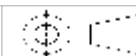
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FECHA: 17/05/25

ESCALA: 1:1.5

UNIDADES: mm

A4



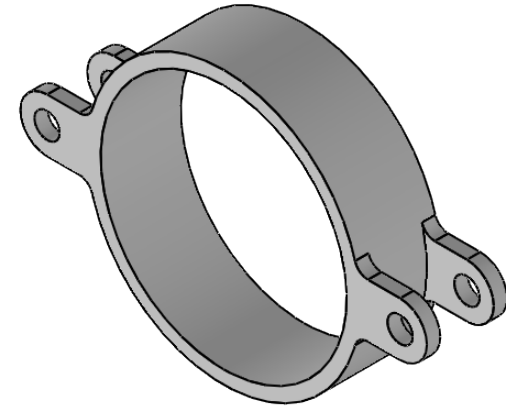
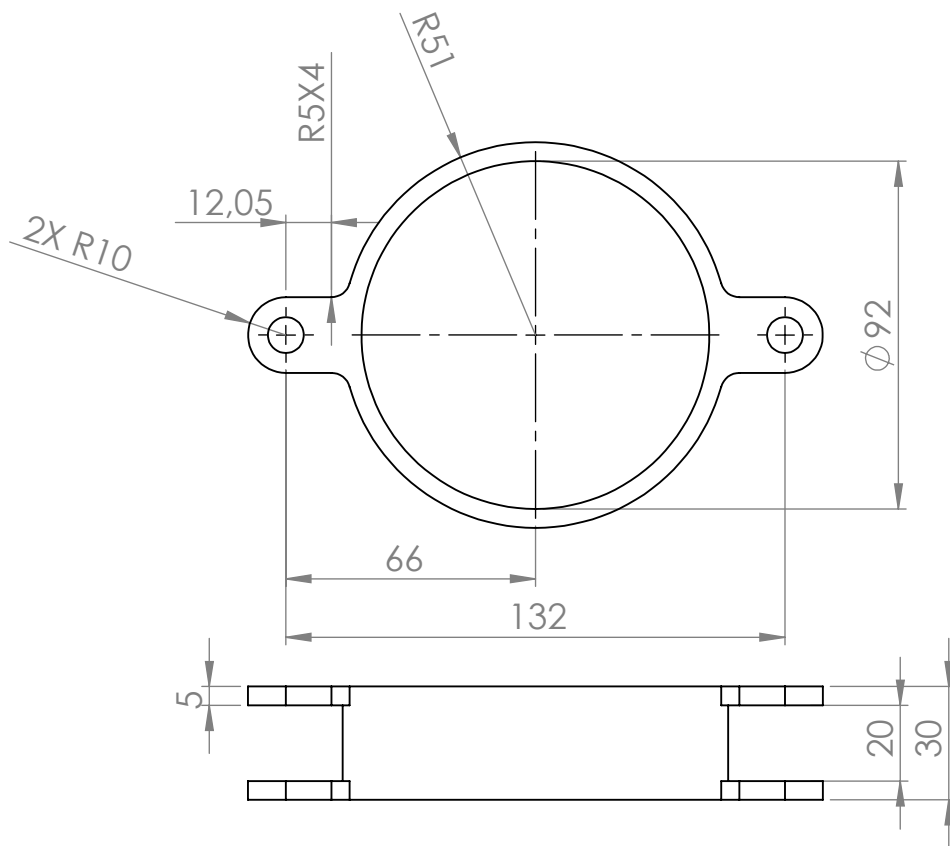
TITULO: DISPENSADOR AUTOMATICO POR APLICACION MOVIL
VISTA EN DETALLE

CODIGO DE PIEZA : 1.1 Tapa protectora

AUTOR: Andres Felipe Florez Jaimes y Andres Felipe Diaz Perez

ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

HOJA 9/32



ESCALA 1:2

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:

La impresora 3D calienta y funde el filamento PLA+ para depositarlo capa por capa siguiendo el diseño. Al terminar, se deja enfriar y se retira la pieza de la cama de impresión.



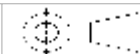
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FECHA: 17/05/25

ESCALA: 1:2

UNIDADES: mm

A4



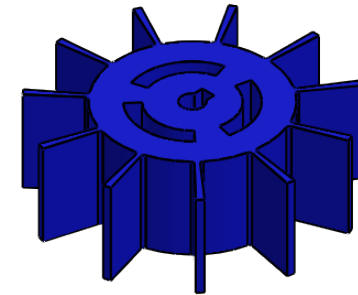
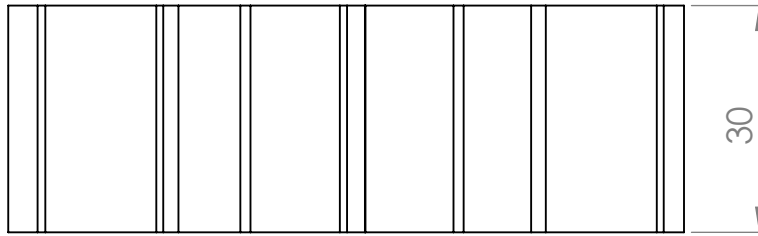
TITULO: DISPENSADOR AUTOMATICO POR APLICACION MOVIL
VISTA EN DETALLE

CODIGO DE PIEZA : 1.2 Pared dosificador

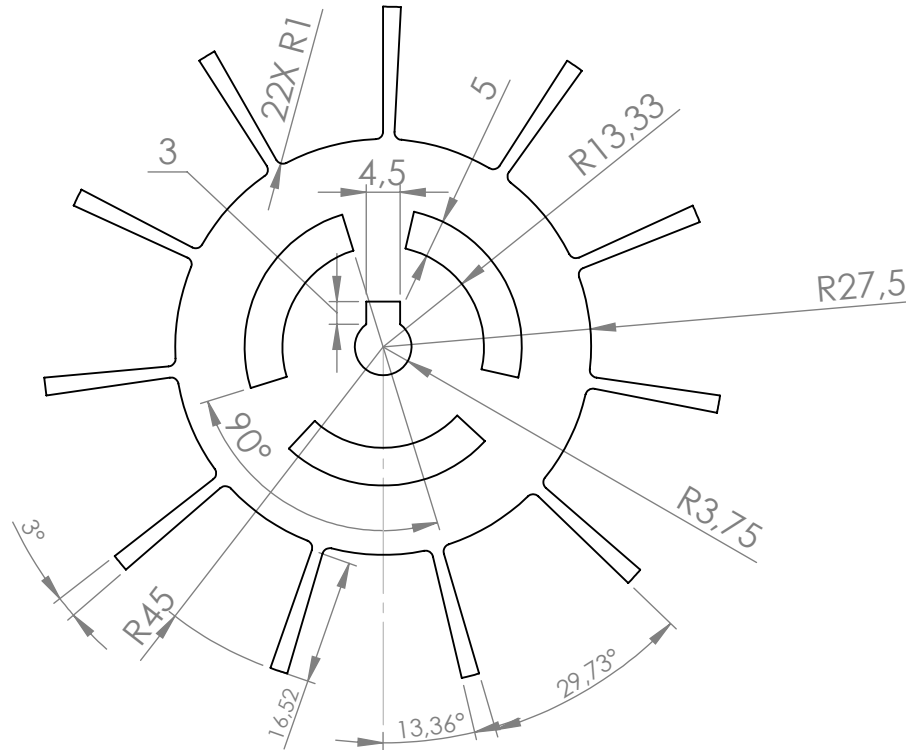
AUTOR: Andres Felipe Florez Jaimes y Andres Felipe Diaz Perez

ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

HOJA 10/32



ESCALA 1:2



Todo los redondeos son de 1 mm

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:

La impresora 3D calienta y funde el filamento PLA+ para depositarlo capa por capa siguiendo el diseño. Al terminar, se deja enfriar y se retira la pieza de la cama de impresión.



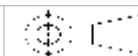
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FECHA: 17/05/25

ESCALA: 1:1

UNIDADES: mm

A4



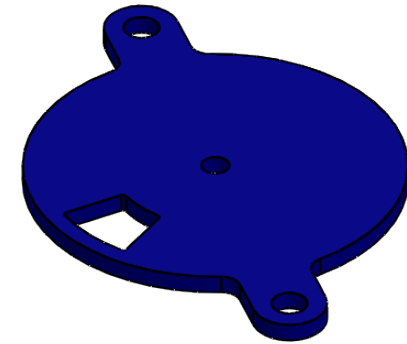
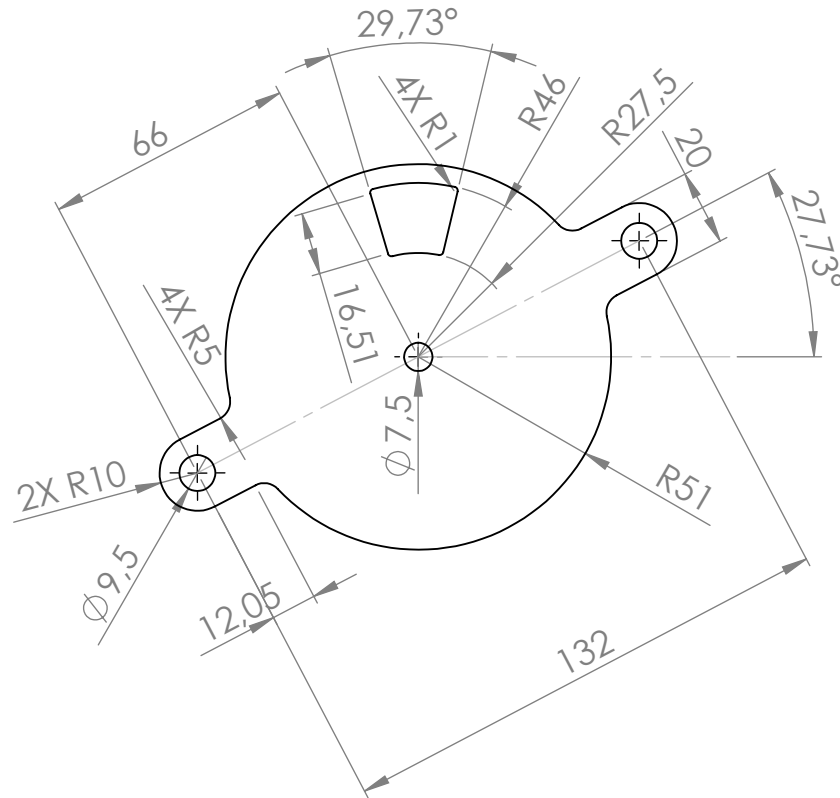
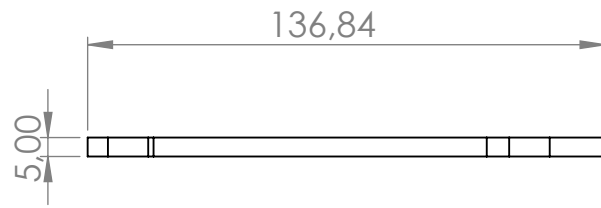
TITULO: DISPENSADOR AUTOMATICO POR APLICACION MOVIL
VISTA EN DETALLE

CODIGO DE PIEZA : 1.3 Dosificador

AUTOR: Andres Felipe Florez Jaimes y Andres Felipe Diaz Perez

ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

HOJA 11/32



ESCALA 1:2

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:

La impresora 3D calienta y funde el filamento PLA+ para depositarlo capa por capa siguiendo el diseño. Al terminar, se deja enfriar y se retira la pieza de la cama de impresión.



