

UNIVERSIDAD MAYOR REAL Y PONTIFICIA DE SAN FRANCISCO XAVIER DE CHUQUISACA

**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS APLICADAS
MECA-ELECTRÓNICAS**

INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA



GRADUACIÓN MODALIDAD POR DIPLOMADO

**INVESTIGACIÓN PARA EL DISEÑO MECÁNICO DE UN
GENERADOR EÓLICO PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍA
ELÉCTRICA A LOS DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS DE LOS
USUARIOS DE LA AGENCIA DE TURISMO TUNKAS TRAVEL
BOLIVIA**

POSTULANTE: MARCOS YEIMAR ORTEGA MAMANI

“Trabajo presentado para obtener el título de licenciado en Ingeniería Electromecánica, otorgado, por la Universidad Mayor Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca”.

SUCRE-BOLIVIA

2024

CESIÓN DE DERECHOS

Esta monografía titulada "Diseño mecánico de un generador eólico para el suministro de energía eléctrica a dispositivos electrónicos para los usuarios de la agencia de turismo Tunkas Travel Bolivia" es propiedad intelectual de Marcos Yeimar Ortega Mamani, quien posee todos los derechos de autor asociados a este trabajo. A través de esta monografía, el autor otorga a la Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas Mecánicas y Electrónicas el derecho no exclusivo de reproducir, distribuir y exhibir este trabajo en su totalidad o en partes, con fines académicos y de divulgación institucional. Cualquier otro uso o reproducción requerirá el consentimiento expreso por escrito del autor. Además, el autor conserva el derecho de utilizar este trabajo, o partes del mismo, para futuras investigaciones o publicaciones, siempre que se reconozca adecuadamente su origen.

Marcos Yeimar Ortega Mamani

Sucre, junio de 2024

DEDICATORIA

A MIS PADRES

Marco A. Ortega Mamani e Irma Mamani Hidalgo por apoyarme de forma incondicional en toda circunstancia de mi vida

A MIS HERMANOS

Marcell y Sair

A MI ABUELITA

Que siempre me brindó su apoyo incondicional

AGRADECIMIENTO

A MIS PADRES

Por ser un pilar fundamental para mi vida por apoyarme desde los primeros días de mi vida

A MIS HERMANOS

Que siempre estuvieron dispuestos a brindarme su ayuda

A MI FAMILIA

Que siempre han estado cuidando de mi

A MIS AMIGOS

Que siempre me brindaron su apoyo, su ayuda y su tiempo

A los docentes del DIPLOMADO EN DISEÑO MECÁNICO INDUSTRIAL V-1 DE LA U.M.R.P.S.F.X.CH.

A la Universidad Mayor Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca por abrirme y cobijarme hasta culminar mis estudios.

RESUMEN

Este trabajo de investigación se enfoca en el diseño mecánico de un generador eólico para el suministro de energía eléctrica a los dispositivos electrónicos de los usuarios de la agencia de turismo Tunkas Travel Bolivia, que opera en la provincia de Antonio Quijarro, en el departamento de Potosí. La empresa organiza tours y camping, entre sus requisitos está la necesidad de una fuente de energía eléctrica para recargar las baterías de los teléfonos móviles de sus clientes.

Actualmente, la empresa utiliza un generador térmico que funciona con combustibles fósiles para satisfacer esta demanda. Sin embargo, este tipo de generador resulta perjudicial para el medio ambiente y no es la opción más adecuada. Por ello, se plantea la necesidad de adoptar una fuente de energía alternativa; un generador eólico desmontable y ligero, que ofrece una solución más sostenible para la recarga de batería de los dispositivos electrónicos.

Durante el proceso de investigación, se identificaron hallazgos significativos relacionados con la eficiencia mejorada del generador mediante la conexión estratégica de engranajes, multiplicando así la energía capturada y optimizando el rendimiento energético del sistema. Estos descubrimientos fueron fundamentales para la optimización del diseño final del generador eólico.

En conclusiones el análisis de los vientos en el sudoeste de Potosí ha permitido ajustar el diseño del generador eólico de 60 W para optimizar su rendimiento en condiciones locales. Se ha evaluado y seleccionado la tecnología más adecuada, considerando eficiencia, durabilidad y coste. El diseño del generador, asistido por software CAD, ha sido ajustado para mejorar la generación de energía y la estabilidad operativa. Además, se ha integrado eficazmente un circuito para optimizar la conversión y el uso de la energía generada. Comparado con un generador térmico de 2,2 kW, el generador eólico es más económico y ecológico a largo plazo.

INDICE TEMATICO

CAPITULO I	1
1 INTRODUCCION	1
1.1 ANTECEDENTES	2
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.2.1 Formulación del problema	4
1.3 JUSTIFICACIÓN	4
1.3.1 Justificación Económica:	5
1.3.1.1 Eficiencia energética	5
1.3.1.2 Reducción de gastos operativos	5
1.3.1.3 Independencia de los precios volátiles de los combustibles fósiles	5
1.3.1.4 Retorno de la inversión	5
1.3.2 Justificación Tecnológica	6
1.3.2.1 Bajos costos en mantenimiento	6
1.3.2.2 Independencia energética	6
1.3.2.3 Diseño Modular	6
1.3.2.4 Material de diseño	6
1.3.2.5 Bajas emisiones de ruido en funcionamiento	6
1.3.3 Justificación ambiental	7
1.3.3.1 Disminución de la emisión de gases de efecto invernadero	7
1.3.3.2 Conservación de los recursos naturales	7
1.3.3.3 Conservación de la biodiversidad	7
1.3.3.4 Mejora de la calidad del aire	7
1.3.4 Justificación Social	8
1.3.4.1 Educación y conciencia ambiental	8
1.4 METODOLOGÍA	8
1.4.1 método investigación aplicada	8
1.4.1.1 Técnica	8
1.4.1.2 Instrumentos	9
1.4.2 Método de investigación metódica o básica	9
1.4.2.1 Técnicas	9
1.4.2.2 Instrumentos	9
1.4.3 Método de investigación de exposición descriptiva	9
1.4.3.1 Técnicas	10

1.4.3.2 Instrumentos.....	10
1.5 OBJETIVO GENERAL.....	10
1.5.1 Objetivo General	10
1.5.2 Objetivos Específicos	10
CAPITULO II.....	12
2 DESARROLLO	12
2.1 MARCO CONTEXTUAL	12
2.2 MARCO TEÓRICO	14
2.2.1 Energía eólica	14
2.2.1.1 La energía eólica en Bolivia.....	14
2.2.1.2 La energía eólica en Salar de Uyuni.....	15
2.2.2 Generadores eólicos	16
2.2.2.1 Definición.....	16
2.2.2.2 Tipos de generadores eólicos	17
a) Clasificación por su tamaño	17
b) Clasificación por su orientación de eje.....	19
c) Ventajas y Desventajas	19
2.2.2.3 Tipos de generadores eólicos de eje vertical.....	21
a) De arrastre (Drag based)	21
b) De sustentación (Lift based).....	22
2.2.2.4 Partes de un generador eólico de eje vertical	23
a) Generador eléctrico DC.....	23
b) Módulo de carga.....	24
c) Estructura soporte	24
d) Engrane Multiplicador de velocidad	25
e) Eje del rotor	26
f) Alabes	26
2.2.3 Descripción del proceso de transformación.....	28
a) El viento	29
b) Transmisión	29
c) Transformación de energía mecánica a energía eléctrica.....	29
d) Almacenamiento y uso	29
2.2.4 Definición de fuerza arrastre y sustentación.....	30
2.3 INFORMACIÓN Y DATOS OBTENIDOS.....	30

2.3.1 Información obtenida durante la entrevista.....	30
2.3.2 Datos obtenidos	31
2.4 ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.....	32
2.4.1 Análisis técnico y económico	32
2.5 CONSIDERACIONES DE DISEÑO	33
2.5.1 Determinaciones de parámetros de diseño	33
2.5.1.1 Determinación del tipo de generador eólico para el diseño	33
2.5.1.2 Diseño de los alabes.....	34
a) Espesor del alabe.....	34
b) Selección de perfil aerodinámico	35
c) Dimensiones aproximadas de los alabes.....	36
d) Material de los alabes	36
2.5.1.3 Soporte del brazo.....	37
2.5.1.4 Diseño del rotor	37
2.5.1.5 Selección de rodamiento y generador	42
2.5.1.6 Diseño del sistema de transmisión	44
2.5.1.7 Diseño de la estructura	45
2.5.1.8 Circuitos control y carga.....	46
a) Conexión de los generadores	46
b) Conexión del módulo de carga y control del sistema	47
c) Diagrama de bloques	48
CAPITULO III.....	49
3 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	49
3.1 CONCLUSIONES.....	49
3.2 RECOMENDACIONES	50
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	52
ANEXOS	54
ANEXO A: FICHA TÉCNICA, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL EQUIPO	54
ANEXO B: PLANOS DE DISEÑO DEL EQUIPO.....	56
ANEXO C: COSTOS DE FABRICACIÓN	57
ANEXO e: DETALLES DE LA ENTREVISTA.....	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tablas 2-1:Ventajas y desventajas de los aerogeneradores de eje horizontal y vertical..	20
Tablas 2-2: Eje vertical (Pequeña escala)	21
Tablas 2-3:Matriz comparativa de los tipos de generadores	42

INDICE DE FIGURAS Y GRAFICOS

Figura 2-1: Geo Bolivia presenta mapa de velocidades media del viento	15
Figura 2-2 :velocidades de viento.....	16
Figura 2-3 :Clasificación de los aerogeneradores	17
Figura 2-4 :aerogenerador por tamaños.....	18
Figura 2-5 :alcances en la generación	18
Figura 2-6 :Tipos de aerogeneradores	19
Figura 2-7: Aerogeneradores de eje vertical	22
Figura 2-8: La cicloturbina.....	23
Figura 2-9: Motor DC 1.5 DC Mini Motor para el bloqueo de puertas	23
Figura 2-10: Convertidor BQ25570 Modulo de cosechadora de energía cargador de impulso y modulo convertidor de caída de voltaje para reemplazo de consumo de energía	24
Figura 2-11: Aerogenerador de eje vertical ensamblado.....	25
Figura 2-12: Engranajes Helicoidales Renold	26
Figura 2-13: Esquema constructivo rotor	26
Figura 2-14: Giromill vista frontal.....	27
Figura 2-15: Giromill vista superior.....	27
Figura 2-16 Descripción de proceso de la transformación de energía cinética a energía eléctrica.....	28
Figura 2-17: Área de potencial eólico Bolivia	31
Figura 2-18: Coeficiente de potencia eólica para diversos tipos de generadores eólicos	38
Figura 2-19: H vertical axis Wind Turbine	39
Figura 2-20: Tripie de montaje, estación de metrología	46

CAPITULO I

1 INTRODUCCIÓN

El objetivo del trabajo de investigación es el diseño mecánico de un generador eólico para el suministro de energía eléctrica a los dispositivos electrónicos de los usuarios de la agencia de turismo Tunkas Travel Bolivia, con el fin de reemplazar el generador térmico por un generador eólico. Este cambio busca promover el cuidado del medio ambiente, al tiempo que ofrece ventajas como facilidad de transporte y de montaje e instalación.

En la búsqueda continua de la excelencia y la sostenibilidad, la empresa de turismo Tunkas Travel Bolivia está llevando a cabo una transformación significativa en su modelo energético. Consciente de la importancia de reducir los gastos de operación y mitigar su impacto ambiental, la empresa ha tomado la decisión estratégica de migrar de la generación de energía eléctrica por combustión a la generación de energía eólica.

Este cambio representa un hito importante en la trayectoria de la empresa de turismo Tunkas Travel Bolivia hacia la sostenibilidad ambiental. Aprovechando los vientos moderados que caracterizan su ubicación geográfica, la empresa está implementando tecnología eólica para generar electricidad de manera limpia y renovable. Esta iniciativa no solo promueve la eficiencia energética, sino que también contribuye significativamente a la reducción de emisiones de carbono.

El compromiso de la empresa de turismo Tunkas Travel Bolivia con la sostenibilidad va más allá de la mera adopción de tecnologías verdes; refleja su visión de liderazgo en la industria turística. Al proporcionar un suministro eléctrico confiable y sostenible para los dispositivos electrónicos de sus usuarios, la empresa no solo mejora la experiencia del cliente, sino que también establece un estándar más alto para la responsabilidad ambiental en el sector turístico.

Este enfoque proactivo hacia la sostenibilidad posiciona a la empresa de turismo Tunkas Travel Bolivia como un ejemplo a seguir, demostrando que es posible lograr un equilibrio entre el crecimiento empresarial y la conservación del medio ambiente. Con su compromiso con la energía eólica y otras prácticas sostenibles, la empresa está allanando el camino hacia un futuro más limpio y próspero para todos.

1.1 ANTECEDENTES

El tema de investigación de mi monografía es el diseño mecánico de un generador eólico para el suministro de energía eléctrica a los dispositivos electrónicos de los usuarios de la agencia de turismo Tunkas Travel Bolivia, antes de embarcarse en el cambio hacia la generación de energía eólica, la empresa de turismo Tunkas Travel Bolivia realizó un análisis exhaustivo de sus operaciones y su impacto ambiental. Este análisis abarcó varios aspectos, desde el consumo de energía hasta la gestión de residuos, con el objetivo de identificar áreas de mejora y oportunidades para reducir su huella ecológica. Durante este proceso, la empresa evaluó detenidamente su método actual de generación de energía eléctrica, que se basaba principalmente en la combustión de combustibles fósiles. Si bien este enfoque había sido tradicionalmente efectivo en términos de suministro energético, se reconocieron sus limitaciones en términos de sostenibilidad y responsabilidad ambiental.

Se identificó que la generación de energía a través de la combustión de combustibles fósiles no solo era costosa en términos económicos debido a los precios fluctuantes de los combustibles, sino que también tenía un impacto significativo en el medio ambiente. Las emisiones de gases de efecto invernadero, como el dióxido de carbono, contribuían al cambio climático, mientras que otros contaminantes atmosféricos afectaban la calidad del aire y la salud humana.

Además, la empresa de turismo Tunkas Travel Bolivia reconoció la importancia de alinear sus prácticas empresariales con los valores de sostenibilidad y responsabilidad ambiental. Como empresa dedicada al turismo, comprendió la necesidad de proteger y preservar los recursos naturales y culturales que son la base de su industria. Esto incluirá no solo la minimización del impacto ambiental de sus operaciones, sino también el fomento de prácticas sostenibles entre sus

empleados, proveedores y clientes. Con estos antecedentes en mente, la empresa se embarcó en un proceso de investigación y evaluación de alternativas energéticas más limpias y sostenibles. Se consideraron varias opciones, incluida la energía solar y la eólica, así como otras fuentes renovables. Después de analizar factores como la disponibilidad, la viabilidad técnica y económica, y el impacto ambiental, se determinó que la energía eólica era la opción más adecuada debido a los vientos moderados que caracterizan su ubicación para la empresa de turismo Tunkas Travel Bolivia.