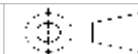
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FECHA: 17/05/25

ESCALA: 1:2

UNIDADES: mm

A4



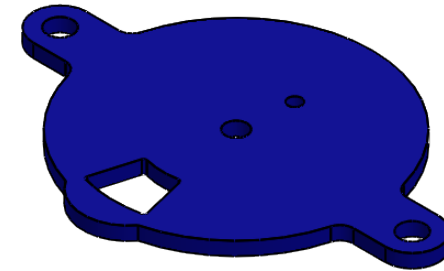
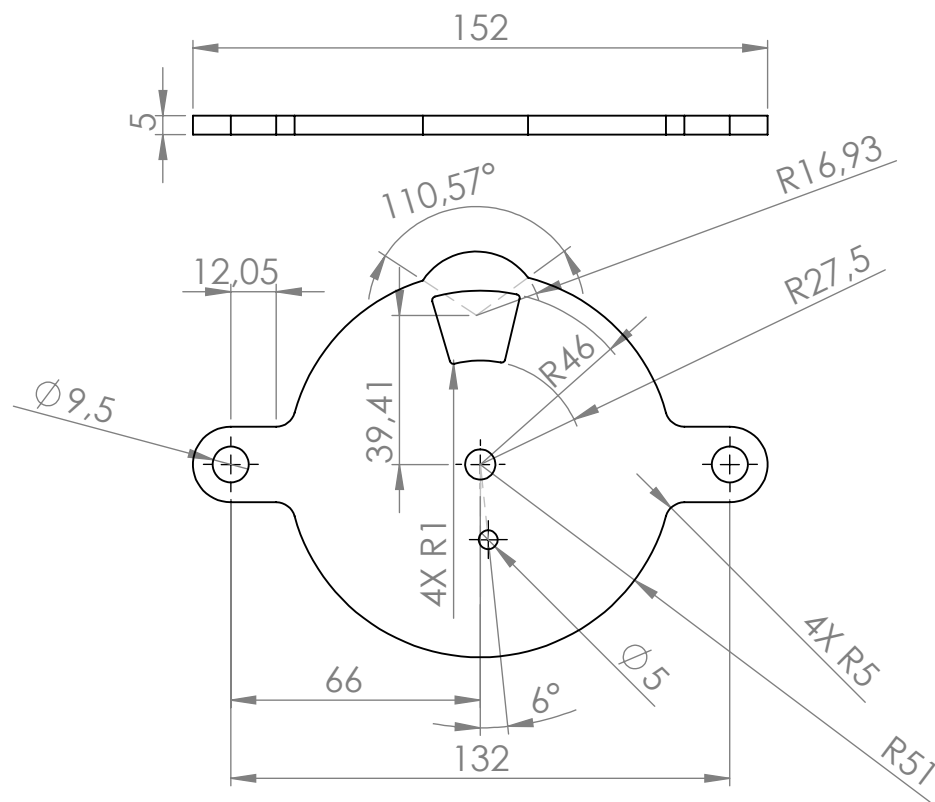
TITULO: DISPENSADOR AUTOMATICO POR APLICACION MOVIL
VISTA EN DETALLE

CODIGO DE PIEZA : 1.4 Plataforma superior

AUTOR: Andres Felipe Florez Jaimes y Andres Felipe Diaz Perez

ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

HOJA 12/32



ESCALA 1:2

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:

La impresora 3D calienta y funde el filamento PLA+ para depositarlo capa por capa siguiendo el diseño. Al terminar, se deja enfriar y se retira la pieza de la cama de impresión.



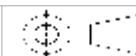
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FECHA: 17/05/25

ESCALA: 1:2

UNIDADES: mm

A4



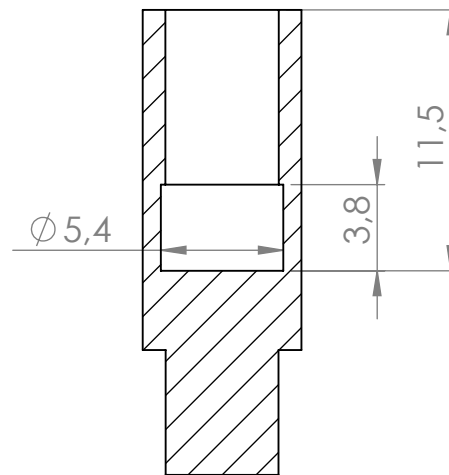
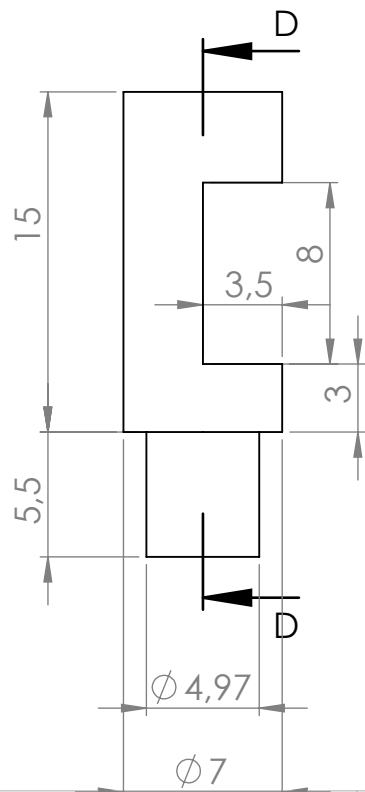
TITULO: DISPENSADOR AUTOMATICO POR APLICACION MOVIL
VISTA EN DETALLE

CODIGO DE PIEZA : 1.5 Plataforma inferior

AUTOR: Andres Felipe Florez Jaimes y Andres Felipe Diaz Perez

ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

HOJA 13/32



SECCIÓN D-D
ESCALA 3 : 1



ESCALA 2:1

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:

La impresora 3D calienta y funde el filamento PLA+ para depositarlo capa por capa siguiendo el diseño. Al terminar, se deja enfriar y se retira la pieza de la cama de impresión.



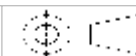
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FECHA: 17/05/25

ESCALA: 3:1

UNIDADES: mm

A4



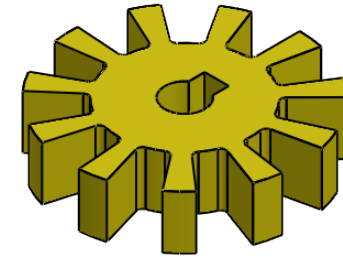
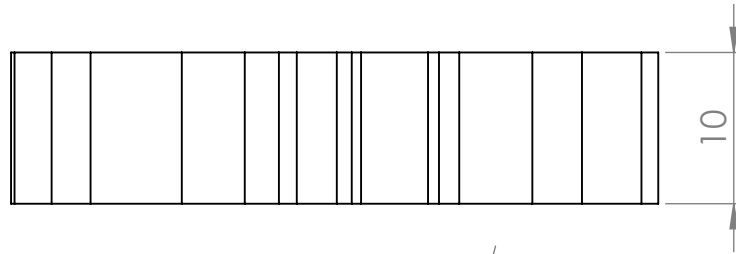
TITULO: DISPENSADOR AUTOMATICO POR APLICACION MOVIL
VISTA EN DETALLE

CODIGO DE PIEZA : 1.6 Soporte para led detector

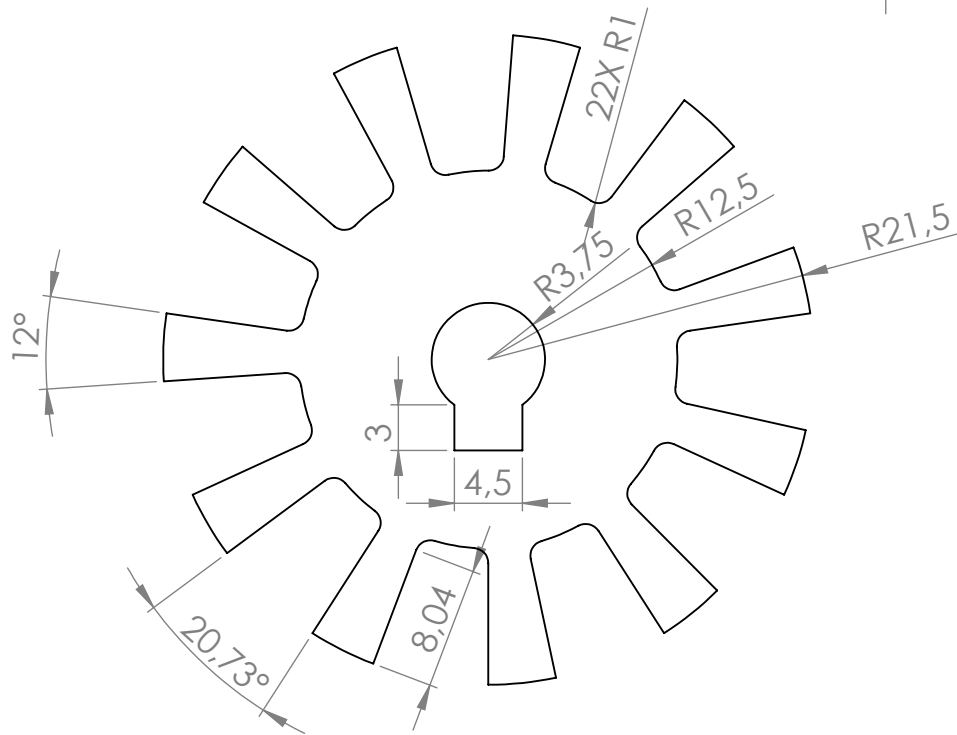
AUTOR: Andres Felipe Florez Jaimes y Andres Felipe Diaz Perez

ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

HOJA 14/32



ESCALA 1:1



DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:

La impresora 3D calienta y funde el filamento PLA+ para depositarlo capa por capa siguiendo el diseño. Al terminar, se deja enfriar y se retira la pieza de la cama de impresión.