Esta decisión no solo se basó en consideraciones ambientales y económicas, sino que también se alineó con la visión de la empresa de liderar el camino hacia un turismo más sostenible y responsable. Al adoptar la energía eólica como fuente principal de electricidad, la empresa de turismo Tunkas Travel Bolivia no solo está reduciendo su huella de carbono y sus gastos operativos a largo plazo, sino que también está posicionándose como un ejemplo a seguir en la industria del turismo y contribuyendo activamente a la mitigación del cambio climático y la conservación del medio ambiente.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El objetivo de este proyecto es diseñar un generador eólico para la empresa de turismo Tunkas Travel Bolivia, ubicada en la región del sudoeste Potosino con vientos moderados todo el año. El problema radica en desarrollar un sistema que pueda aprovechar eficientemente la energía eólica disponible para satisfacer las necesidades de suministro eléctrico de los dispositivos electrónicos utilizados por los usuarios durante sus actividades turísticas. El desafío principal consiste en diseñar un generador eólico que pueda operar de manera óptima en condiciones de viento moderado, maximizando la producción de electricidad sin comprometer la fiabilidad. Esto implica la selección de un diseño de generación eólica y un sistema de conversión de energía adecuada, así como la optimización de la orientación y la altura del generador para capturar la mayor cantidad de viento posible. Además, se deben considerar aspectos técnicos, la implementación de sistemas de almacenamiento de energía para garantizar un suministro constante en caso de fluctuaciones en la velocidad del viento. Al abordar este problema, se

espera no solo reducir los costos operativos de la empresa al disminuir su dependencia de la energía eléctrica tradicional, sino también demostrar su compromiso con la sostenibilidad ambiental al utilizar una fuente de energía renovable y limpia para sus operaciones turísticas.

Los altos costos de producción de electricidad y la contaminación generada por el generador térmico son problemas que enfrenta la empresa de turismo Tunkas Travel Bolivia debido al bajo consumo de energía eléctrica para los dispositivos electrónicos de sus clientes durante las expediciones turísticas. Como solución alternativa, se propone desarrollar la investigación de un generador eólico que aproveche los vientos moderados de la región para reducir tanto los costos de producción de electricidad como la contaminación ambiental.

1.2.1 Formulación del problema

¿Sera posible reducir los costos de producción de electricidad y la contaminación ambiental, ante la creciente necesidad de soluciones energéticas sostenibles en el turismo boliviano, mediante la investigación para el diseño mecánico de un generador eólico para el suministro energía eléctrica a los dispositivos electrónicos de los usuarios de la agencia de turismo Tunkas Travel Bolivia?

1.3 JUSTIFICACIÓN

La presente monografía de diseño mecánico se llevará a cabo para aprovechar los recursos naturales disponibles, reducir gastos de operación, demostrar compromiso con la sostenibilidad, implementar tecnologías renovables en el turismo y mejorar la imagen de marca de la empresa de turismo Tunkas Travel Bolivia

1.3.1 Justificación Económica:

1.3.1.1 Eficiencia energética

El motor térmico genera más potencia de la necesaria, esto puede tener una eficiencia menor en comparación con un sistema más sostenible. Al reemplazar este motor con una máquina que produzca solo la potencia requerida, se puede mejorar la eficiencia operativa y reducir el consumo de energía. Esto minimiza el desperdicio y optimiza el uso de los recursos, resultando en una operación más eficiente en general.

1.3.1.2 Reducción de gastos operativos

La generación de energía eólica tiene costos operativos más bajos que la generación de energía eléctrica utilizando combustibles fósiles, ya que el viento es una fuente de energía gratuita y renovable.

1.3.1.3 Independencia de los precios volátiles de los combustibles fósiles

Al depender menos de los precios volátiles de los combustibles fósiles, la empresa se protege contra posibles aumentos en los costos de la energía a largo plazo. La energía eólica proporciona una fuente de energía estable y predecible, lo que ayuda a gestionar mejor los presupuestos operativos.

1.3.1.4 Retorno de la inversión

A pesar de la inversión inicial en la infraestructura eólica, el retorno de la inversión suele ser rápido debido a los ahorros continuos en los gastos de energía. Con el tiempo, la generación de energía eólica puede resultar en un ahorro significativo en comparación con los métodos tradicionales de generación de energía.

1.3.2 Justificación Tecnológica

1.3.2.1 Bajos costos en mantenimiento

En comparación con los generadores de energía por combustión, los generadores eólicos tienen menos componentes móviles, lo que reduce la necesidad de mantenimiento y minimiza el riesgo de averías mecánicas.

1.3.2.2 Independencia energética

Al utilizar energía cinética del viento como fuente de energía, los generadores eólicos son independientes de los combustibles fósiles, lo que reduce la dependencia de recursos no renovables y el desabastecimiento de los mismos.

1.3.2.3 Diseño Modular

Los generadores eólicos se pueden diseñar en unidades modulares, esto significa que los componentes principales del generador eólico como las palas, el rotor, la torre, etc. Se pueden fabricar como módulos separados, lo que facilita su transporte, instalación y mantenimiento.

1.3.2.4 Material de diseño

Para el diseño de generadores eólicos, suelen utilizar materiales que sean livianos, duraderos y capaces de resistir las tensiones y fuerzas a las que están expuestas en su funcionamiento.

1.3.2.5 Bajas emisiones de ruido en funcionamiento

Los generadores eléctricos por combustión son demasiados ruidosos y los altos decibelios producidos provocan contaminación acústica al operador, por otra parte, los generadores eólicos tienen a producir bajos niveles de ruido en su operación.

1.3.3 Justificación ambiental

El desarrollo del diseño de la parte mecánica de un aerogenerador eólico de eje vertical para el consumo de aparatos electrónicos de la agencia de turismo Tunkas Travel aportará ambientalmente en los siguientes aspectos:

1.3.3.1 Disminución de la emisión de gases de efecto invernadero

La generación de energía eólica no produce emisiones de gases de efecto invernadero durante su operación, lo que contribuye significativamente a la mitigación del cambio climático al reducir la cantidad de carbono liberado a la atmósfera.

1.3.3.2 Conservación de los recursos naturales

Al utilizar una fuente de energía renovable y limpia como la energía eólica, se reduce la necesidad de extraer y quemar combustibles fósiles, lo que ayuda a preservar los recursos naturales y proteger los ecosistemas vulnerables de la región.

1.3.3.3 Conservación de la biodiversidad

Al reducir la dependencia de combustibles fósiles, se minimiza la degradación de los hábitats naturales y se protege la biodiversidad local, lo que beneficia a la flora y fauna de la región.

1.3.3.4 Mejora de la calidad del aire

La generación de energía eólica no emite contaminantes atmosféricos como el dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno o partículas finas, lo que mejora la calidad del aire y reduce los riesgos para la salud humana asociados con la contaminación del aire.

1.3.4 Justificación Social

1.3.4.1 Educación y conciencia ambiental

La implementación de los generadores eólicos será una oportunidad para educar a las comunidades sobre la importancia de las energías renovables y la conservación del medio ambiente, esto generará conciencia ambiental y fomentará prácticas sostenibles en las comunidades.

Los diferentes ámbitos mencionados en la justificación serán importantes para el desarrollo exitoso del diseño, asegurando que el generador eólico para el suministro de dispositivos electrónicos no solo sea técnicamente viable y eficiente, sino también económicamente rentable y socialmente beneficiosa.

1.4 METODOLOGÍA

Para llevar a cabo el presente trabajo de diseño mecánico, se ha decidido emplear tres metodologías de investigación las cuales son: método de investigación de ingeniería, cualitativa y cuantitativa.

1.4.1 Método investigación aplicada

Este método de investigación tiene como objetivo generar innovaciones o productos tecnológicos que resuelvan la problemática planteada en nuestro estudio.

1.4.1.1 Técnica

- **Modelado y simulación:** Esta técnica nos permite realizar bocetos, planos y modelajes de los diseños que se pretende realizar, para que la idea que de plasmada y garantice un óptimo diseño que refleje confianza y fiabilidad a la hora de visualizarse mediante un instrumento de modelaje CAD (Diseño Asistido por Computadora).

1.4.1.2 Instrumentos

- **Software CAD:** El Diseño asistido por computadora es un instrumento de diseño que ayuda a visualizar los parámetros y detalles técnicos del diseño modelado.

1.4.2 Método de investigación metódica o básica

Este método buscara ampliar los conocimientos científicos dentro nuestro campo de investigación

1.4.2.1 Técnicas

- **Revisión bibliográfica:** También se utilizará la revisión bibliográfica ya que se necesita recabar información sobre el diseño de generadores eólicos, los parámetros que se deben de tomar en cuenta, revisión de normativas a la hora de elaborar el diseño, pero sobre todo enriquecerse de conocimiento dentro el área de los generadores eólicos.

1.4.2.2 Instrumentos

- **Documentación bibliográficos:** El mismo será un instrumento de la revisión de documentos ya que en los documentos como ser tesis, proyectos de grado, artículos científicos, monografías, revistas científicas, etc. Ya que en los mismos se encuentra la información para el desarrollo de dicho diseño.

1.4.3 Método de investigación de exposición descriptiva

El método descriptivo permitirá detallar el contexto de la problemática utilizando la información recopilada de la empresa.

1.4.3.1 Técnicas

- **Entrevista:** Se realizará una entrevista con el dueño y propietario de dicha agencia de turismo TUNKAS TRAVEL para obtener todos los datos cuantitativos para el diseño es decir las dimensiones que vaya a tener dicho generador eólico y otros aspectos preliminares antes de realizar el diseño.
- **Evaluación de Costos:** Se emplearán herramientas de análisis financiero para determinar los costos de material y la viabilidad económica del diseño

1.4.3.2 Instrumentos

- **Hoja de entrevista:** Se empleará una hoja de entrevista, con preguntas formuladas para tomar en cuenta los parámetros de diseño y los materiales con los que se va diseñar el generador eólico
- **Software Excel:** Para la elaboración aproximada de los costos unitarios y un presupuesto, se elaborará de una hoja de cálculo del software de Microsoft Excel.

1.5 OBJETIVO GENERAL

1.5.1 Objetivo General

Desarrollar la investigación del diseño mecánico de un generador eólico para el suministro de energía eléctrica a los dispositivos electrónicos de los usuarios de la agencia de turismo Tunkas Travel Bolivia.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Obtener datos sobre las características específicas de los vientos moderados en la región del sudoeste Potosino, tales como velocidad, dirección, variabilidad, para determinar los requisitos de diseño del generador eólico.

- Analizar el rendimiento y las características técnicas de las tecnologías de generadores eólicos seleccionadas.
- Desarrollar una tabla comparativa que facilite la evaluación de los beneficios de utilizar un generador eólico frente a un generador térmico.
- Proponer un generador eólico que integre la tecnología seleccionada de manera eficiente y confiable
- Crear una matriz comparativa que permita analizar las características de diferentes generadores eléctricos para determinar cuál se ajusta mejor a las necesidades específicas del diseño.
- Modelar y analizar el diseño del generador eólico utilizando software de diseño asistido por computadora (CAD)
- Adecuar el circuito del módulo de carga para su correcta integración con el generador eólico, garantizando un suministro estable y eficiente de energía a los dispositivos electrónicos.
- Evaluar el costo y la viabilidad del diseño mecánico de un generador eólico para el suministro de energía eléctrica a la Agencia de Turismo Tunkas Travel, tomando en cuenta los recursos disponibles en la región.
- Elaborar una ficha de operaciones y mantenimiento

2 DESARROLLO

2.1 MARCO CONTEXTUAL

El uso de energías renovables ha experimentado un notable aumento en la última década. Este crecimiento se debe principalmente a la necesidad de abordar la crisis climática y al aumento de la demanda global de energía. En países desarrollados, donde la energía solía provenir principalmente de combustibles fósiles, se han implementado políticas que requieren un mayor uso de energías renovables en la matriz energética. (Alave, Orellana , & Sempértegui, 2022).

La combinación estratégica de turismo sostenible y fuentes de energía renovable no solo contribuirá a la reducción de gases de efecto invernadero, sino que también ayudará a mitigar los impactos de los cambios climáticos extremos y garantizará un suministro energético seguro para todos. Es imperativo que tanto el sector turístico como los responsables políticos utilicen de manera efectiva los datos disponibles para desempeñar un papel central en la lucha contra la emergencia climática, como señala (Ahmad, Mohammad, Laraib, Ruhi, & RS, 2022)

La gran variedad de implementaciones de los generadores eólicos en la provisión de energía eléctrica a dispositivos electrónicos de bajo consumo es evidente, como lo ilustra la siguiente cita: “El propósito de este trabajo es diseñar un aerogenerador que pueda ser instalado y utilizado en balcones y azoteas de casas o bloques de pisos para convertir la energía cinética del viento en energía eléctrica y almacenar dicha electricidad en una batería. Esta carga eléctrica almacenada puede ser utilizada posteriormente para diversas aplicaciones que demanden una baja potencia eléctrica, tales como recargar las baterías de móviles, ordenadores portátiles, baterías recargables de baja tensión e iluminar una parte del hogar” (DIAGO, 2019)

La generación de energía eólica se ha convertido en una alternativa atractiva y sostenible para muchas empresas y comunidades en todo el mundo. En este

contexto, empresas como Tunkas Travel Bolivia se enfrentan a la problemática de reducir los costos operativos y mitigar su impacto ambiental al mismo tiempo que mantienen un suministro eléctrico confiable para sus operaciones turísticas. Como resultado, Tunkas Travel Bolivia está en proceso de transición de la generación de energía por combustión a la generación de energía eólica. (Tunkas Travel Bolivia , 2024).

Según el análisis exhaustivo realizado por Tunkas Travel Bolivia, la generación de energía a través de la combustión de combustibles fósiles no solo es costosa en términos económicos debido a los precios fluctuantes de los combustibles, sino que también tiene un impacto significativo en el medio ambiente. Las emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes atmosféricos afectan la calidad del aire y contribuyen al cambio climático. Reconociendo esta problemática, Tunkas Travel Bolivia ha tomado la decisión estratégica de migrar hacia la generación de energía eólica, una fuente limpia, renovable y económicamente viable. (Tunkas Travel Bolivia , 2024)

Este proceso de cambio hacia la energía eólica no solo responde a la necesidad de reducir los costos operativos y mitigar el impacto ambiental, sino que también refleja el compromiso de Tunkas Travel Bolivia con la sostenibilidad y la responsabilidad ambiental en la industria del turismo. Al optar por la generación de energía eólica, la empresa busca establecer un estándar más alto para la responsabilidad ambiental en el sector turístico y liderar el camino hacia un turismo más sostenible y responsable. (Tunkas Travel Bolivia , 2024)

En este contexto, el diseño mecánico de un generador eólico para Tunkas Travel Bolivia en la región del sudoeste Potosino adquiere una importancia esencial. Este proyecto no solo busca satisfacer las necesidades de suministro eléctrico de los dispositivos electrónicos utilizados por los usuarios durante sus actividades turísticas, sino que también representa un paso significativo hacia un modelo energético más sostenible y respetuoso con el medio ambiente. (Tunkas Travel Bolivia , 2024).