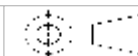
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FECHA: 17/05/25

ESCALA: 2:1

UNIDADES: mm

A4



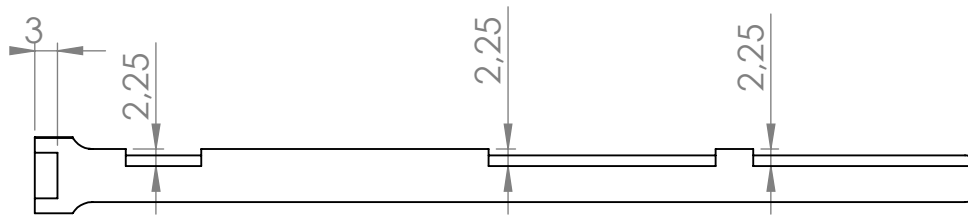
TITULO: DISPENSADOR AUTOMATICO POR APLICACION MOVIL
VISTA EN DETALLE

CODIGO DE PIEZA : 1.7 Detector

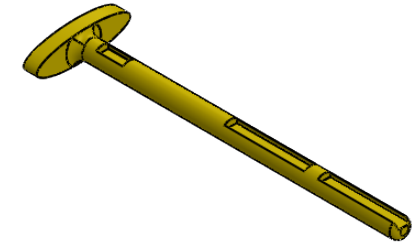
AUTOR: Andres Felipe Florez Jaimes y Andres Felipe Diaz Perez

ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

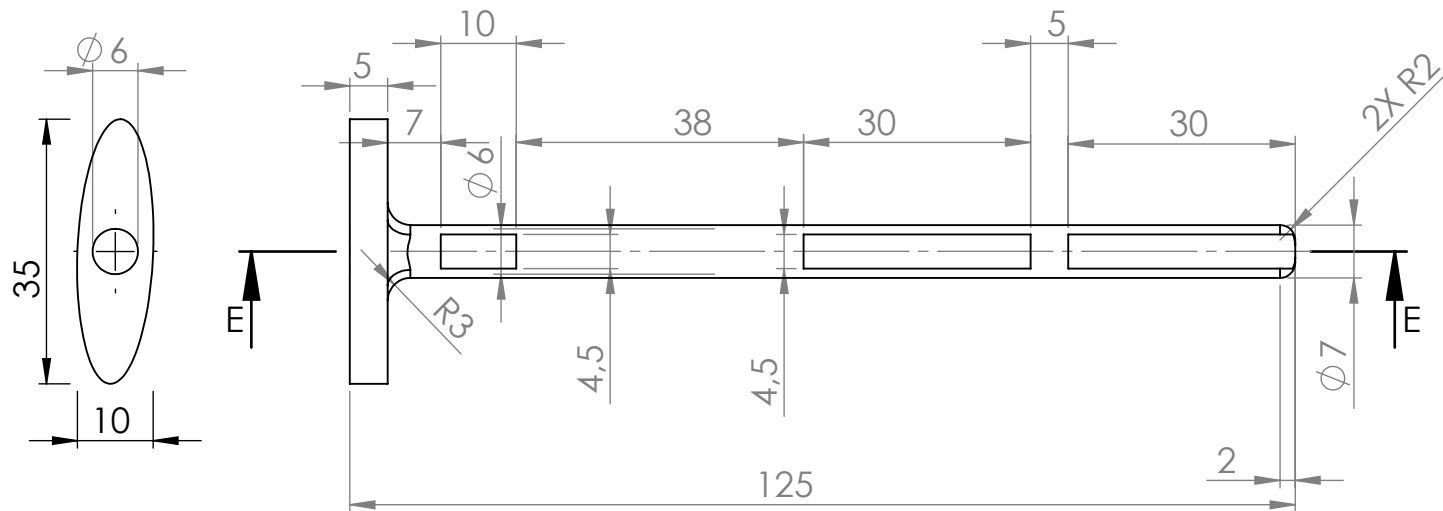
HOJA 15/32



SECCIÓN E-E



ESCALA 1:2



DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:

La impresora 3D calienta y funde el filamento PLA+ para depositarlo capa por capa siguiendo el diseño. Al terminar, se deja enfriar y se retira la pieza de la cama de impresión.



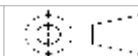
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FECHA: 17/05/25

ESCALA: 1:1

UNIDADES: mm

A4

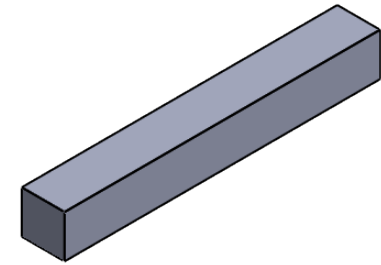
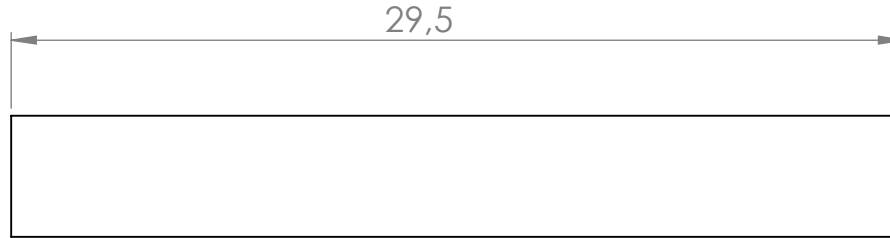
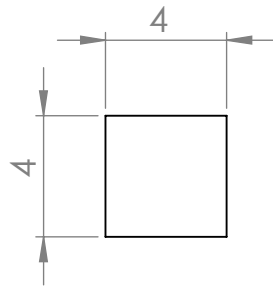


TITULO: DISPENSADOR AUTOMATICO POR APLICACION MOVIL
VISTA EN DETALLE
CODIGO DE PIEZA : 1.8 Eje

AUTOR: Andres Felipe Florez Jaimes y Andres Felipe Diaz Perez

ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

HOJA 16/32



ESCALA 2:1

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:

La impresora 3D calienta y funde el filamento PLA+ para depositarlo capa por capa siguiendo el diseño. Al terminar, se deja enfriar y se retira la pieza de la cama de impresión.



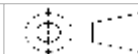
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FECHA: 17/05/25

ESCALA: 4:1

UNIDADES: mm

A4



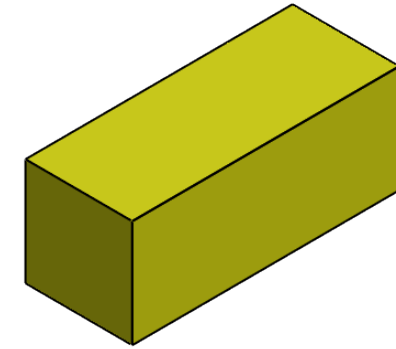
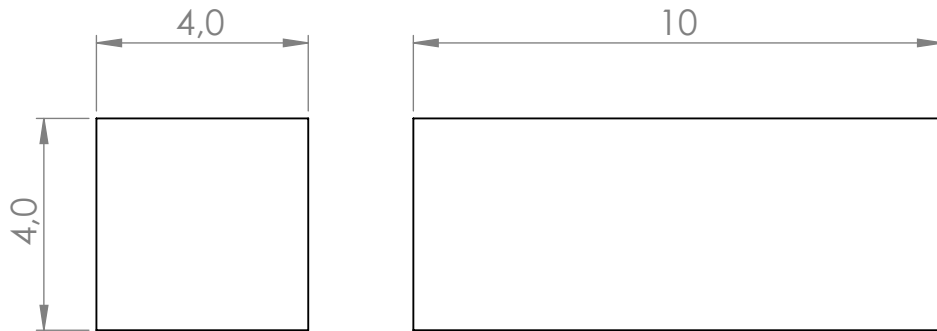
TITULO: DISPENSADOR AUTOMATICO POR APLICACION MOVIL
VISTA EN DETALLE

CODIGO DE PIEZA : 1.9 Chabeta del dosificador

AUTOR: Andres Felipe Florez Jaimes y Andres Felipe Diaz Perez

ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

HOJA 17/32



ESCALA 5:1

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:

La impresora 3D calienta y funde el filamento PLA+ para depositarlo capa por capa siguiendo el diseño. Al terminar, se deja enfriar y se retira la pieza de la cama de impresión.



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FECHA: 17/05/25

ESCALA: 7:1

UNIDADES: mm

A4



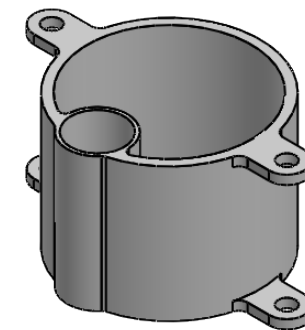
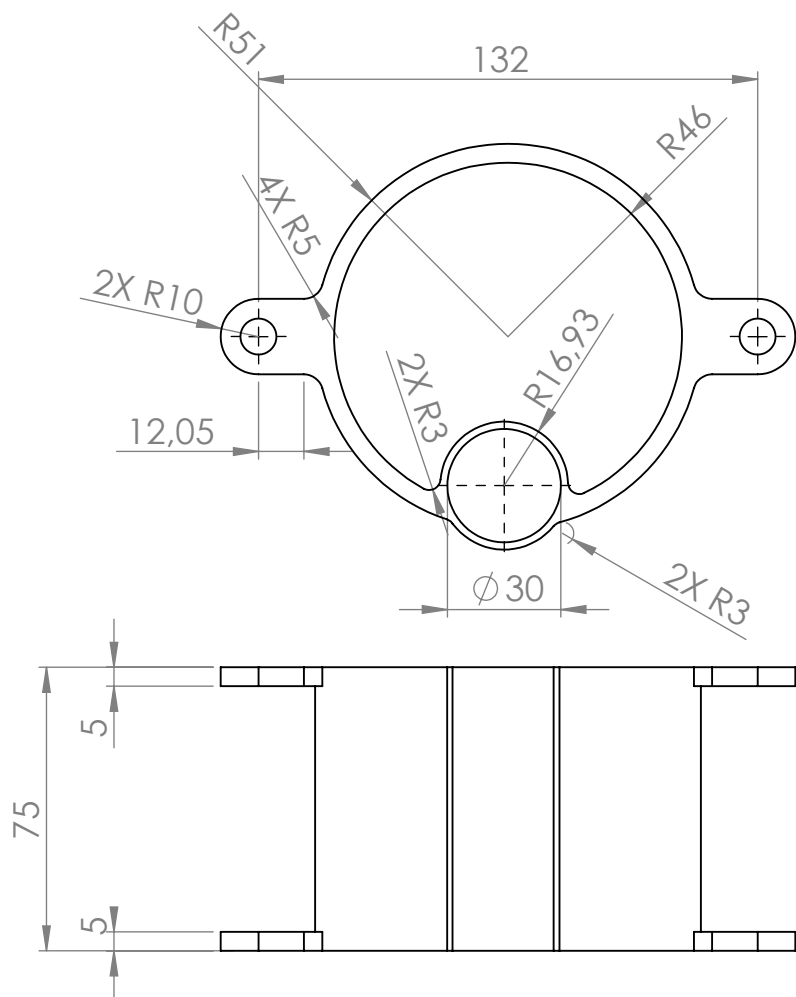
TITULO: DISPENSADOR AUTOMATICO POR APLICACION MOVIL
VISTA EN DETALLE

CODIGO DE PIEZA : 1.10 Chabeta del detector

AUTOR: Andres Felipe Florez Jaimes y Andres Felipe Diaz Perez

ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

HOJA 18/32



ESCALA 1:3

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:

La impresora 3D calienta y funde el filamento PLA+ para depositarlo capa por capa siguiendo el diseño. Al terminar, se deja enfriar y se retira la pieza de la cama de impresión.



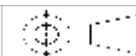
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FECHA: 17/05/25

ESCALA: 1:2

UNIDADES: mm

A4



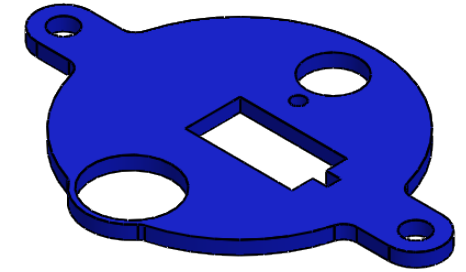
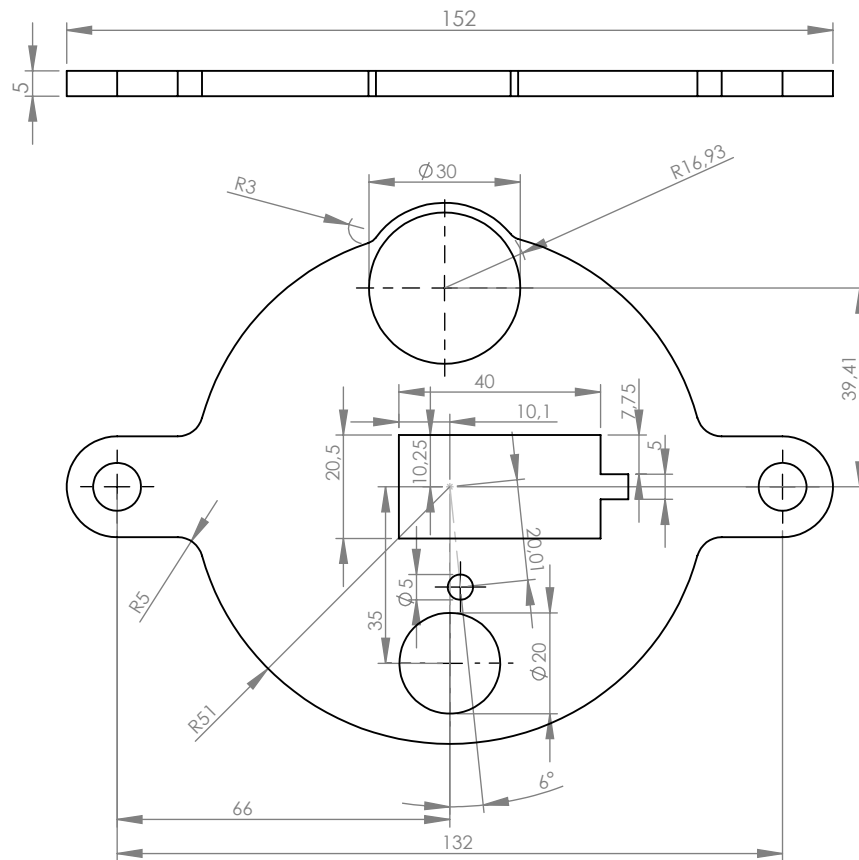
TITULO: DISPENSADOR AUTOMATICO POR APLICACION MOVIL
VISTA EN DETALLE

CODIGO DE PIEZA : 1.11 Soporte principal

AUTOR: Andres Felipe Florez Jaimes y Andres Felipe Diaz Perez

ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

HOJA 19/32



ESCALA 1:2

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:

La impresora 3D calienta y funde el filamento PLA+ para depositarlo capa por capa siguiendo el diseño. Al terminar, se deja enfriar y se retira la pieza de la cama de impresión.



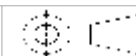
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FECHA: 17/05/25

ESCALA: 1:1.5

UNIDADES: mm

A4



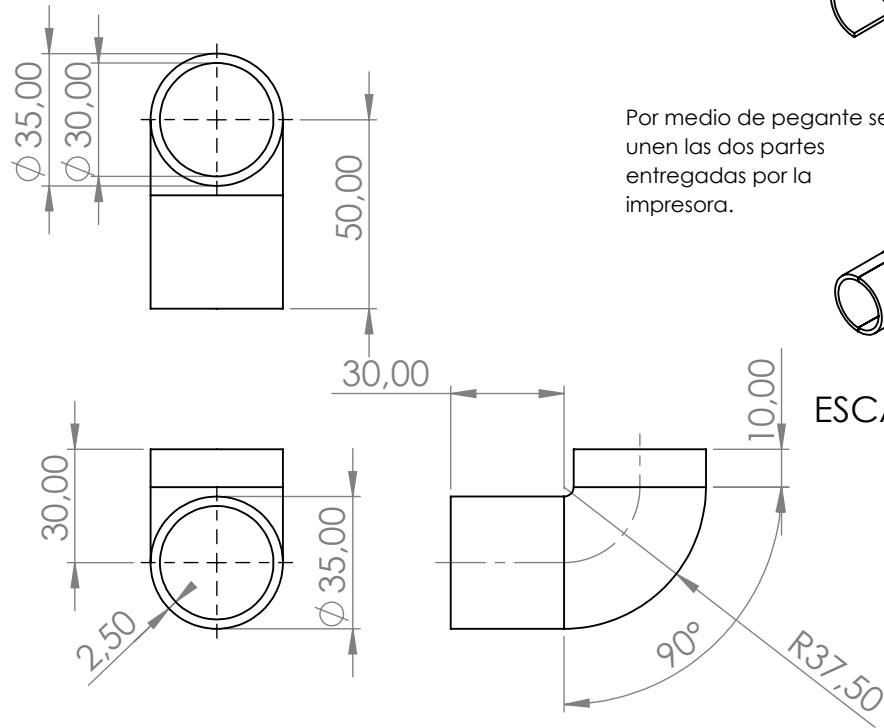
TITULO: DISPENSADOR AUTOMATICO POR APLICACION MOVIL
VISTA EN DETALLE

CODIGO DE PIEZA : 1.12 Plataforma base

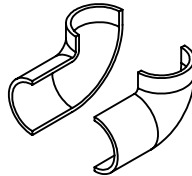
AUTOR: Andres Felipe Florez Jaimes y Andres Felipe Diaz Perez

ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

HOJA 20/32



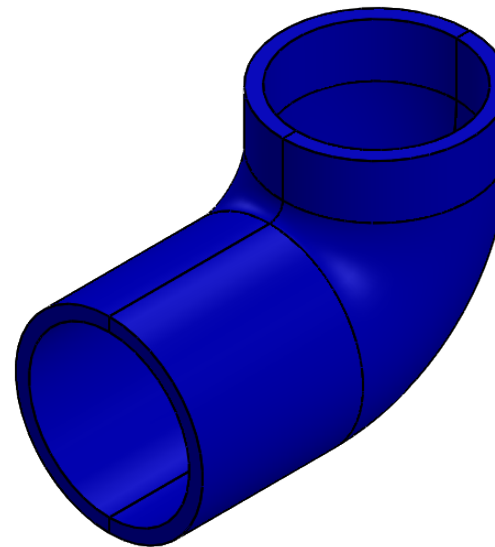
ESCALA 1:4



Por medio de pegante se unen las dos partes entregadas por la impresora.