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 Energía eólica

La energía eólica es una forma de energía renovable que se genera mediante la fuerza del viento. Este tipo de energía se obtiene mediante el aprovechamiento de la energía cinética del viento, que es convertida en energía mecánica a través de generadores eólicos. Estos dispositivos convierten la energía cinética del viento en energía eléctrica. Pero también se define como “es la transformación del movimiento de una masa de aire que transporta energía cinética, en energía eléctrica a través de generadores eléctricos y de elementos mecánicos; la energía generada se puede almacenar directamente a la red eléctrica.” (Cueva, 2015, pág. 7)

2.2.1.1 La energía eólica en Bolivia

En Bolivia, la energía eólica presenta notables diferencias según las distintas regiones geográficas del país, como el altiplano, los llanos, los valles y los chacos. Estas variaciones se deben principalmente a las diferencias en la velocidad del viento en cada área. El mapa representado en la figura 2-1 ilustra las velocidades medias anuales del viento en Bolivia, proporcionando información valiosa sobre la región donde se llevará a cabo la monografía. Este mapa ofrece datos esenciales para identificar áreas con un potencial óptimo para la implementación de proyectos de energía eólica.

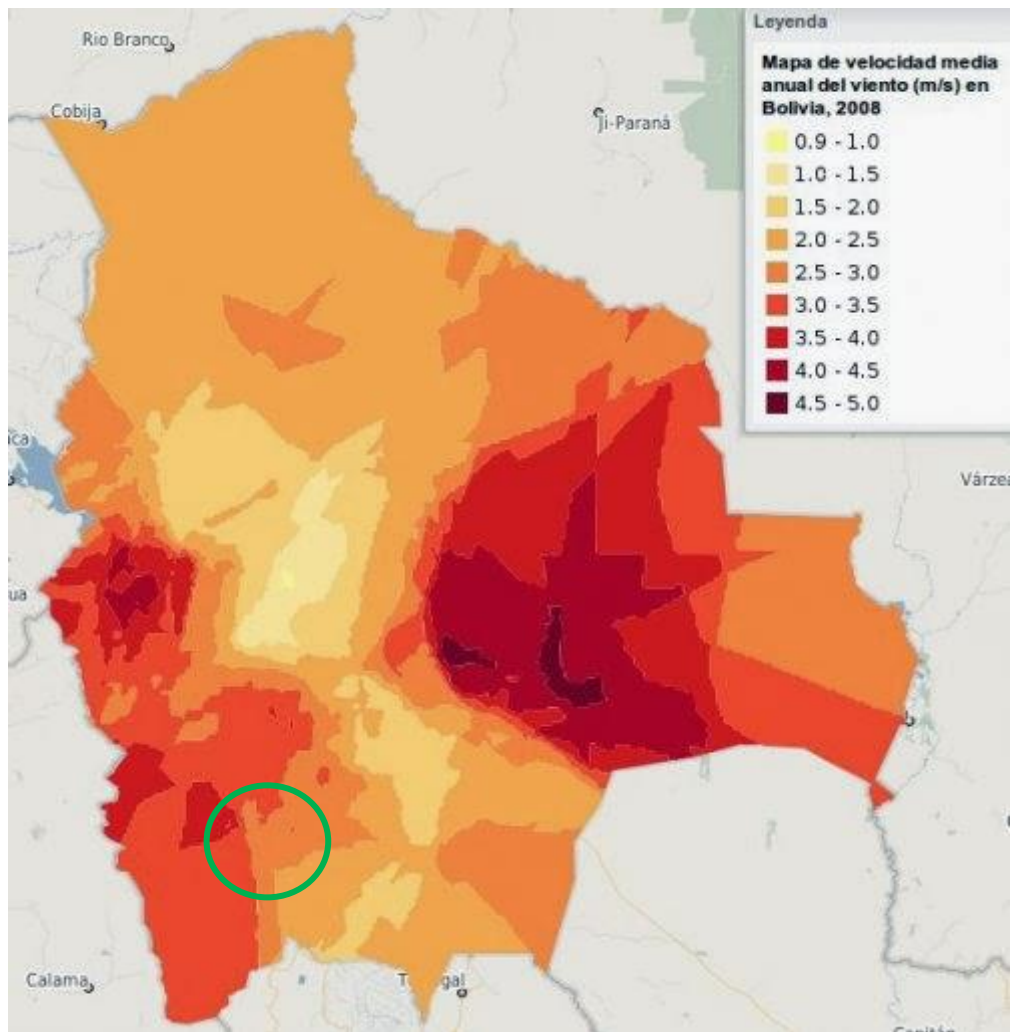


Figura 2-1: Geo Bolivia presenta mapa de velocidades media del viento
Fuente Geo Bolivia.; (2013); obtenido de
<https://noticiasdesdebolivia.blogspot.com/2013/11/geobolivia-presenta-mapa-de-la.html>

2.2.1.2 La energía eólica en Salar de Uyuni

En esta parte del sector, la energía eólica exhibe una variabilidad moderada a alta, como se indica en la ubicación marcada con un círculo rojo en la figura 2-1. Se observa una alternancia en las velocidades del viento en esta zona, como se refleja en la escala de velocidades medias anuales en Bolivia. El diagrama siguiente detalla las velocidades del viento por mes que se registran en este sector específico.

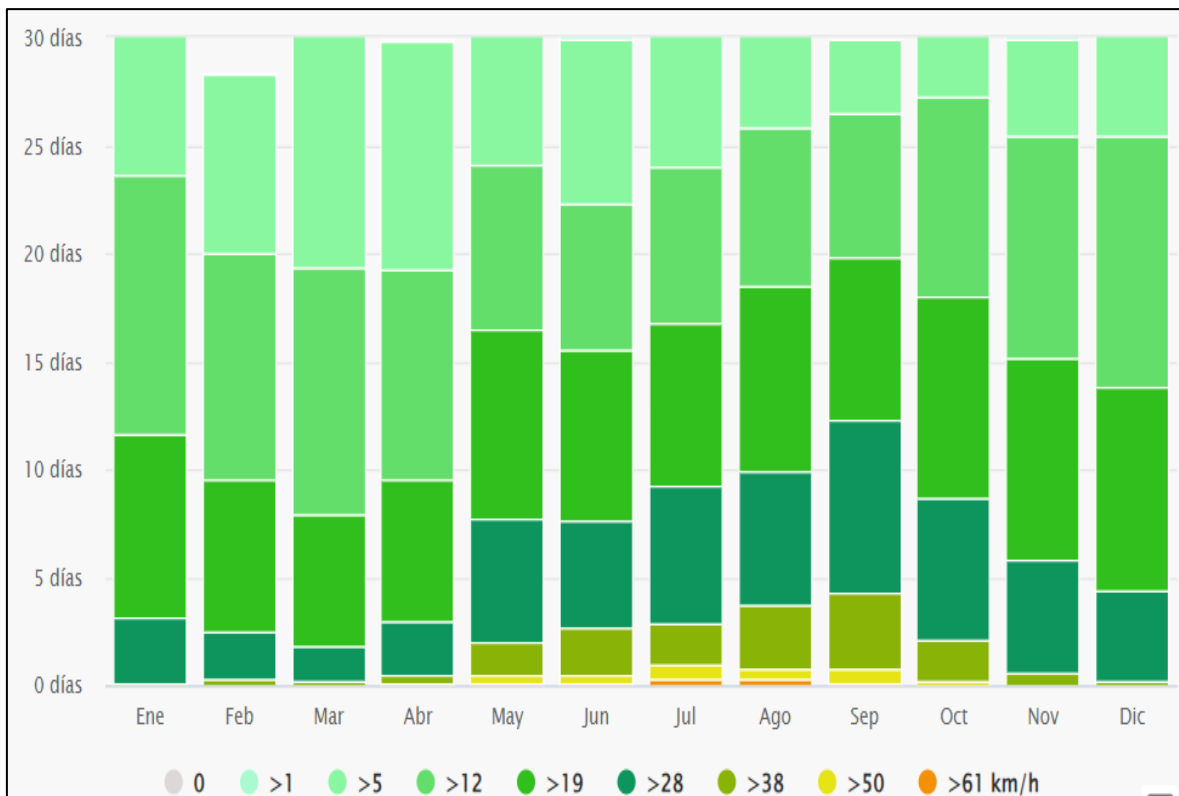


Figura 2-2 :velocidades de viento

Fuente: datos climáticos y meteorológicos históricos simulados para Uyuni; meteoblue;(2007); obtenido de https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/climatemodelled/uyuni_bolivia_3901903

2.2.2 Generadores eólicos

2.2.2.1 Definición

Un generador eólico es un equipo que transforma la energía cinética del viento en energía eléctrica mediante el movimiento rotativo de sus aspas, algunos autores lo conceptualizan como “El generador eléctrico es el elemento capaz de transformar la energía mecánica a energía eléctrica, convirtiendo una entrada de movimiento rotativo en un campo eléctrico, mediante la interacción de dos elementos; el rotor, el cual es la parte móvil y el estator, que es la parte estática.” (Orjuela & Perdomo, 2018, pág. 26).

Pero también está definida como “un aerogenerador absorbe de forma mecánica la energía cinética del viento para generar electricidad.” (DIAGO, 2019, pág. 10)

Es ampliamente comprendido que la función primordial de los generadores eólicos consiste en convertir la energía cinética del viento en energía eléctrica.

2.2.2.2 Tipos de generadores eólicos

Dada la diversidad de condiciones ambientales y requisitos de energía en distintas ubicaciones, resulta fundamental disponer de una gama variada de aerogeneradores que se ajusten a tales condiciones y necesidades individuales. Para abordar esta diversidad, podemos clasificar los aerogeneradores de la siguiente manera:

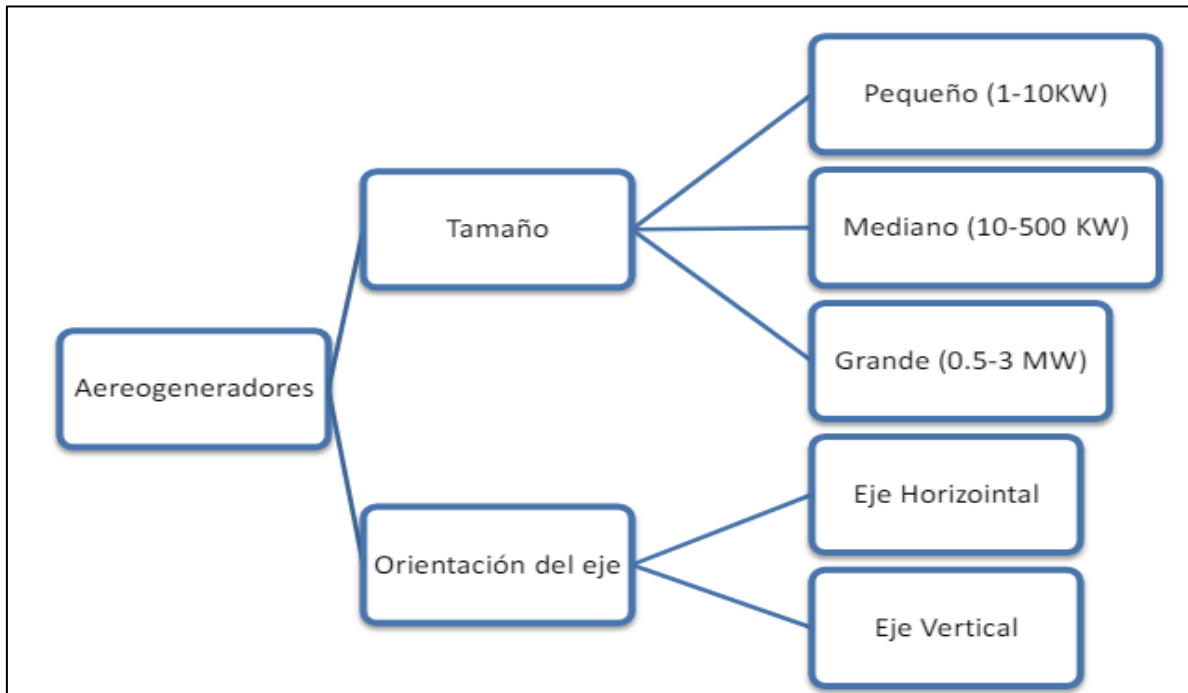


Figura 2-3 :Clasificación de los aerogeneradores

Fuente: Chávez Velázquez Sandra;(2010); obtenido de

<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/1427/Tesis.pdf>

a) Clasificación por su tamaño

- Pequeños Aerogeneradores: Hasta 10 KW y a su vez lo podemos dividir en 3 subgrupos dependiendo del tamaño del diámetro del rotor.
 - Micro Aerogeneradores: Son los más pequeños de todos, tendiendo un diámetro hasta de 1.25 m.
 - Mini Aerogeneradores: Con un diámetro de hasta 3m.
 - Aerogeneradores tamaño casero: Con un diámetro de hasta 10m.
- Medianos Aerogeneradores: Aquellos que generan de 10 KW hasta 500 KW. llegan a tener un diámetro de hasta 50 metros.

- Grandes Aerogeneradores: Generan de 1.5 a 3 MW, llegan a tener un diámetro hasta del tamaño de una cancha de fútbol (Poco más de 100 m) (Chávez Velázquez, 2010)

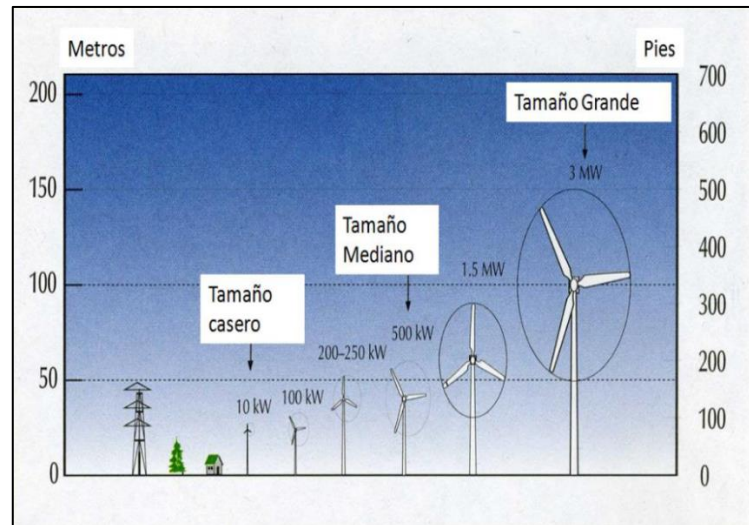


Figura 2-4 : aerogenerador por tamaños

Fuente: Chávez Velázquez Sandra;(2010); obtenido de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/1427/Tesis.pdf>

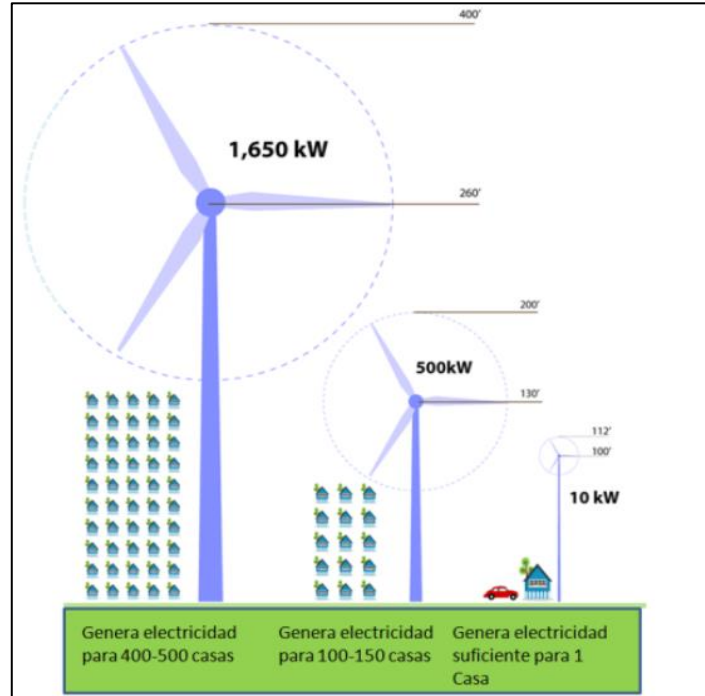


Figura 2-5 : alcances en la generación

Fuente: Chávez Velázquez Sandra;(2010); obtenido de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/1427/Tesis.pdf>

b) Clasificación por su orientación de eje

La orientación de los ejes de alta y baja velocidad es determinante para definir si el aerogenerador será de eje vertical o horizontal, tal como se muestra detalladamente en la figura 2.6

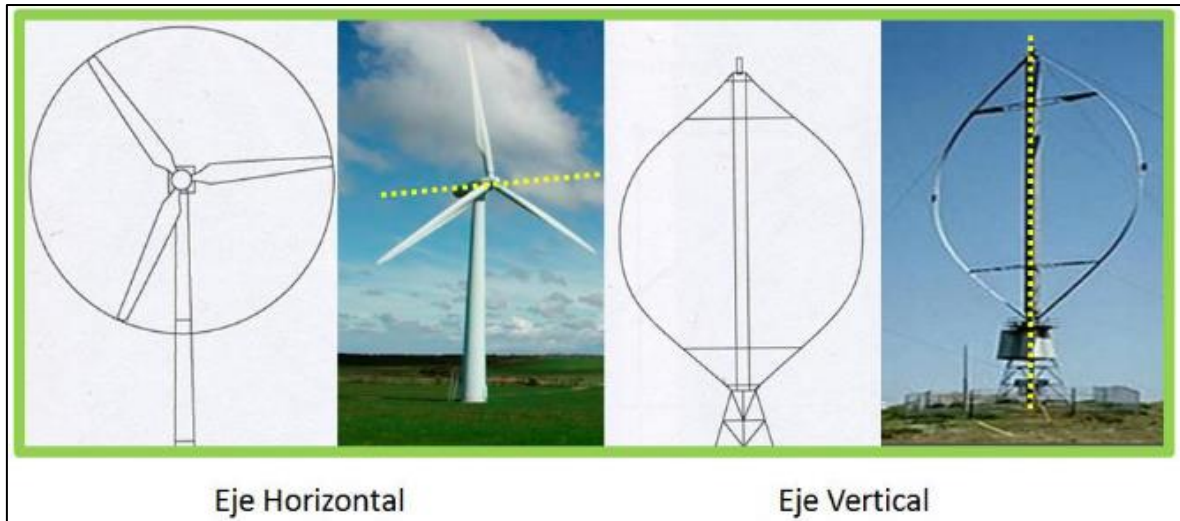


Figura 2-6 :Tipos de aerogeneradores

Fuente: Chávez Velázquez Sandra;(2010); obtenido de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/1427/Tesis.pdf>

- Generadores de eje horizontal: también llamados HAWT por sus siglas en inglés (Horizontal Axis Wind Turbine), son los más populares en proyectos de gran escala debido a sus ventajas. Sin embargo, también se discuten sus posibles desventajas. (Chávez Velázquez, 2010)
- Generador eólico de eje vertical: es una estructura diseñada para capturar la energía del viento mediante aspas dispuestas verticalmente al suelo. Según la siguiente cita bibliográfica “En este tipo de aerogeneradores verticales las palas rotan en torno a un eje central vertical.” (Structuralia, 2018)

c) Ventajas y Desventajas

A continuación, se presenta un cuadro comparativo que destaca tanto las ventajas como las desventajas de los generadores eólicos de eje vertical y horizontal. Este recurso permitirá una comprensión más clara de las diferencias entre ambos tipos de generadores eólicos y facilitará la toma de decisiones en la selección del diseño más adecuado.

Tablas 2-1: Ventajas y desventajas de los aerogeneradores de eje horizontal y vertical

	EJE HORIZONTAL	EJE VERTICAL
VENTAJAS	Mayor eficiencia	No necesita gran altura
	Mayores potencias alcanzables	Instalación y mantenimiento asequibles y de bajo costo.
	Reciben vientos con mayores velocidades debido a su gran altura	El generador y la caja de cambios pueden colocarse en el suelo
	Reciben vientos en régimen laminar en grandes alturas, mejorando así su rendimiento	Bajas emisiones de ruido
		Funciona independientemente de la orientación del viento
		Operan también a bajas velocidades de viento
	EJE HORIZONTAL	EJE VERTICAL
DESVENTAJAS	Gran altura, necesidad de la torre	Menor eficiencia
	Instalación más costosa	Menores potencias alcanzables
	Emiten más ruidos molestos para la población	Reciben vientos con menores velocidades
	Necesidad orientarse hacia la dirección del viento	Reciben más vientos en régimen turbulento debido a los obstáculos que encuentra el viento a bajas alturas
	Operan en un rango menor de velocidades (arranque a mayores velocidades y peligroso con velocidades altas)	
	Requieren mayores sistemas de seguridad, control y frenado	

Fuente: Diseño de un aerogenerador Savonius para uso doméstico; Carlos Diago Vidal; (2019); página 12

Dado que mi objetivo con esta monografía es desarrollar el diseño de un generador eólico para suministrar energía eléctrica a dispositivos electrónicos en una escala pequeña, es decir, con una potencia que oscila entre 1-10 kW, y tras haber revisado las características técnicas de los generadores eólicos de eje vertical y horizontal,

a partir de ahora me centraré exclusivamente en los generadores eólicos de eje vertical, ya que cumplen con la mayoría de las características técnicas requeridas en la monografía.

Como se puede apreciar en la tabla 2.2, se presenta una comparativa que resalta tanto las ventajas como las desventajas de los aerogeneradores de eje vertical en tamaños reducidos.

Tablas 2-2: Eje vertical (Pequeña escala)

	VENTAJAS	DESVENTAJAS
GENERADORES EÓLICOS EN PEQUEÑA ESCALA (1-10KW)	Debido a que es más ligera, puede instalarse en mástiles o sobre edificios altos	Difícil colocar un sistema que regule la velocidad cuando hay grandes vientos (Rotor -H)
	Puede ser instalada en la ciudad sin molestar a los vecinos a causa del ruido	
	Algunos sistemas híbridos (Savonius y Darrieus) no requieren sistemas de freno, aprovechando así al máximo la velocidad del viento	
	Es más eficiente, porque al ser generación distribuida tiene menos pérdidas en la transmisión	

Fuente: Diseño de un micro aerogenerador de eje vertical; Chávez, Velázquez; (2010); página 21

2.2.2.3 Tipos de generadores eólicos de eje vertical

Estos generadores eólicos son tan versátiles en su diseño que existen dos modelos principales, cada uno adaptado a una función aerodinámica específica del rotor:

a) De arrastre (Drag based)

“Los aerogeneradores basados exclusivamente en arrastre funcionan como una pala en el agua impulsando a un cuerpo; la velocidad máxima que puede tener el cuerpo será la velocidad con la que la pala arrastra el agua. Los anemómetros de copa funcionan bajo este principio, las copas giran a la velocidad del viento.” (Chávez Velázquez, 2010, pág. 23). Un ejemplo evidente son los generadores eólicos tipo Savonius que se ilustra en la (Figura 2.7), los cuales se basan en el principio del arrastre.

b) De sustentación (Lift based)

Por otro lado, los aerogeneradores de tipo sustentación suelen ser empleados para la generación de electricidad, ya que proporcionan una mayor potencia con una eficiencia superior. En estos aerogeneradores, las palas alcanzan su máxima sustentación dos veces por revolución. Además, tienen una relación de velocidad de la punta del rotor (TSR) mayor a 1 (Chávez Velázquez, 2010, pág. 24). Un ejemplo claro son los generadores eólicos Tipo Darrieus como se muestra en la (Figura 2.7)

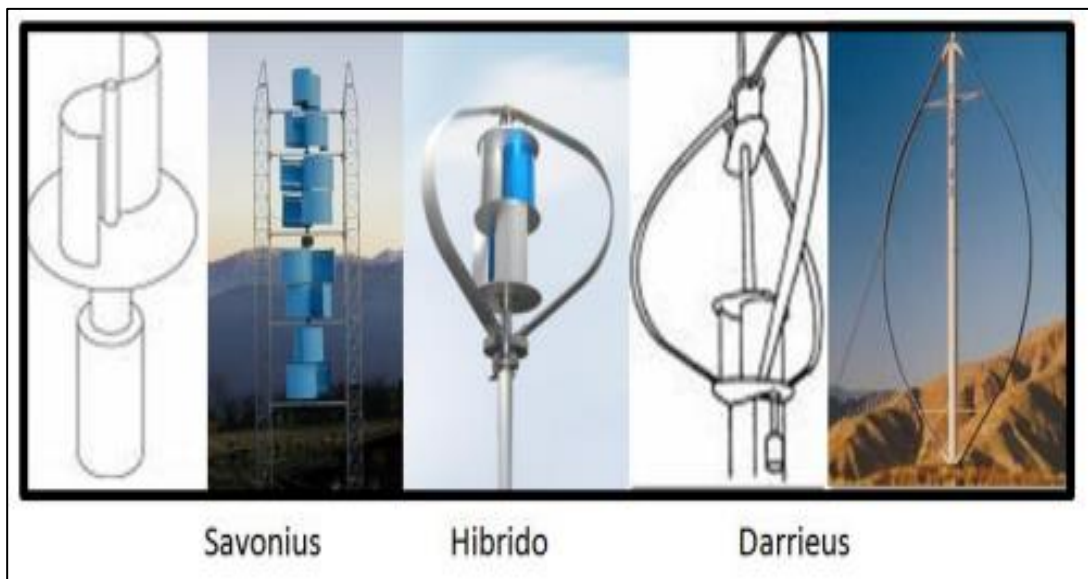


Figura 2-7: Aerogeneradores de eje vertical

Fuente: Chávez Velázquez Sandra;(2010); obtenido de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/1427/Tesis.pdf>

Y por otra parte están los Giromill es un tipo de generador de turbina eólica de eje vertical (VAWT) del tipo Darrieus. A diferencia del más común Savonius VAWT, este aerogenerador utiliza fuerzas de sustentación generadas por perfiles aerodinámicos verticales para convertir la energía eólica en energía mecánica rotacional. Normalmente, el Giromill consta de dos o tres perfiles aerodinámicos verticales unidos a un mástil central mediante soportes horizontales. Aunque es más económico y fácil de construir que una turbina Darrieus estándar, no alcanza la misma eficiencia y requiere vientos fuertes o un motor para iniciar su rotación. A veces, puede experimentar dificultades para mantener una velocidad de rotación constante. Sin embargo, los Giromill pueden funcionar bien en condiciones de viento turbulento y son una opción

asequible en lugares donde una turbina de eje horizontal estándar no sería adecuada. (Reuk, 2021)

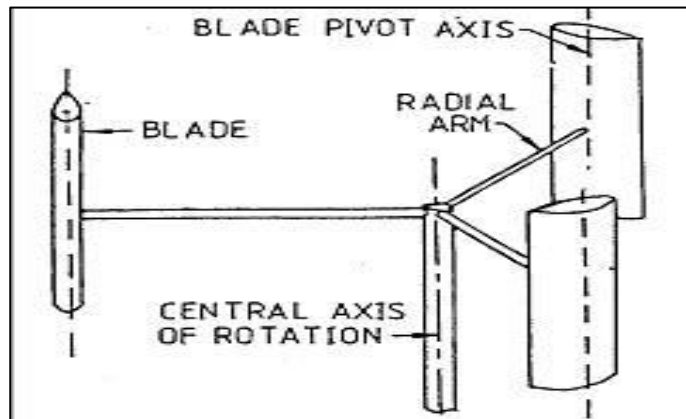


Figura 2-8: La ciclo turbina

Fuente: Reuk;(2021); obtenido de <https://www.reuk.co.uk/wordpress/wind/giromill-darrieus-wind-turbines/>

2.2.2.4 Partes de un generador eólico de eje vertical

a) Generador eléctrico DC

“Un dinamo o generador dc es una maquina eléctrica que produce energía eléctrica que produce energía eléctrica en forma de corriente continua aprovechando el fenómeno de inducción electromagnética” (Pernia, 2011, pág. 2)

Por otro lado, estos tipos de generadores eléctricos también pueden actuar como motores eléctricos, pero en esta ocasión, lo emplearemos como un generador eléctrico DC.



Figura 2-9: Motor DC 1.5 DC Mini Motor para el bloqueo de puertas

Fuente: Made in china;(2020); https://es.made-in-china.com/co_sz-kinmoremotor/product_1-5V-DC-Motor-DC-Mini-Motor-for-Door-Lock_uonuhnsrry.html

b) Módulo de carga

La electricidad producida por el generador eólico viene en pulsos y no se puede usar directamente. Para aprovecharla, se utiliza un dispositivo llamado tarjeta cosechadora de energía, que se describe como “un proceso mediante el cual se aprovecha energía disponible en diferentes fuentes, la cual se captura, se almacena y se usa posteriormente. (Vargas, 2019, pág. 18)

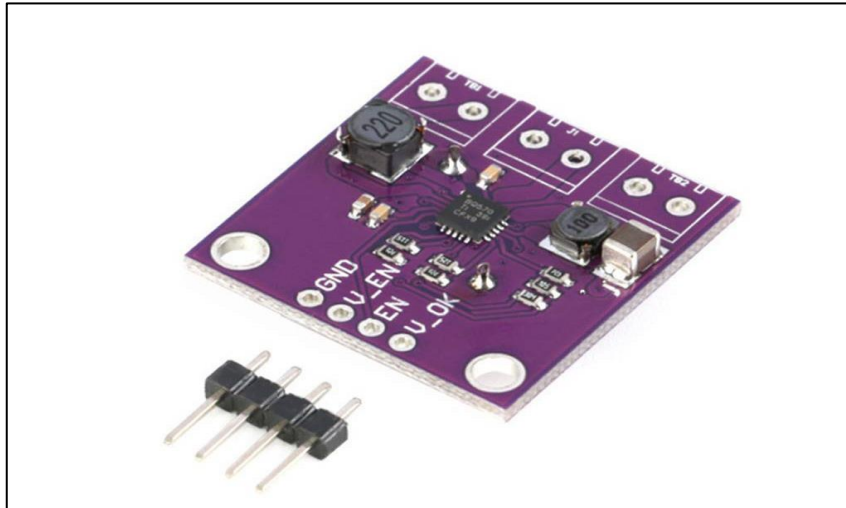


Figura 2-10: Convertidor BQ25570 Modulo de cosechadora de energía cargador de impulso y modulo convertidor de caída de voltaje para reemplazo de consumo de energia

Fuente: Amazon; (2023); <https://www.amazon.com/-/es/JAGTRADE-Convertidor-cosechadora-convertidor-reemplazo/dp/B0CS6K5TD5>

c) Estructura soporte

La estructura es la parte más fundamental de cualquier generador eólico, ya que determina su resistencia frente al flujo y la fuerza del viento, lo que garantiza la estabilidad del sistema. Además, la estructura define el eje de rotación del generador eólico, ya sea horizontal o vertical. Otros expertos también destacan que la estructura sirve como soporte para el rotor, proporcionando un punto de apoyo superior que previene pandeos y desviaciones críticas. (Orjuela & Perdomo, 2018, pág. 57)

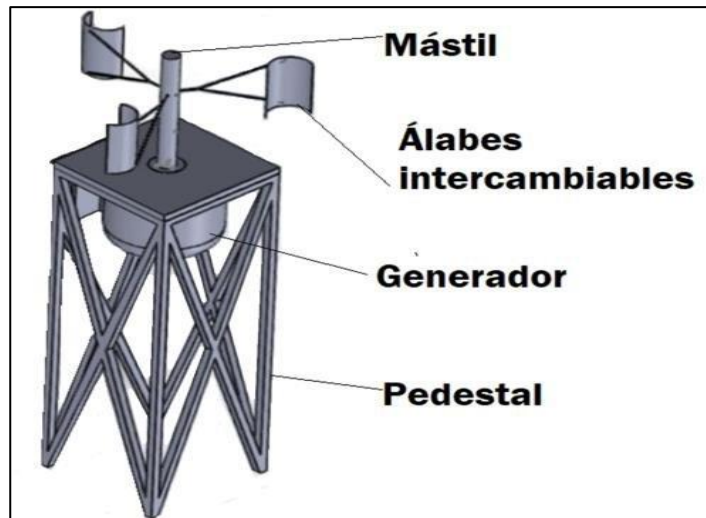


Figura 2-11: Aerogenerador de eje vertical ensamblado

Fuente: Aerogenerador de eje vertical ensamblado; Johnatan Salazar; 2019; https://www.researchgate.net/figure/Aerogenerador-de-eje-vertical-ensamblado-Fuente-Elaboracion-propia_fig1_333908006

d) Engrane Multiplicador de velocidad

“La relación de fuerza y velocidad que se establece entre los engranes se define en función de la cantidad de dientes que tenga cada engrane, o bien, en función de la velocidad de giro de cada engrane, dada en revoluciones por minuto. Esta relación permite conformar mecanismos multiplicadores de velocidad o mecanismos reductores de velocidad”. (Olvera, 2020).