ESCALA 1:4



ESCALA 1:1

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:

La impresora 3D calienta y funde el filamento PLA+ para depositarlo capa por capa siguiendo el diseño. Al terminar, se deja enfriar y se retira la pieza de la cama de impresión.



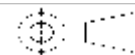
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FECHA: 17/05/25

ESCALA: 1:2

UNIDADES: mm

A4



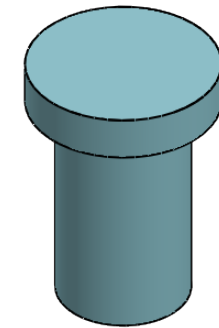
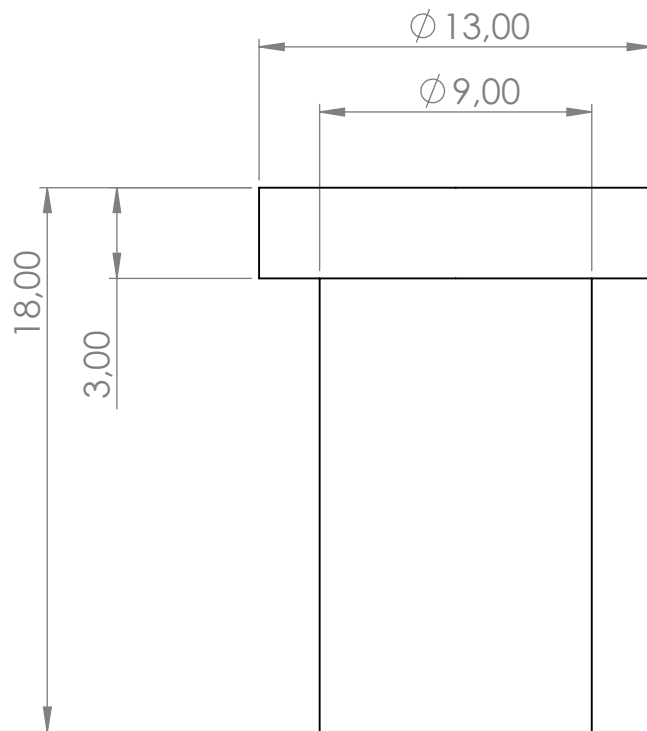
TITULO: DISPENSADOR AUTOMATICO POR APLICACION MOVIL
VISTA EN DETALLE

CODIGO DE PIEZA : 1.13 Tubo de extraccion

AUTOR: Andres Felipe Florez Jaimes y Andres Felipe Diaz Perez

ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

HOJA 21/32



ESCALA 2:1

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:

La impresora 3D calienta y funde el filamento PLA+ para depositarlo capa por capa siguiendo el diseño. Al terminar, se deja enfriar y se retira la pieza de la cama de impresión.



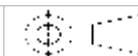
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FECHA: 17/05/25

ESCALA: 4:1

UNIDADES: mm

A4



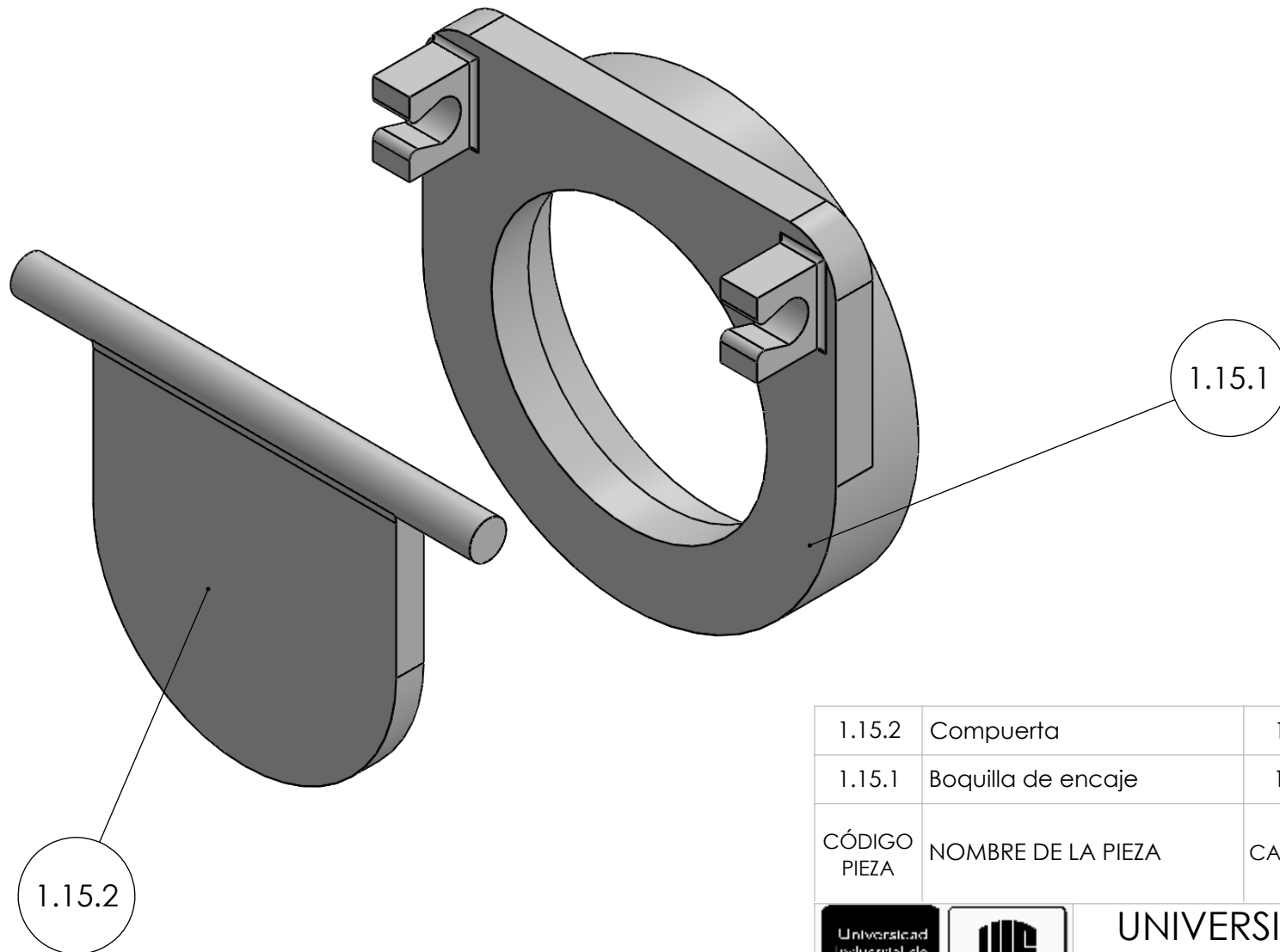
TITULO: DISPENSADOR AUTOMATICO POR APLICACION MOVIL
VISTA EN DETALLE

CODIGO DE PIEZA : 1.14 Pasador

AUTOR: Andres Felipe Florez Jaimes y Andres Felipe Diaz Perez

ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

HOJA 22/32



Todas las piezas se unen a precision

1.15.2	Compuerta	1	poliácido láctico (PLA)+
1.15.1	Boquilla de encaje	1	poliácido láctico (PLA)+
CÓDIGO PIEZA	NOMBRE DE LA PIEZA	CANT.	ESPECIFICACIÓN: DIMENSIONAL, MATERIAL, REFERENCIA TÉCNICA DE SELECCIÓN, MARCA.



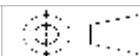
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FECHA: 17/05/25

ESCALA: 1:1

UNIDADES: mm

A4



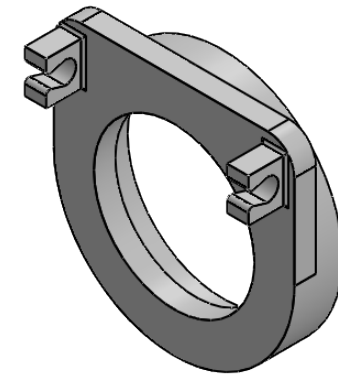
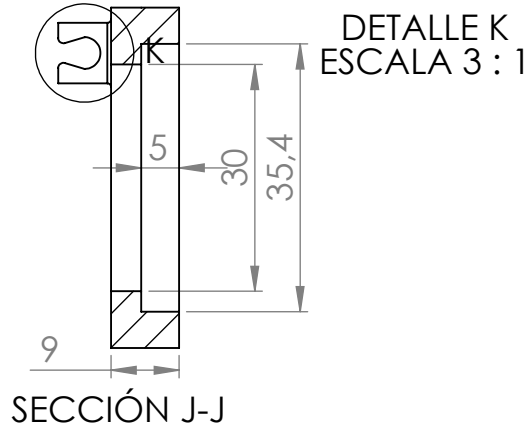
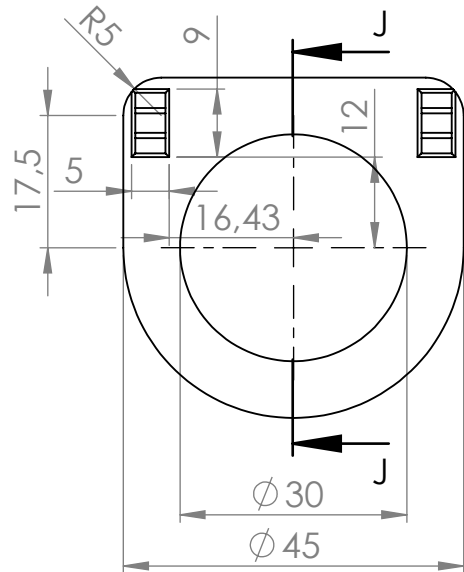
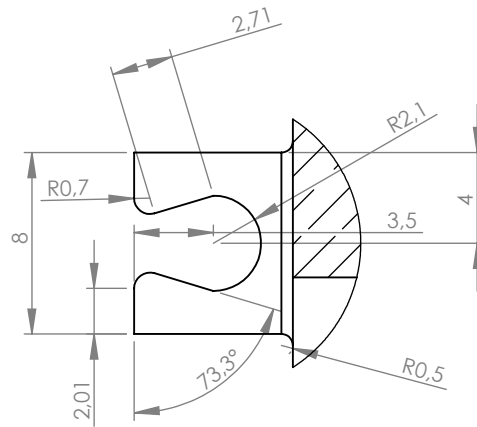
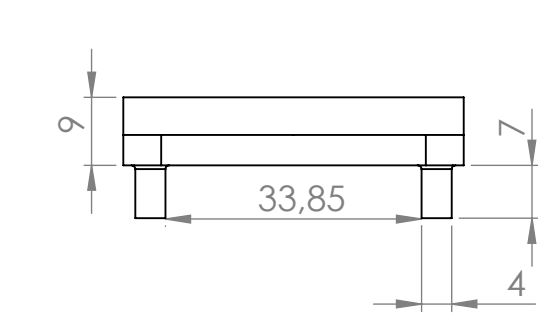
TITULO: DISPENSADOR AUTOMATICO POR APLICACION MOVIL
VISTA EXPLOCIONADA

CODIGO DE PIEZA : 1.15 Tapa retenedora

AUTOR: Andres Felipe Florez Jaimes y Andres Felipe Diaz Perez

ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

HOJA 23/32



ESCALA 1:1

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:

La impresora 3D calienta y funde el filamento PLA+ para depositarlo capa por capa siguiendo el diseño. Al terminar, se deja enfriar y se retira la pieza de la cama de impresión.