“Lo cual el engrane multiplicador de velocidades nos permite “ conocer la relación entre la velocidad del engrane conductor (entrada) y el engrane conducido (salida), de modo que éste dé una revolución, se establece a partir del número de dientes que tiene cada engrane, o de la velocidad de giro de los engranes, en revoluciones por minutos; el engrane es un mecanismo multiplicador de velocidad si la velocidad de giro del engrane conducido es mayor que la del conductor el engrane es un mecanismo reductor de velocidad si la velocidad de giro del engrane conductor es mayor que la del conducido” (Olvera, 2020)

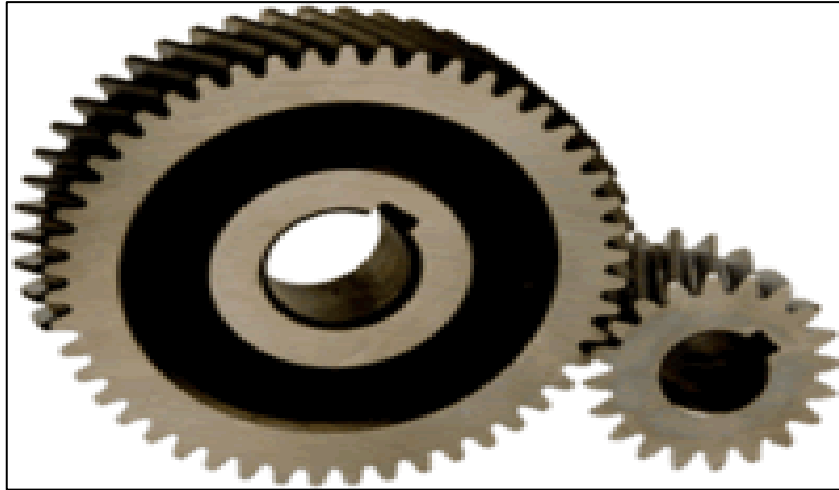


Figura 2-12: Engranajes Helicoidales Renold

Fuente: Engranajes helicoidales; HVH; 2014;
<https://hvhindustrial.com/es/sub-category/engranajes-helicoidales-renold/63270>

e) Eje del rotor

“Los ejes son elementos de máquinas, usados para sostener piezas que giran de modo solidario o alrededor de ellos y para transmitir potencia. Para el caso de interés, dicho eje debe transmitir en esencia rotación proveniente del movimiento de rotor y la potencia que este extrae a la velocidad del aire” (Orjuela & Perdomo, 2018, pág. 51)

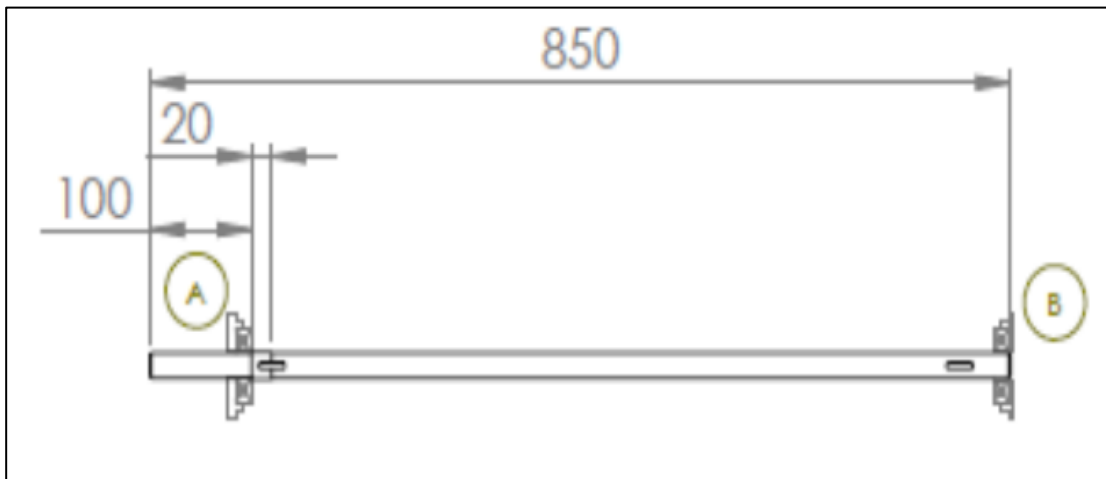


Figura 2-13: Esquema constructivo rotor

Fuente: Implementación de un generador eólico tipo Savonius helicoidal en la empresa cygni ingeniería sas; Juan Orjuela; 2018; página 53;

f) Alabes

“Son los dispositivos que convierten la fuerza del viento en el par necesario para generar potencia útil. La forma básica y dimensiones de las palas vienen dadas

inicialmente por el diseño global de la turbina y por consideraciones aerodinámicas”. (Ramirez, 2019, pág. 14)

Los alabes son fundamentales en el diseño de generadores eólicos, ya que son la parte que entra en contacto con la energía cinética del viento y la fuerza que este ejerce. Deben estar fabricados con un material ligero y resistente, y su geometría debe permitirles aprovechar eficientemente la energía cinética del viento.

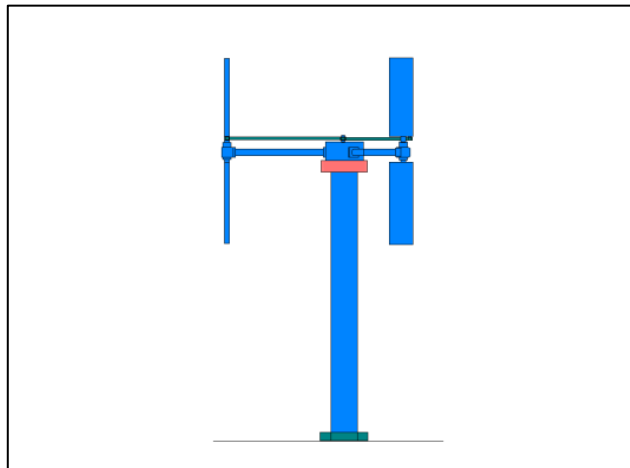


Figura 2-14: Giromill vista frontal

Fuente: Diseño y Construcción de un Prototipo de Generador Eólico de Eje Vertical.; Juan Antezana; (2004); pagina 33.

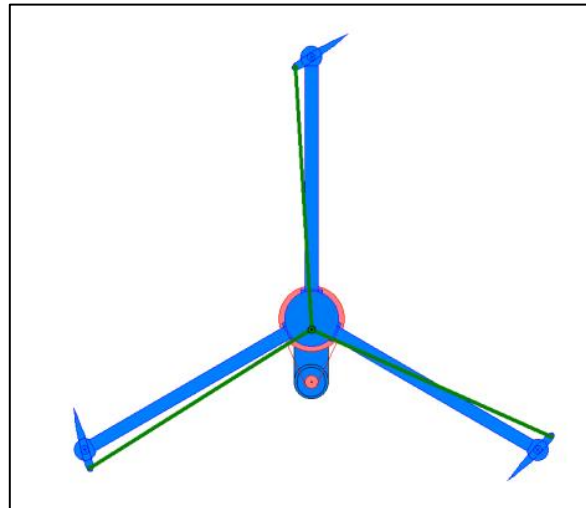


Figura 2-15: Giromill vista superior

Fuente: Diseño y Construcción de un Prototipo de Generador Eólico de Eje Vertical.; Juan Antezana; (2004); pagina 33.

2.2.3 Descripción del proceso de transformación

Para que la energía cinética del viento se convierta en energía eléctrica, atraviesa un proceso de transformación que a continuación describiré los procesos fundamentales.

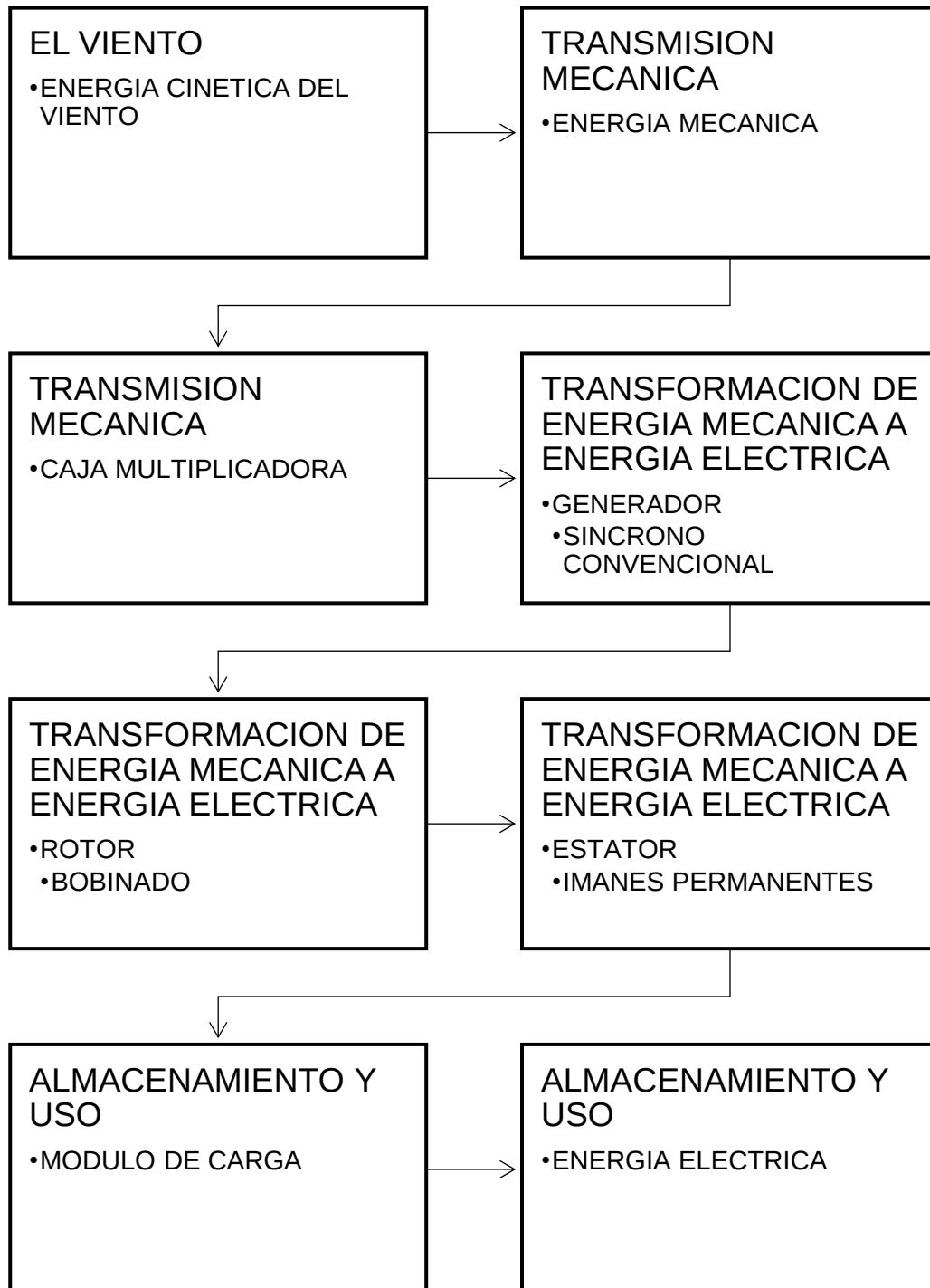


Figura 2-16 Descripción de proceso de la transformación de energía cinética a energía eléctrica

Fuente: Diseño y construcción de un generador eólico de eje vertical tipo Savonius para producir 20 watts; Luis Cueva; 2015; página 35

a) El viento

Todo el proceso comienza con la energía cinética generada por el viento a través del medio, desde la superficie terrestre hasta la atmósfera. Esta energía es resultado de fenómenos climatológicos como las variaciones de presión atmosférica y temperatura.

b) Transmisión

La energía cinética generada por los fenómenos climatológicos, como las variaciones de presión y temperatura, es capturada por las palas del generador eólico. Estas palas aplican un torque al eje del rotor, lo que provoca la rotación del engranaje en la caja multiplicadora de velocidades. Luego, esta rotación se transmite a un engranaje más grande llamado corona, que a su vez hace girar un engranaje más pequeño, el piñón. Este último transfiere toda esa energía mecánica al eje del generador eléctrico.

c) Transformación de energía mecánica a energía eléctrica

Cuando el rotor gira dentro del campo magnético generado por los imanes del estator, se produce un cambio en el flujo magnético a través del bobinado del rotor. Según la ley de inducción electromagnética de Faraday, este cambio en el flujo magnético induce una corriente eléctrica en el bobinado del rotor. Esta corriente eléctrica generada en el bobinado del rotor es alterna y varía en intensidad y dirección conforme el rotor gira. Estas corrientes son llevadas hasta las terminales del generador

d) Almacenamiento y uso

Dependiendo de la velocidad de giro del generador, se generará un voltaje correspondiente en las terminales del generador. Sin embargo, este voltaje es intermitente y no está listo para ser utilizado directamente. Por lo tanto, toda esta energía eléctrica inestable se conecta a una tarjeta cosechadora de energía. Esta tarjeta transforma la energía eléctrica pulsante en corriente continua con un voltaje estable en su salida.

Una vez que la energía eléctrica ha sido estabilizada, puede ser almacenada en las baterías de los dispositivos electrónicos para su posterior uso.

2.2.4 Definición de fuerza arrastre y sustentación

Cuando un cuerpo sólido se encuentra inmerso en un flujo circulante a cierta velocidad, experimenta dos fuerzas importantes: la fuerza de arrastre y la fuerza de sustentación. La fuerza de arrastre actúa en la dirección del flujo y varía según la aerodinámica del cuerpo, su área frontal expuesta y otros factores geométricos. Por otro lado, la fuerza de sustentación es perpendicular a la dirección del fluido y es fundamental para mantener el vuelo de aviones, generándose por diferencias de presión entre el intradós y el extradós del ala aerodinámica. La cantidad de sustentación que puede generar el ala depende en gran medida de su geometría específica, que determina la eficiencia aerodinámica y la capacidad de sostener el vuelo.

2.3 INFORMACIÓN Y DATOS OBTENIDOS

2.3.1 Información obtenida durante la entrevista

La empresa considera esencial reducir los costos operativos, pero no a expensas del medio ambiente. Destacan también que la sostenibilidad económica y ambiental debe ir de la mano.

Por otra parte, la empresa de turismo Tunkas Travel hubiera tomando la opción de utilizar un sistema de generación solar, común entre muchas empresas de turismo, pero optó por la energía eólica para diferenciarse y apostar por la innovación, ya que los vientos en las áreas específicas de su enfoque turístico son más fuertes, lo que hace que la energía eólica sea una elección lógica.

Las Características de diseño mecánico que debe tener el generador eólico son que debe permitir un montaje y desmontaje sencillo del equipo de generación eólica, debe estar diseñado con materiales livianos para facilitar su manejo y es importante que sea versátil y capaz de funcionar eficazmente en una variedad de velocidades del viento, manteniendo resistencia y ligereza.

Para capacidad de carga necesaria para el suministro de energía a los dispositivos de los usuarios, debe ser de una capacidad de carga al menos tres dispositivos electrónicos, ya sea simultáneamente o por separado y es fundamental que el

generador sea capaz de mantener una carga constante para satisfacer estas necesidades, especialmente durante los períodos de descanso de los turistas.

2.3.2 Datos obtenidos

“De acuerdo a Plataforma Energética (2012), desde hace unos 15 años las áreas de instalación de bombas mecánicas multipala se ubicaron en Santa Cruz, en las colonias menonitas, también en Oruro y en la zona de Uyuni en Potosí, a partir de diferentes proyectos, alguno de ellos desarrollado por la Corporación de Desarrollo de Oruro (Cordeor)” (Cordoba Quispe, 2018, pág. 41)

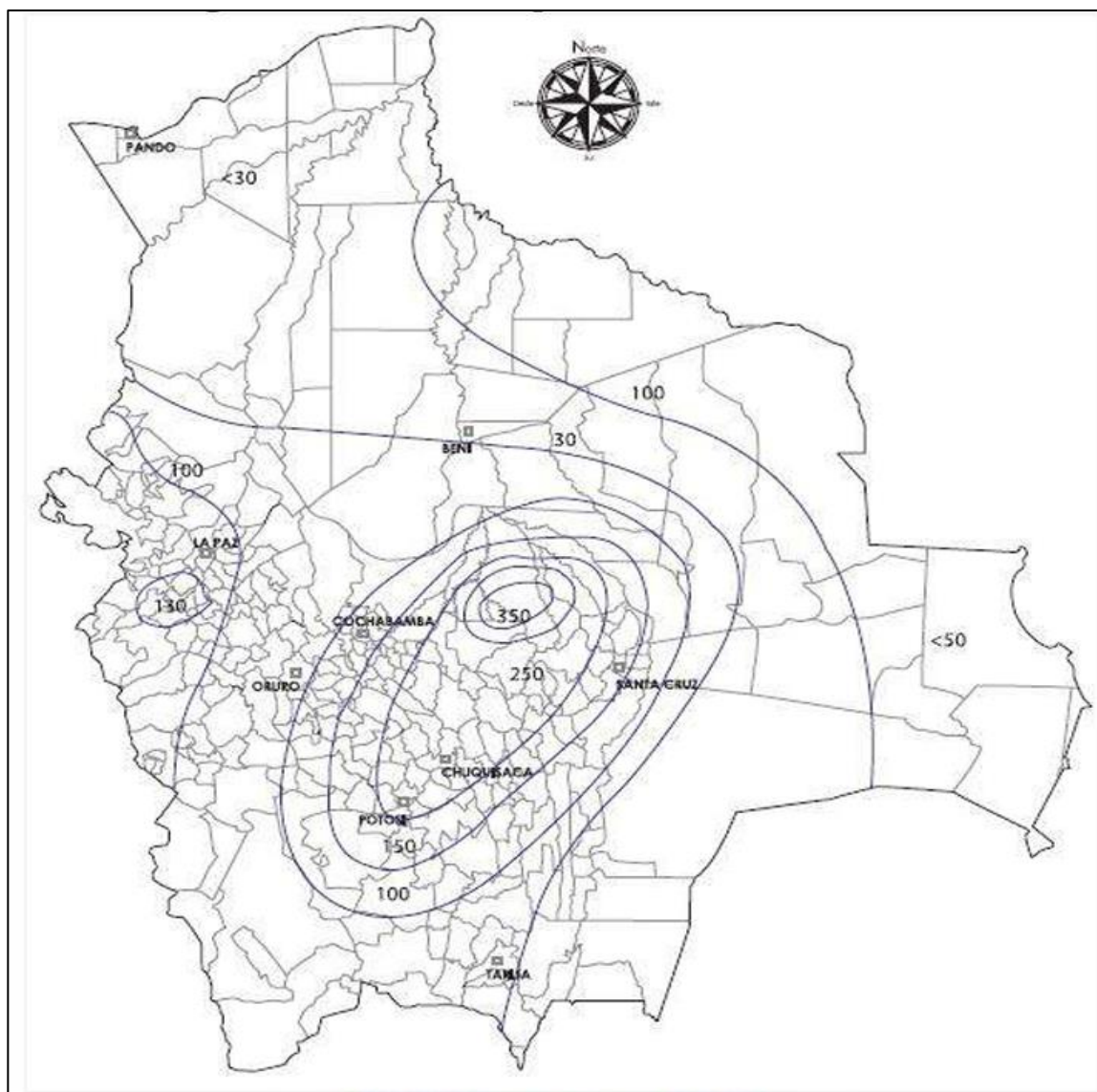


Figura 2-17: Área de potencial eólico Bolivia

Fuente: Diseño de un sistema eólico para la generación de energía eléctrica en el municipio de Patacamaya; Elma Rocio Córdoba Quispe; 2018; página 43

De acuerdo con Córdova (2018) Debido a la geografía altamente diversa y localizada de Bolivia, resulta difícil determinar con precisión el potencial eólico del país, ya que presenta una alta variabilidad. La Figura 2-17 muestra cómo varía el potencial eólico en Bolivia, expresado en unidades de Watt por metro cuadrado (W/m^2).

Esta figura ilustra la variabilidad del potencial eólico en diferentes regiones de Bolivia, lo que refleja la diversidad geográfica del país y sus condiciones climáticas cambiantes.

2.4 ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

2.4.1 Análisis técnico y económico

Generador eólico (60 W)	Generador Térmico (2,2kW)	Ítem	Argumento
650 (\$)	950(\$)	Potencia Generada	Por qué no existe un generador térmico de 60 W
14,46(\$)	30,99 (\$)	Mantenimiento	El costo de mantenimiento es alto del generador térmico
-	80,06 (\$)	Gastos Operativos	Necesita combustible el generador térmico para poder operar
-	0,45 L/kWh	Consumo	El generador eólico no necesita de ningún combustible fósil para generar energía

Se debe resaltar que el diseño debe cumplir con las siguientes características importantes:

Las velocidades del viento en el área oscilan entre 5 km/h como velocidad mínima y 35 km/h como velocidad máxima, según se observa en la Figura 2-2 de velocidades de viento.

De acuerdo con los datos de la Figura 2-22 sobre el área de potencial eólico en Bolivia, en el sector del salar de Uyuni y sus alrededores se registra un potencial eólico que varía entre 50 y 100 W/m²

El suministro mínimo para el consumo de aparatos electrónicos debe abastecer a 3 dispositivos, considerando que cada uno de ellos tiene una carga de 10 Watts en condiciones normales. Por lo tanto, se requeriría aproximadamente 30 Watts de potencia para los tres dispositivos, considerando que estén en carga simultáneamente.

También se debe tener en cuenta los materiales de diseño, ya que la empresa de turismo solicitó que sean lo más ligeros posible para facilitar su transporte. En el tema de diseño, separaremos los diseños en tres sub ensambles: la estructura, la transmisión mecánica y la estructura de los alabes.

2.5 CONSIDERACIONES DE DISEÑO

2.5.1 Determinaciones de parámetros de diseño

2.5.1.1 Determinación del tipo de generador eólico para el diseño

Para seleccionar el tipo de generador eólico como base de nuestro diseño, se consideró tomar en cuenta el generador eólico Giromill debido a sus características de diseño consideradas más adecuadas como diseño base:

- Genera una velocidad mecánica considerable, capaz de convertir el trabajo mecánico en energía eléctrica en poco tiempo.
- Su funcionamiento es excepcional, ya que puede cambiar la orientación de las palas verticales mientras el rotor gira, lo que permite aprovechar al máximo la fuerza del viento y facilita el cambio de dirección, con resultados positivos en ambos sentidos.
- Los generadores eólicos Giromill son generalmente utilizados para alimentar pequeños equipos electrónicos de baja potencia, con un máximo de 700 W.

- Su velocidad de operación está en el rango de 3 a 25 m/s, lo cual puede parecer poco, pero es suficiente para generar una cantidad considerable de energía para dispositivos de bajo voltaje.
- Son especialmente útiles en espacios reducidos con alta velocidad del viento, lo que puede aumentar su rendimiento hasta un 30% más de su capacidad inicial (Felix, 2019)

De acuerdo con la información analizada y las características de diseño solicitadas en la entrevista, la mayoría de las características del generador eólico Giromill son congruentes con lo establecido por el sitio web de investigación "LBA INDUSTRIAL".

2.5.1.2 Diseño de los alabes

a) Espesor del alabe

Para el cálculo de la presión del viento, se utiliza la expresión del Anexo D del Código Técnico de la Edificación (CTE DB SE-AE). Se considera una densidad del aire de $\delta=1,225 \text{ kg/m}^3$, una presión de 1022 hPa y una temperatura promedio de 17,3°C.

$$Qv = 0,5 * \delta * v^2 \quad (2-1) \text{ (Vega, 2020, pág. 1)}$$

Donde:

Qv = es el esfuerzo cortante en la capa

δ = es la densidad del flujo del aire

v = la velocidad del viento promedio

Tomando un $v = 35 \text{ (km/h)} = 9,72 \text{ (m/s)}$

Obtenemos que $Qv = 0,0578 \text{ KN/m}^2$

La densidad del aire $\delta=1,225 \text{ kg/m}^3$ y la viscosidad $\mu=1,7604 \times 10^{-5} \text{ kg/m*s}$ son datos corroborados también para el diseño de perfiles NACA. Con estos valores, se utiliza la fórmula 2.14 para calcular la velocidad en la capa, denotada como Vt mediante Qv .

$$Vt = \sqrt{Qv / \delta} \quad (2-2) \text{ (Gonzales, Geovo, \& Gonzales, 2017, p\u00e1g. 85)}$$

$$Vt = 0,217 \text{ m/s}$$

Por lo que el espesor del alabe viene dado por la siguiente formula 2.15:

$$y = \frac{y' * \mu}{Vt * \delta} \quad (2-3) \text{ (Gonzales, Geovo, \& Gonzales, 2017, p\u00e1g. 85)}$$

y = espesor del alabe

y' = par\u00e1metro de inflaci\u00f3n

En nuestro caso, el par\u00e1metro de inflaci\u00f3n (y') se toma como y' = 57 para el tratamiento de pared. Este valor se utiliza en el dise\u00f1o, donde y = 0.0037 m representa el espesor oscilante de los \u00e1labes. Este dise\u00f1o est\u00e1 pensado para resistir vientos de hasta 35 km/h.

b) Selecci\u00f3n de perfil aerodin\u00e1mico

Para este parte del dise\u00f1o nos basaremos en los perfiles NACA 4402 para el alabe mayor y NACA 4406 para el alabe menor, seg\u00fan la nomenclatura se expresa de la siguiente manera:

NACA 4402

0 = la combadura m\u00e1xima del perfil equivale al 4% de la cuerda del perfil

0= la posici\u00f3n m\u00e1xima de la combadura est\u00e1 al 40% de la cuerda del perfil

02 = el espesor m\u00e1ximo del perfil esta 2% de la cuerda del perfil

De lo cual tomaremos el espesor m\u00e1ximo como referencia de dise\u00f1o.

$$y = c * 2\% \quad (2-4) \text{ (HangarEdu, 2021, p\u00e1g. 85)}$$

Don de c = cuerda del perfil

La cuerda del perfil aerodin\u00e1mico ser\u00e1 de 185 mm como m\u00e1ximo a lo largo del perfil longitudinal. Se realizar\u00e1n peque\u00f1as variaciones en los bordes de ataque y de fuga del perfil para asegurar que la fuerza de sustentaci\u00f3n no desequilibre nuestro generador e\u00f3lico, permitiendo as\u00ed que solo se aplique la fuerza de arrastre.

c) Dimensiones aproximadas de los alabes

Para el alabe mayor, que tendrá una máxima cuerda de perfil de 185 mm y se asemeja a un arco, utilizaremos la fórmula de longitud de arco, donde la cuerda (c) es igual a la longitud del arco (l). Esto nos permitirá calcular el radio máximo del arco como parámetro de diseño, despejando la variable r.

$$l = \alpha * r \quad (2-5) \text{ (Academia Internet, 2020, pág. 85)}$$

Despejando r de la ecuación, obtenemos el radio de curvatura máxima del alabe mayor, considerando que la cuerda del perfil forma un arco distribuido verticalmente con respecto al horizonte, con un ángulo $\alpha = 180^\circ$ (π radianes).

$r_{+} = \text{alabe mayor} = 58 \text{ mm}$ este es el radio de diseño

por lo tanto, la altura del alabe vendrá siendo dos veces el radio

$h = \text{altura del alabe} = 116 \text{ mm}$

El ancho del alabe se considerará de 42 mm para que el perfil de diseño vaya conforme al espesor.

Y para el alabe menor se tomar el perfil de diseño NACA 4404

$c = 92,5 \text{ mm}$

$\alpha = 180^\circ = \pi \text{ rad}$

$r_{-} = \text{alabe menor} = 29,44 \text{ mm}$ este es el radio mínimo de diseño para el alabe menor se tomará un radio de diseño de 30 mm; por lo tanto, la altura del alabe vendrá siendo dos veces el radio

$h = \text{altura del alabe} = 60 \text{ mm}$

el ancho del alabe se considerará de 22 mm para que el perfil de diseño vaya conforme al espesor.

d) Material de los alabes

El alabe se diseñará con material de Nailon. “El nailon, una conocida familia de polímeros sintéticos utilizados por muchas industrias, es el campeón de pesos pesados en el mundo de la impresión 3D. En comparación con la mayoría de los filamentos para impresoras 3D, el nailon es el número 1 en términos de dureza,

flexibilidad y durabilidad, esto según datos de la revista All3DP.com”. (Martinez, 2021)

Tomando esas consideraciones garantizamos que el alabe tendrá una duración y resistencia al ámbito climatológico en el que se desempeñará

2.5.1.3 Soporte del brazo

El brazo tendrá un perfil de dimensiones 5x10 x197 mm y de material de Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS). “Este tipo de filamento se caracteriza por su resistencia y es, sobre todo, empleado en ambientes profesionales ya que soporta tanto impactos de gran potencia, como altas temperaturas. El ABS es utilizado en gran parte de los procesos de fabricación actuales: piezas de Lego, carcasas de electrodomésticos, componentes de automóvil y un sinfín de usos.” (Martinez, 2021).