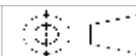
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FECHA: 17/05/25

ESCALA: 1:1

UNIDADES: mm

A4

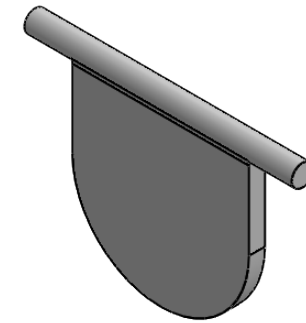
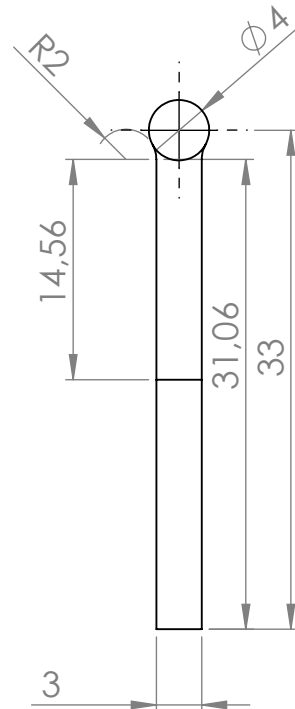
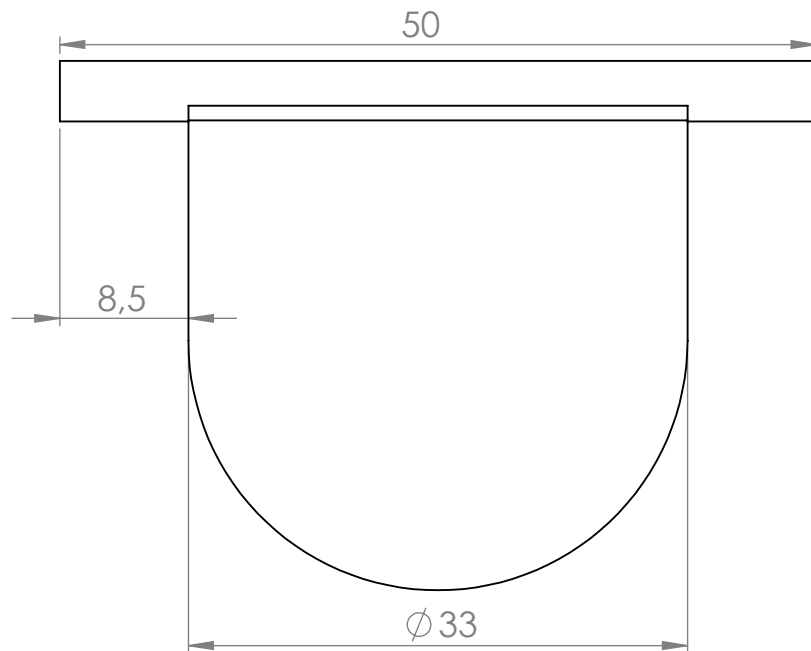


TITULO: TAPA RETENEDORA
VISTA EN DETALLE
CODIGO DE PIEZA : 1.15.1 Boquilla de encaje

AUTOR: Andres Felipe Florez Jaimes y Andres Felipe Diaz Perez

ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

HOJA 24/32



ESCALA 1:1

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:

La impresora 3D calienta y funde el filamento PLA+ para depositarlo capa por capa siguiendo el diseño. Al terminar, se deja enfriar y se retira la pieza de la cama de impresión.



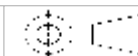
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FECHA: 17/05/25