2.5.1.4 Diseño del rotor

Para determinar el área de barrido, que es un dato importante para el diseño, utilizaremos el coeficiente de potencia (C_p) y la razón de velocidad (Ψ). En la figura 2.24 se muestra la gráfica de C_p vs Ψ , y para nuestro diseño tomaremos $C_p = 0.8$ y $\Psi = 12$. Estos valores se seleccionan considerando que están por debajo de la curva de rendimiento ideal de Darrieus, que es el más próximo a un generador Giromill de la familia de los generadores eólicos por sustentación.

Dado que nuestro diseño es un pequeño generador eólico destinado a suministrar energía a dispositivos electrónicos con una potencia baja, optaremos por un coeficiente mínimo para determinar el área de barrido del eje del rotor.

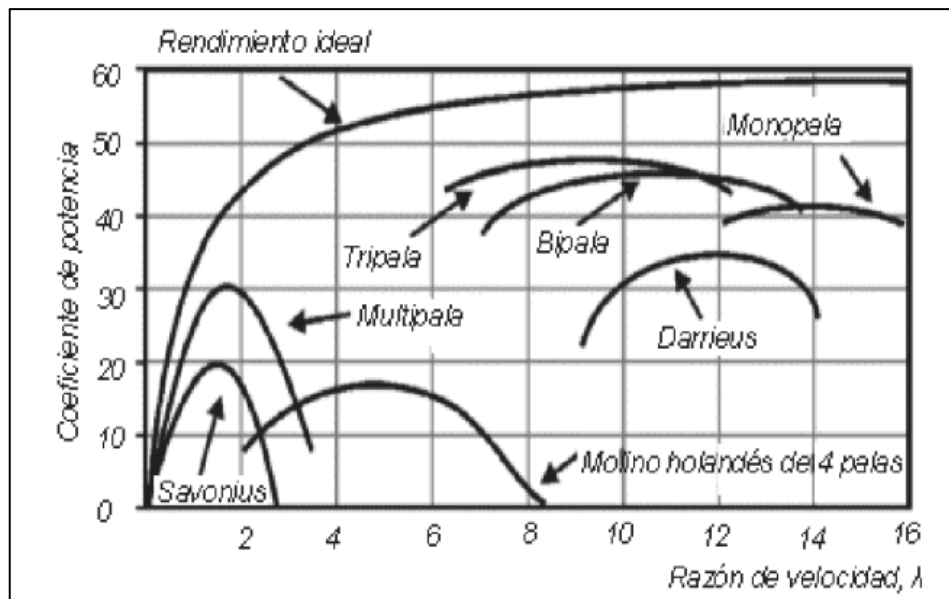


Figura 2-18: Coeficiente de potencia eólica para diversos tipos de generadores eólicos

Fuente: Cueva, Luis; 2015; página 63;
<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10538/1/CD-6238.pdf>

Para el cálculo del área de barrido utilizaremos la siguiente formula:

$$P_{\text{elec max}} = C_p * 0,5 * v^3 * A_b * \delta \quad (2-6) \text{ (Academia Internet, 2020, pág. 85)}$$

C_p = coeficiente de potencia

v = velocidad del viento

A_b = área de barrido

$P_{\text{elec máx.}} = 30 \text{ W}$

Despejando A_b obtendremos un área de barrido de:

$$A_b = 0,0666 \text{ m}^2$$

Este dato de diseño indica que el área máxima incluirá entre los álabes, los brazos de soporte de los álabes, la porta soportes de los brazos de los álabes y el eje del rotor, abarcando toda esta área.

Antes de seleccionar un perfil de diseño para nuestro rotor, debemos considerar que este debe asemejarse a los generadores eólicos Darrieus o Giromill. Estos diseños son referencia debido a que cumplen con las características necesarias para nuestro diseño.

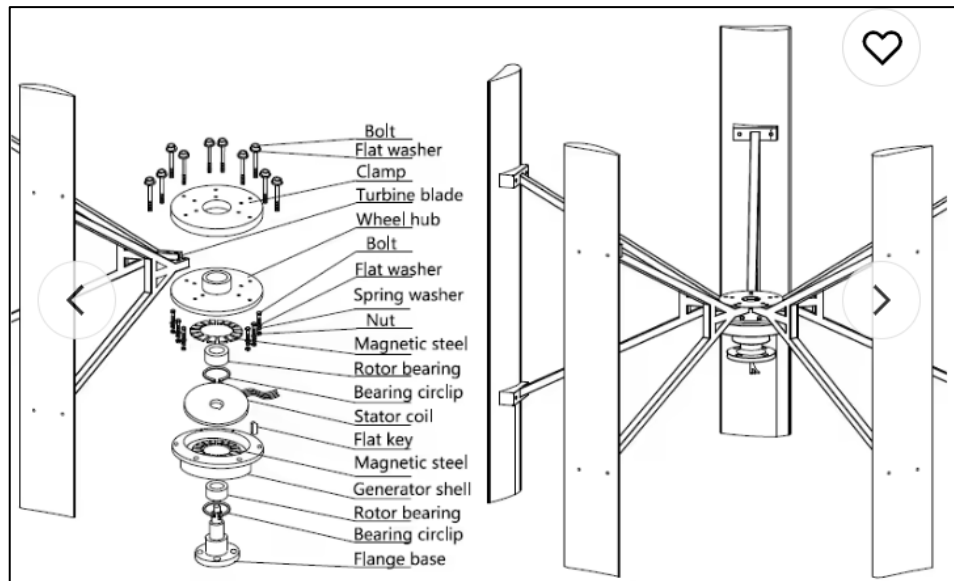


Figura 2-19: H vertical axis Wind Turbine

Fuente: Alibaba; 2015; <https://spanish.alibaba.com/product-detail/good-quality-3kw-vertical-axis-wind-60564827559.html>

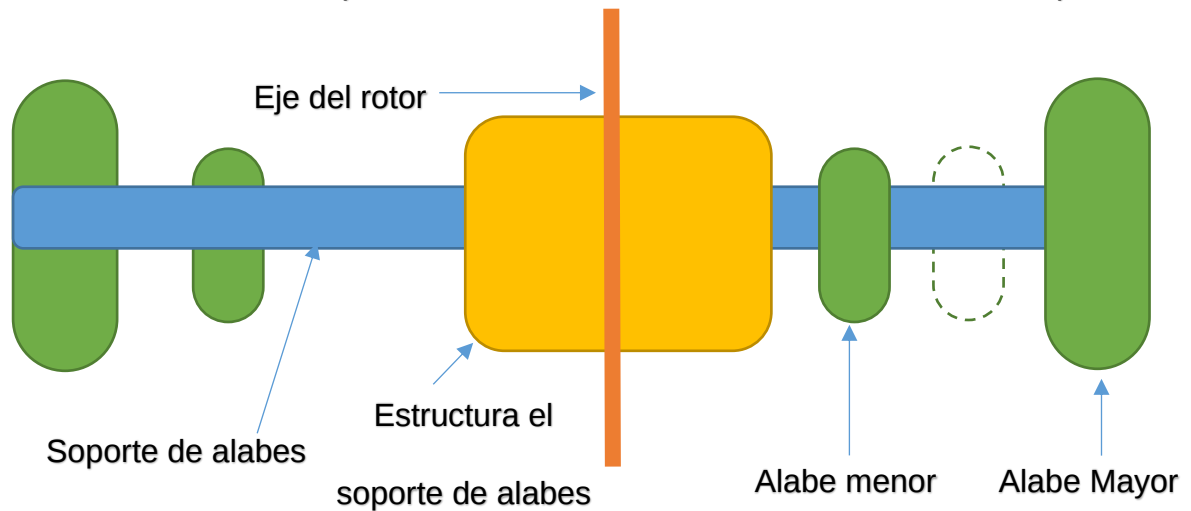
Este diseño de rotor para un generador eólico es de eje vertical tipo H con unas pequeñas variaciones en los alabes, siendo una referencia base para el diseño.

El eje del rotor tendrá un sistema sujeción de transmisión en la parte superior, ya que no solo tendrá que soportar el peso de los alabes sino el momento máximo que producirá sobre los alabes.

Con la presión del viento y la geometría del conjunto se obtiene los esfuerzos sobre el eje del rotor

Distribucion de alabes tipo 1

Distribucion de alabes tipo 2



Para el diseño se debe determinar el área de impacto del alabe menos, mayor y del soporte de alabes, que previamente ya se tiene dimensiones aproximadas.

A_1 = área del soporte de alabes

d_1 = distancia entre centros del soporte a el eje del rotor

A_2 = alabe menor

d_2 = distancia entre centros del alabe menor a el eje del rotor tipo 1

d_2 = distancia entre centros del alabe menor a el eje del rotor tipo 2

A_3 = alabe mayor

d_4 = distancia entre centros del alabe mayor a el eje del rotor

$A_1 = 0,00197\text{m}^2$ $d_1 = 0,0985\text{ m}$

$A_2 = 0,0015\text{m}^2$ $d_2 = 0,132\text{ m}$ $d_3 = 0,092\text{ m}$

$A_3 = 0,0063\text{m}^2$ $d_4 = 0,171\text{ m}$

$$M_{tn} = A_n * Q_v * d_n \quad (2-7) \text{ (Vega, 2020)}$$

$Q_v = 0,0578\text{ KN/m}^2$

$M_{t1d1} = 1,12 \times 10^{-5}\text{ KN} * \text{m}$

$M_{t2d2} = 1,144 \times 10^{-5}\text{ KN} * \text{m}$

$$Mt_{2d3} = 0,797 \times 10^{-5} \text{ KN} \cdot \text{m}$$

$$Mt_{3d4} = 6,22 \times 10^{-5} \text{ KN} \cdot \text{m}$$

La suma de los momentos de torque nos dará el momento máximo instantáneo por la presión y velocidad del viento sobre el eje de diseño

Mt máx. = momento de torque máximo del diseño en el eje del rotor

$$Mt \text{ máx.} = 9,281 \times 10^{-5} \text{ KN} \cdot \text{m}$$

$$F_t = A_n \cdot Q_v \quad (2-8) \text{ (Vega, 2020)}$$

$$Q_v = 0,0578 \text{ KN/m}$$

$$F_{t1A1} = 1,14 \times 10^{-4} \text{ KN}$$

$$F_{t2A2} = (8,67 \times 10^{-5} \text{ KN}) \cdot 2 = 1,73 \times 10^{-4} \text{ KN}$$

$$F_{t3A3} = 3,64 \times 10^{-4} \text{ KN}$$

La suma de las fuerzas nos dará la fuerza cortante máxima instantáneo por la presión y velocidad del viento sobre el eje de diseño

$$F_t \text{ max} = 6,51 \times 10^{-4} \text{ KN}$$

Para saber el diámetro de diseño de nuestro eje utilizamos la ecuación 2.21

$$\tau = \frac{F_{t \text{ max}}}{\frac{3}{4} \cdot \pi \cdot (D)} \quad (2-9) \text{ (Profe JN El canal del ingeniero , 2020)}$$

Tomando $D = 0,01 \text{ m}$ como el diámetro de diseño y τ como el esfuerzo cortante máximo sobre el eje, obtenemos el siguiente resultado: $\tau = 2,76 \text{ kN/m}^2$. Observamos que $\tau > Q_v$, lo que indica que nuestro eje puede soportar esfuerzos cortantes mayores a los generados por el viento. Para reducir el peso del cilindro, este será hueco con un espesor interior de 6 mm.

Para la altura del eje calcularemos con la siguiente ecuación:

$$M_t \text{ max} = F_t \text{ max} \cdot L \quad (2-10) \text{ (Profe JN El canal del ingeniero , 2020)}$$

Despejando L que es la longitud de diseño para el eje.

$L = 0,143$ m es la longitud máxima de diseño; para este diseño se opta por de longitud 135 mm para el diseño del eje generador eólico

Además, se diseñó una chaveta de dimensiones 12x12x12 mm para asegurar su sujeción a la corona del engrane y facilitar la transmisión mecánica.

El eje del rotor, la estructura del eje y la chaveta de los alabes se diseñarán con el material Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS). “Este tipo de filamento se caracteriza por su resistencia y es, sobre todo, empleado en ambientes profesionales ya que soporta tanto impactos de gran potencia, como altas temperaturas”. (Martinez, 2021)

2.5.1.5 Selección de rodamiento y generador

Para los rodamientos, se diseñará un sistema con dos rodamientos seleccionados del catálogo de la marca KFC, identificados con el código 61800.

Para la selección del generador, se decidió elaborar una matriz comparativa que detalla las razones detrás de la elección de este tipo de generador.

Tablas 2-3: Matriz comparativa de los tipos de generadores

MATRIZ COMPARATIVA								
Tipo de generador	Eficiencia energética	Costo inicial	Mantenimiento	durabilidad	Potencia generada	Requerimiento de espacio	Impacto ambiental	Total
Generador síncrono	6	6	2	6	5	4	2	31
Generador asíncrono	4	4	4	4	4	3	2	25
Generador de imanes permanentes	6	4	2	6	3	2	1	24
Generador de inducción	4	2	6	2	3	6	2	25

Alta	6
Media alta	5
Media	4
Media bajo	3
Bajo	2
Muy bajo	1

Fuente: Implementación de tabla comparativa de parámetros operativos de los generadores eléctricos de las unidades de la c.t. manzanillo que permita la toma de decisiones para reducir las pérdidas económicas por generación de potencia reactiva; Rosales, Nuñez & Jimenez; (2018)

Para el diseño se optará por un generador de imanes permanentes, gracias a su alta eficiencia energética. Aunque su costo inicial es elevado, su mantenimiento es mínimo y su durabilidad es considerablemente mayor. Además, la potencia que genera es adecuada para este diseño, lo que permite un uso eficiente del espacio. Esto se traduce en un diseño más compacto y con un menor impacto ambiental.

En cuanto a los generadores, se consideró la potencia necesaria con los siguientes criterios: el voltaje producido debe ser superior a 6 Voltios, el amperaje de consumo debe superar los 0,5 mA y la potencia nominal debe ser mayor a 30W. Debido al tamaño considerable de los generadores con estas especificaciones, se optó por dividir el diseño en cuatro unidades para garantizar eficiencia y seguridad. Lo identificamos con el código NF113LG-011, las características técnicas detalladas se encuentran en la ficha técnica adjunta en los Anexos A.

Para fijar los generadores en la estructura del eje del rotor se diseñó un soporte vertical para los generadores, dado que necesitan estar bien fijados y conectados al sistema de transmisión mecánico.