ESCALA: 2:1

UNIDADES: mm

A4

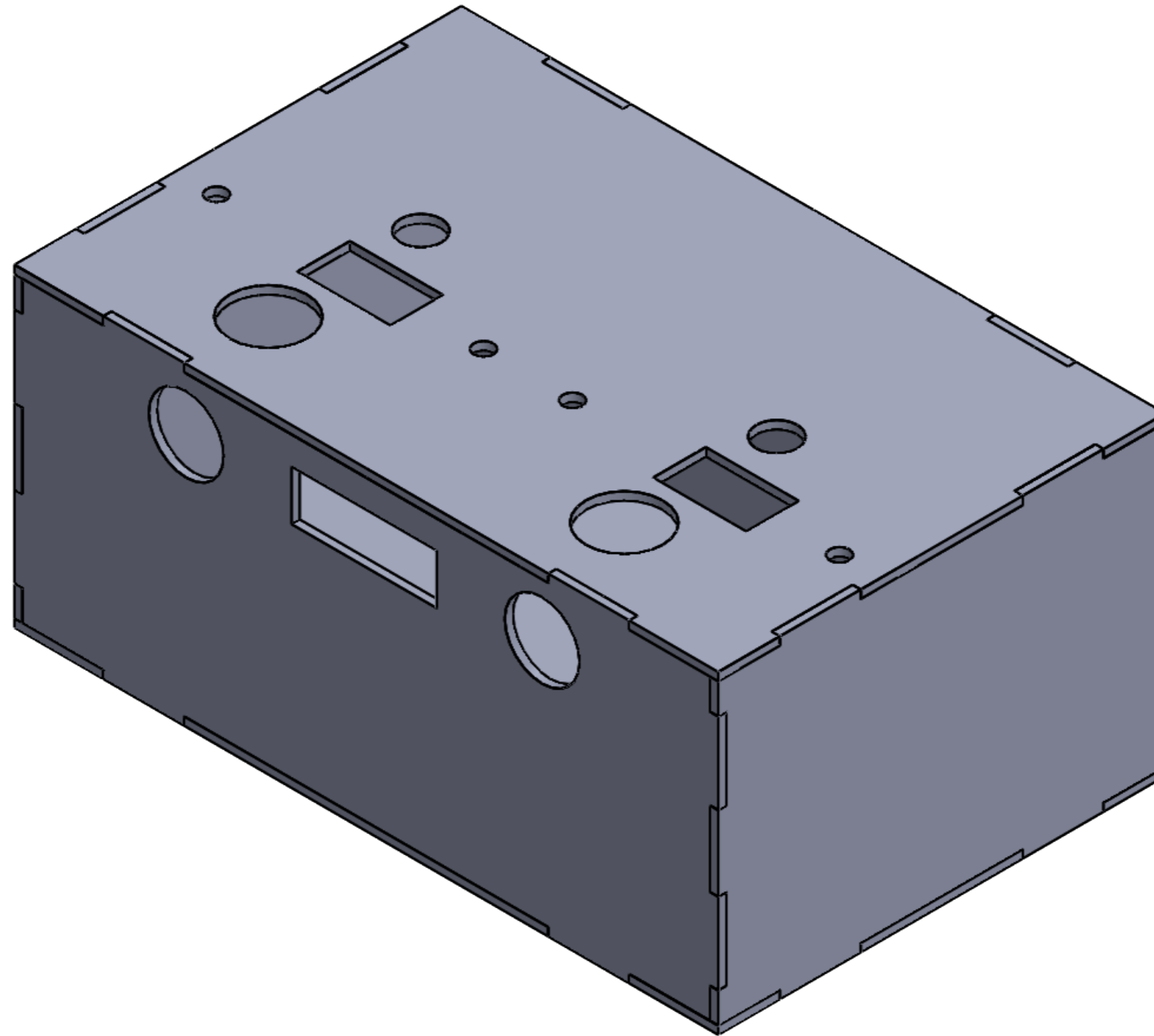


TITULO: TAPA RETENEDORA
VISTA EN DETALLE
CODIGO DE PIEZA : 1.15.2 Compuerta

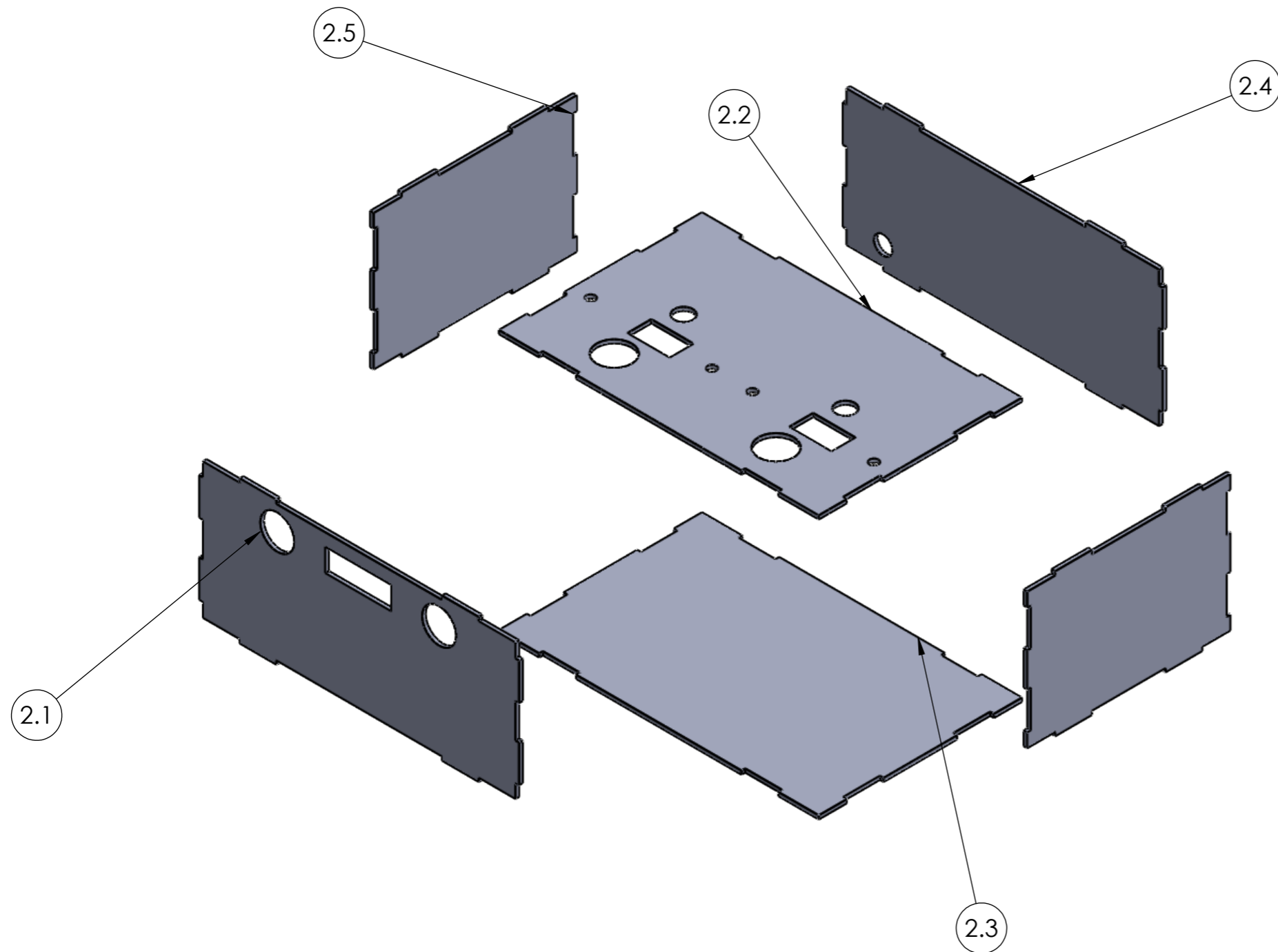
AUTOR: Andres Felipe Florez Jaimes y Andres Felipe Diaz Perez

ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

HOJA 25/32



		UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	
FECHA: 17/05/25	TITULO: DISPENSADOR AUTOMATICO POR APLICACION MOVIL VISTA ISOMETRICA		
ESCALA: 1:2	CODIGO DE PIEZA : 2 Bastidor principal		
UNIDADES: mm	AUTOR: Andres Felipe Florez Jaimes y Andres Felipe Diaz Perez		
A3		ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA	HOJA 26/32



2.5	Tapa lateral	2	Acrílico
2.4	Tapa trasera	1	Acrílico
2.3	Tapa inferior	1	Acrílico
2.2	Tapa Superior	1	Acrílico
2.1	Tapa frontal	1	Acrílico
CÓDIGO PIEZA	NOMBRE DE LA PIEZA	CANT.	ESPECIFICACIÓN: DIMENSIONAL, MATERIAL, REFERENCIA TÉCNICA DE SELECCIÓN, MARCA.



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE
SANTANDER**

FECHA: 17/05/25

ESCALA: 1:4

UNIDADES: mm

A3

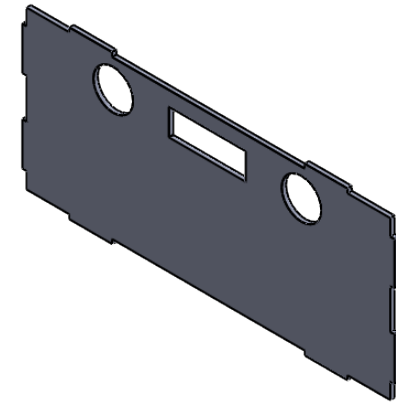
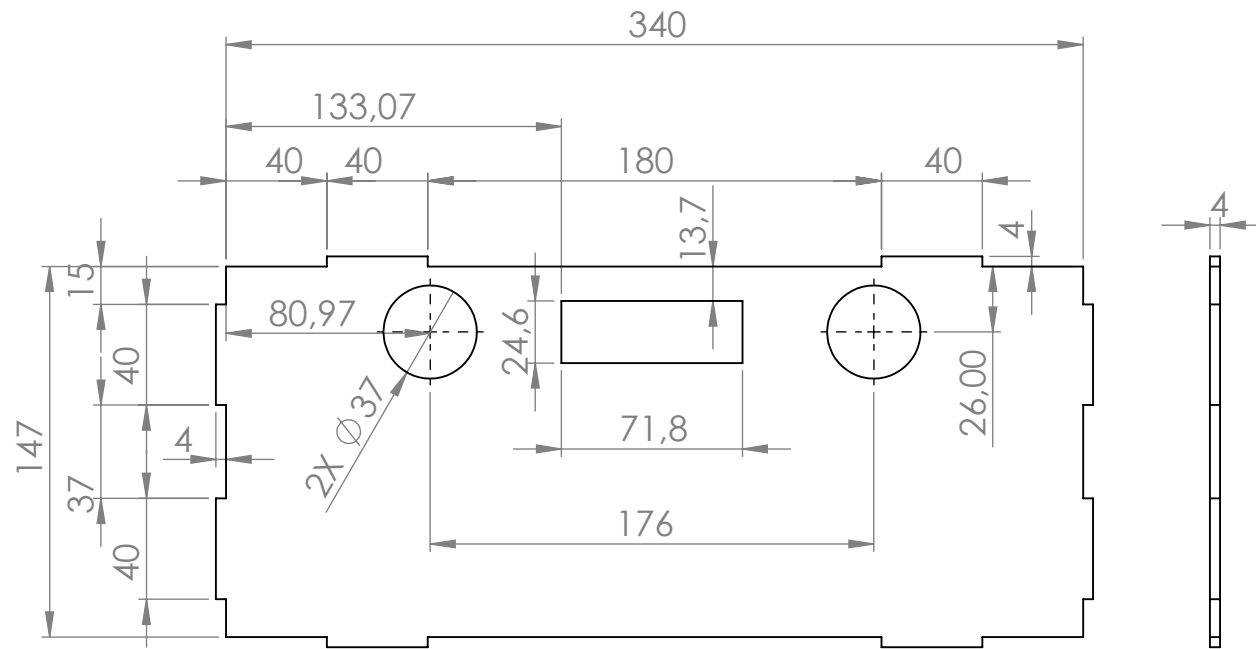


TITULO: DISPENSADOR AUTOMATICO POR APLICACION MOVIL
VISTA EXPLOCIONADA
CODIGO DE PIEZA : 2 Bastidor principal

AUTOR: Andres Felipe Florez Jaimes y Andres Felipe Diaz Perez

ESCUELA INGENIERIA MECANICA

HOJA 27/32



ESCALA 1:5

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:

Por medio de cortadora laser se cortan placas de acrílico de 4mm de espesor para lograr la pieza deseada.



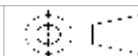
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FECHA: 17/05/25

ESCALA: 1:3

UNIDADES: mm

A4



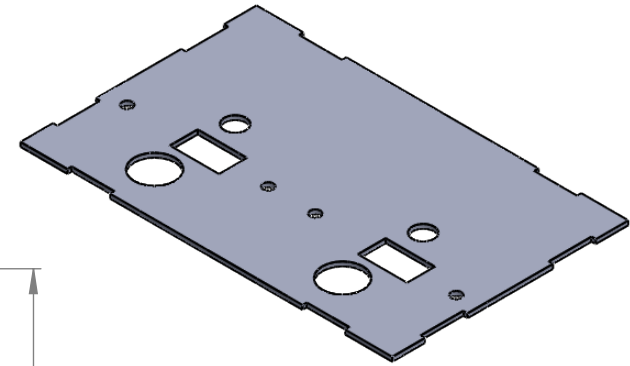
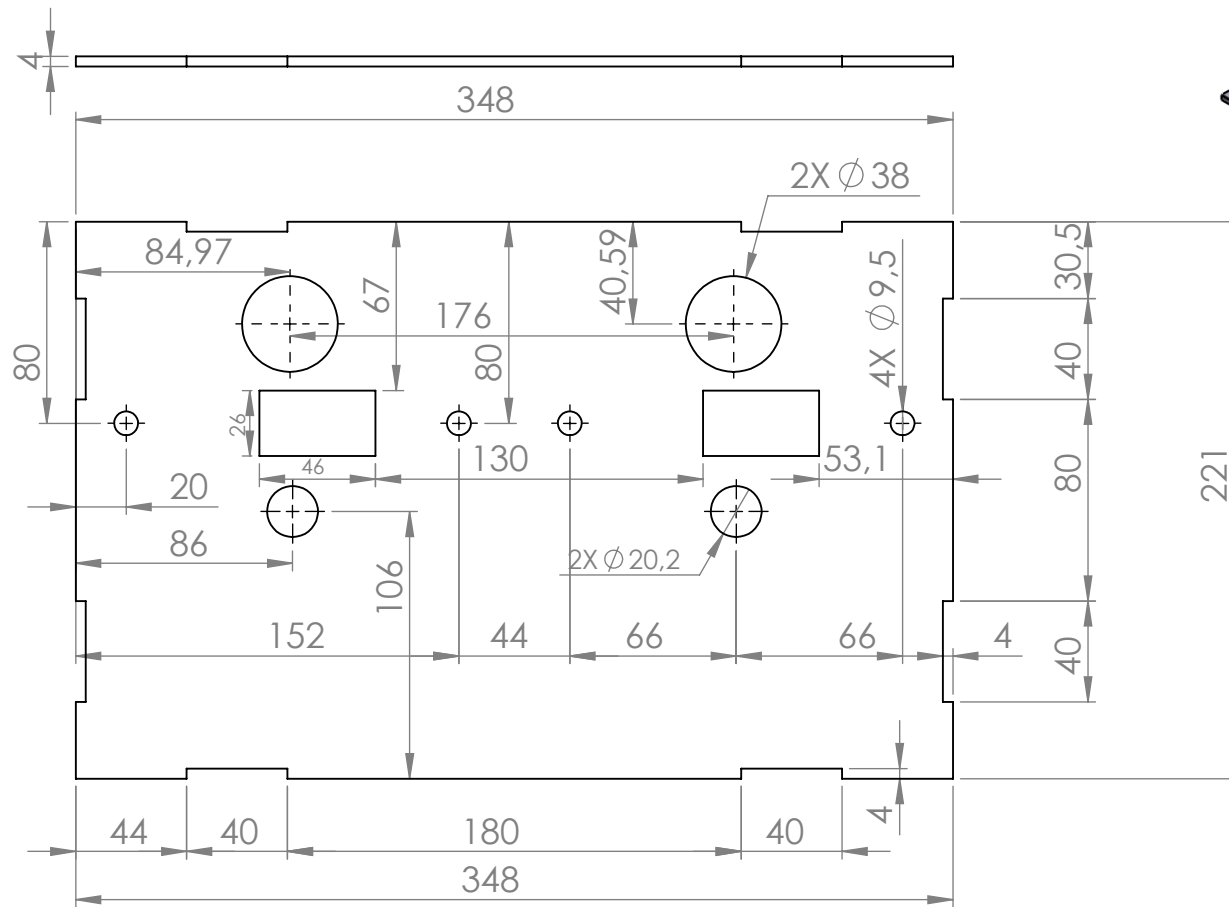
TITULO: DISPENSADOR AUTOMATICO POR APLICACION MOVIL
VISTA EN DETALLE

CODIGO DE PIEZA : 2.1 Tapa frontal

AUTOR: Andres Felipe Florez Jaimes y Andres Felipe Diaz Perez

ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

HOJA 28/32



ESCALA 1:5

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:

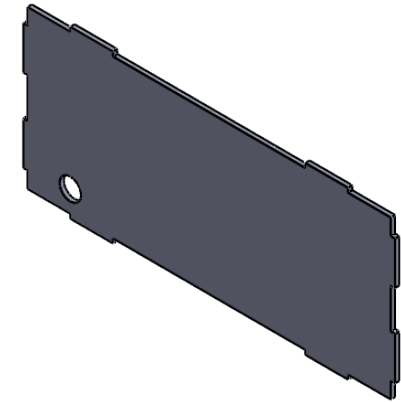
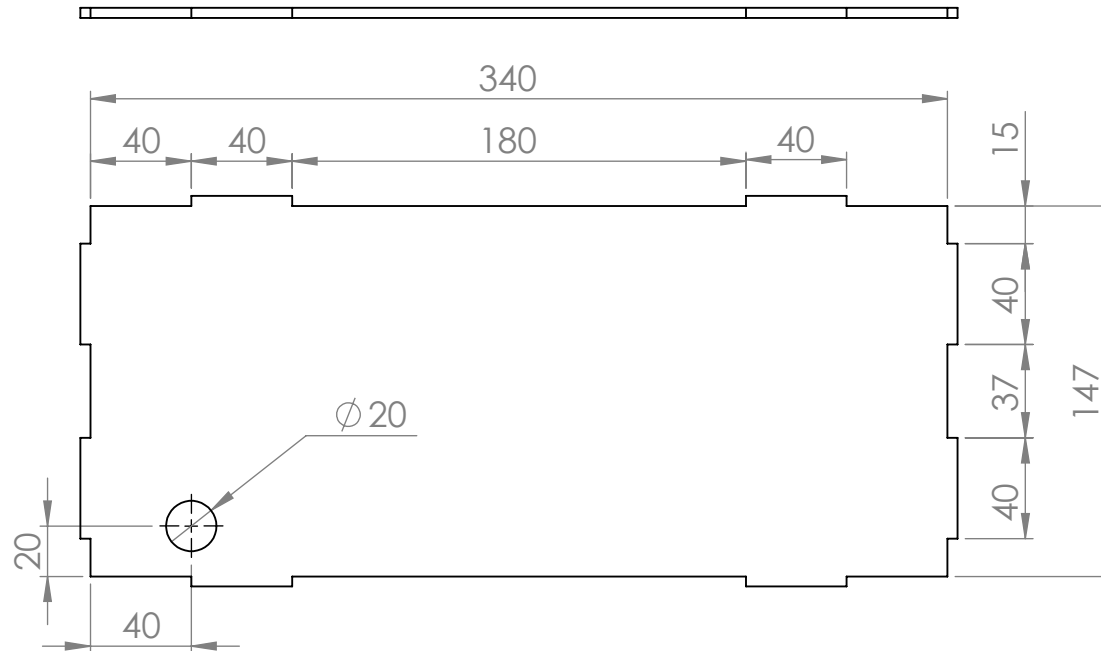
Por medio de cortadora laser se cortan placas de acrilico de 4mm de espesor para lograr la pieza deseada.



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FECHA: 17/05/25
 ESCALA: 1:3
 UNIDADES: mm
 A4

TITULO: DISPENSADOR AUTOMATICO POR APLICACION MOVIL
 VISTA EN DETALLE
 CODIGO DE PIEZA : 2.2 Tapa superior
 AUTOR: Andres Felipe Florez Jaimes y Andres Felipe Diaz Perez
 ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA HOJA 29/32



ESCALA 1:5

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:

Por medio de cortadora laser se cortan placas de acrilico de 4mm de espesor para lograr la pieza deseada.



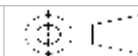
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FECHA: 17/05/25

ESCALA: 1:3

UNIDADES: mm

A4



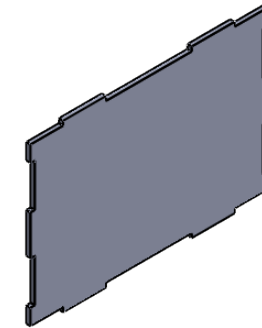
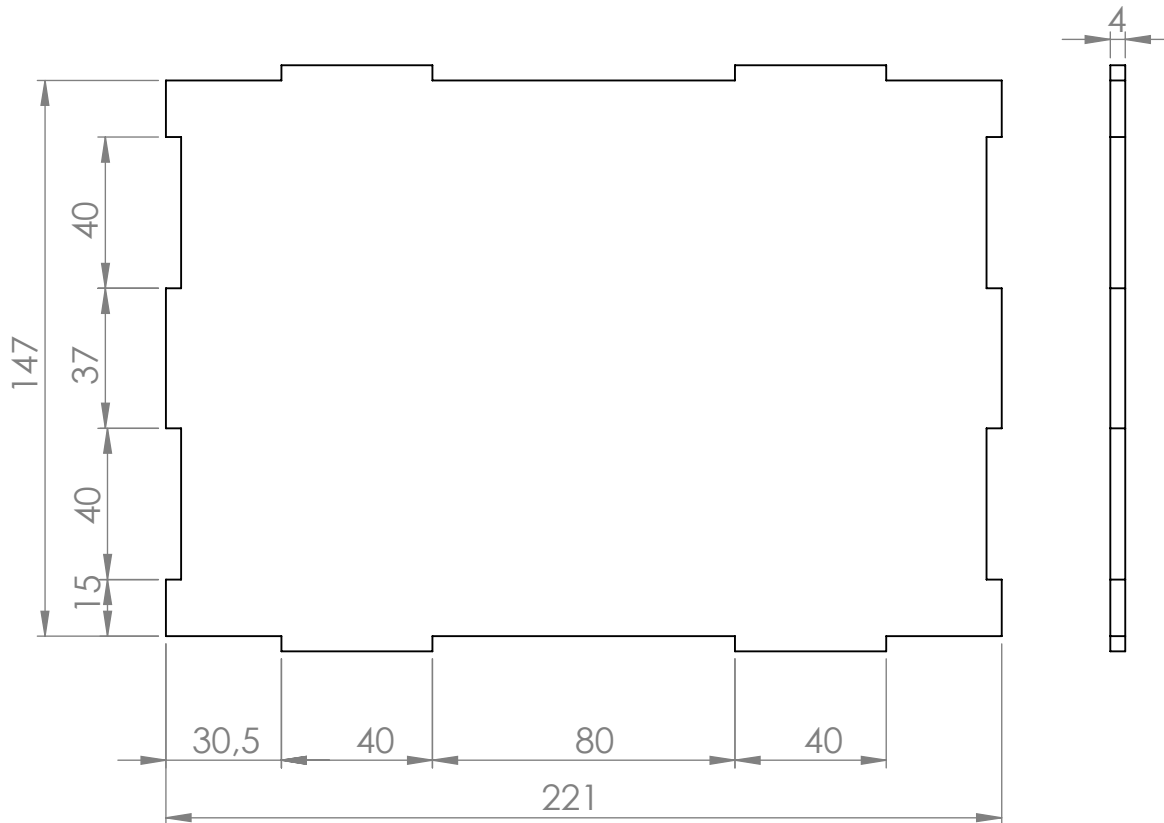
TITULO: DISPENSADOR AUTOMATICO POR APLICACION MOVIL
VISTA EN DETALLE

CODIGO DE PIEZA : 2.4 Tapa trasera

AUTOR: Andres Felipe Florez Jaimes y Andres Felipe Diaz Perez

ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

HOJA 31/32



ESCALA 1:5

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:

Por medio de cortadora laser se cortan placas de acrílico de 4mm de espesor para lograr la pieza deseada.



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FECHA: 17/05/25

ESCALA: 1:2

UNIDADES: mm

A4



TITULO: DISPENSADOR AUTOMATICO POR APLICACION MOVIL
VISTA EN DETALLE

CODIGO DE PIEZA : 2.5 Tapa lateral

AUTOR: Andres Felipe Florez Jaimes y Andres Felipe Diaz Perez

ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

HOJA 32/32