2.5.1.6 Diseño del sistema de transmisión

Para diseñar el sistema de transmisión, primero seleccionaremos el tipo de transmisión que utilizaremos y luego elegiremos el tipo de engranaje adecuado. Optaremos por un sistema de transmisión por engranajes, específicamente engranajes helicoidales debido a su capacidad superior para soportar cargas pesadas y transmitir altos niveles de torque. Según otros autores, "los engranes helicoidales operan de forma más suave y silenciosa en comparación con los rectos" (CLR, 2017)

Se tomará como parámetros de diseño los siguientes datos

N_c = número de dientes de la corona = 35

N_p = número de dientes del piñón = 17

Φ = ángulo de presión = 20°

α = ángulo de la hélice = 25°

M = modulo = 1,75

Dec = diámetro externo de la corona

Dep = diámetro externo del piñón

$$M = \frac{Dec}{\frac{N_c}{\cos(\alpha)} + 2} \quad (2-11) \text{ (La Torre Mecanica, 2021)}$$

$Dec = 71,08 \text{ mm}$

$Dep = 36,32 \text{ mm}$

$$D_{pc} = N_c * \frac{M}{\cos(\alpha)} \quad (2-12) \text{ (La Torre Mecanica, 2021)}$$

D_{pc} = Diámetro primitivo de la corona = 67,58 mm

D_{pp} = Diámetro primitivo del piñón = 32,83 mm

$$Ph = D_{pc} * \frac{\pi}{\tan(\alpha)} \quad (2-13) \text{ (La Torre Mecanica, 2021)}$$

Ph = paso de la hélice = 455,29

$$H = 2,167 * M \quad (2-14) \text{ (La Torre Mecanica, 2021)}$$

H = altura del diente = 3,79 mm

$$p = M * \pi \quad (2-15) \text{ (La Torre Mecanica, 2021)}$$

p = el paso = 5,49

$$Dic = Dpc - (2,32 * M) \quad (2-16) \text{ (La Torre Mecanica, 2021)}$$

Dic = diámetro interno de la corona = 63,52 mm

Dic = diámetro interno de la corona = 28,77 mm

$$C = \frac{Dpc + Dpp}{2} \quad (2-17) \text{ (La Torre Mecanica, 2021)}$$

C = distancia entre centros = 49,94 mm

2.5.1.7 Diseño de la estructura

En esta ocasión, seleccionaremos la estructura de un trípode según la siguiente referencia bibliográfica, “los trípodes ofrecen la mayor estabilidad entre todos los tipos de apoyo para rifles. Este sistema para apoyar rifles está especialmente recomendado para disparos realizados a larga distancia.” (Jaraverde, 2019)

Por sus características, este trípode ofrece un sistema altamente estable ante fuerzas externas, lo cual lo hace ideal para el diseño de nuestro generador eólico. Se añadirá un sujetador en cada pata para contrarrestar vientos fuertes en casos de emergencia, asegurando así la estabilidad del generador eólico sin desestabilizarlo.

Entre sus parámetros más significativos, se destaca que el trípode desplegado no debe exceder los 1,50 metros de altura, por lo cual tomaremos como referencia una altura de 1,20 metros con regulación en la estructura del trípode. Estará diseñado con aluminio estructural, incluyendo todas las piezas de soporte, articulación, regulación y anclaje, debido a su capacidad para soportar el peso y los esfuerzos del sistema.



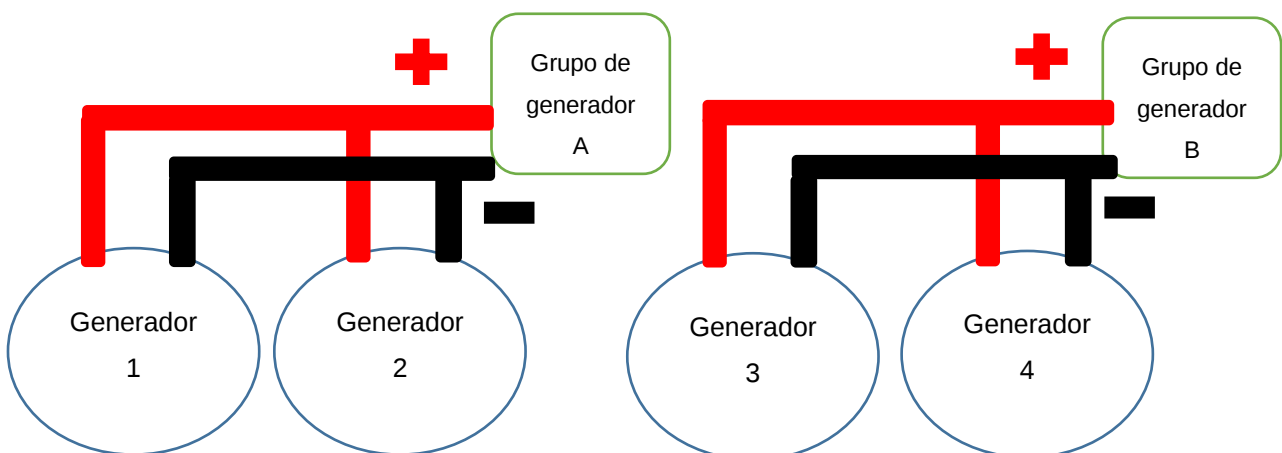
Figura 2-20: Tripie de montaje, estación de metrología

Fuente: Grainger;(2020);
<https://www.grainger.com.mx/producto/DAVIS-INSTRUMENTS-Tripie-de-Montaje,Estaci%C3%B3n-Meteorol%C3%B3gica/p/8CYK6>

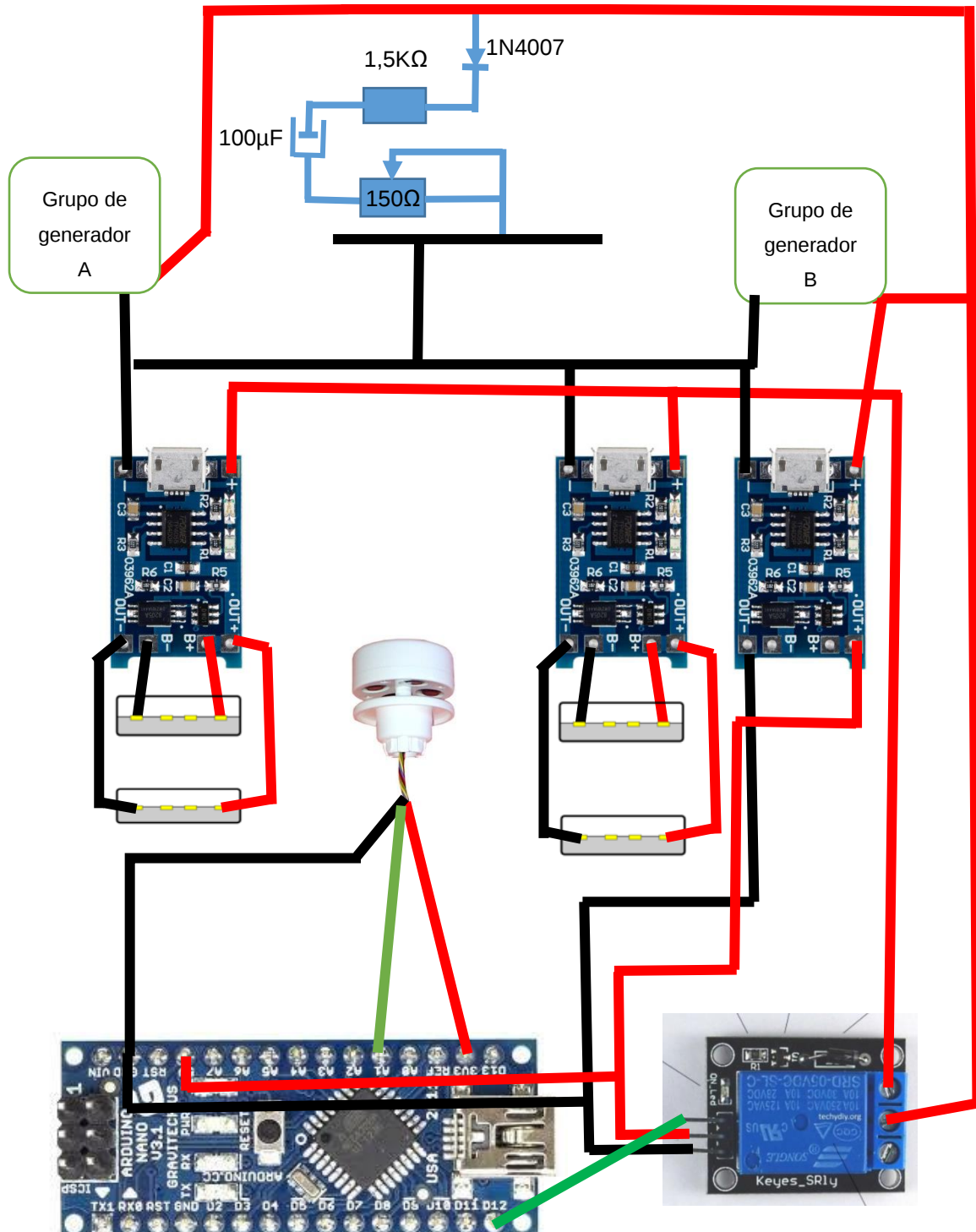
2.5.1.8 Circuitos control y carga

a) Conexión de los generadores

La conexión de los generadores se realizará en paralelo para mantener la potencia con la que se va alimentar el controlador el cual será un Arduino Nano y también los módulos de carga.



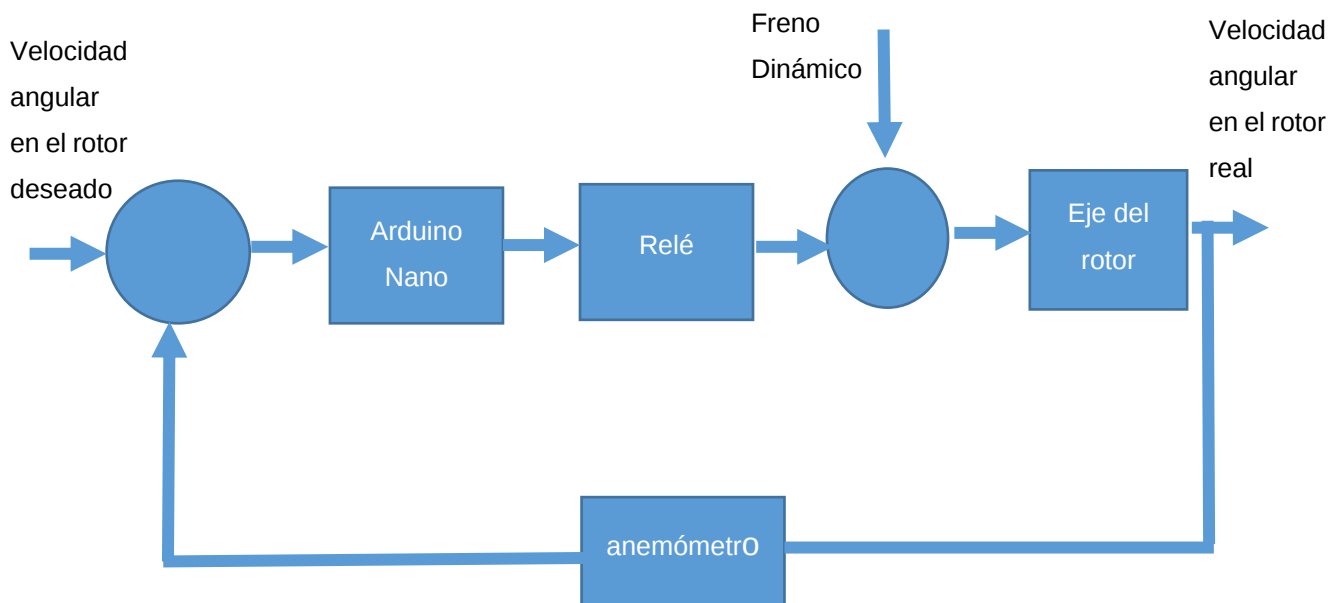
b) Conexión del módulo de carga y control del sistema



Para la conexión con los módulos de carga, los generadores se conectan previamente en paralelo con el freno dinámico. Este entrará en funcionamiento cuando el relé, configurado en su contacto Normalmente Cerrado (NC, por sus siglas en inglés), abra el circuito, activando así el freno dinámico.

El relé será activado por un micro anemómetro controlado mediante un Arduino Nano, programado para abrir el circuito automáticamente cuando la velocidad del viento supere los 30 km/h. Mientras el relé permanezca cerrado, habrá flujo de corriente hacia los módulos de carga y, desde allí, hacia las borneras de los puertos USB 3.0.

c) Diagrama de bloques



CAPITULO III

3 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1 CONCLUSIONES

- La obtención de datos sobre las características específicas de los vientos moderados en la región del sudoeste potosino, como la velocidad, dirección y variabilidad, es esencial para determinar los requisitos de diseño del generador eólico. Estos datos permiten establecer parámetros operativos precisos, optimizar la ubicación del generador y asegurar que se aproveche al máximo el recurso eólico disponible.
- El análisis del rendimiento y las características técnicas de las tecnologías de generadores eólicos seleccionados revela que existen diferentes tipos de generadores, cada uno con sus propias ventajas y desventajas. Los generadores de eje horizontal, que son los más comunes, destacan por su alta eficiencia en la conversión de energía eólica. Por otro lado, los generadores de eje vertical, aunque suelen tener una eficiencia menor, ofrecen importantes beneficios como facilidad de mantenimiento.
- El desarrollo de una tabla comparativa entre generadores eólicos y generadores térmicos permite una evaluación clara y concisa de los beneficios que ofrece la energía eólica. Esta tabla destaca aspectos clave como los costos de instalación y operación, el impacto ambiental, la sostenibilidad y la dependencia.
- Se propone un generador eólico de eje vertical que se adapta a las condiciones del sudoeste potosino. Este generador debe contar con un diseño que permita la captura eficiente del viento desde cualquier dirección y un sistema de control que optimice su rendimiento en diversas velocidades.
- Se ha creado una matriz comparativa que analiza las características de diferentes generadores eléctricos. Esta matriz evalúa aspectos clave como la eficiencia de conversión de energía, el costo de instalación y operación, el impacto ambiental, los requisitos de mantenimiento.

- El modelado y análisis del diseño del generador eólico utilizando software de diseño asistido por computadora (CAD) permite crear representaciones precisas y detalladas del sistema. Esta metodología facilita la visualización de componentes, la evaluación de la aerodinámica de las palas y la optimización de la estructura general del generador.
- La adecuación del circuito del módulo de carga para su correcta integración con el generador eólico es esencial para garantizar un suministro estable y eficiente de energía a los dispositivos electrónicos.
- La evaluación del costo y la viabilidad del diseño mecánico de un generador eólico para la Agencia de Turismo Tunkas Travel es fundamental para determinar la sostenibilidad del proyecto. Al analizar los recursos disponibles en la región, se puede establecer que la implementación de un generador eólico es factible desde el punto de vista técnico y que también puede resultar en un ahorro significativo en los costos energéticos a largo plazo para la empresa.
- La elaboración de la ficha técnica, operaciones y mantenimiento resulta importante ya que el mismo contiene información sobre el generador eólico y datos sobre las operaciones que se deben realizar y el tiempo de mantenimiento que se debe llevar a cabo para asegurar la eficiencia y durabilidad del equipo.

3.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda continuar investigando y refinando el diseño aerodinámico y estructural del generador eólico de eje vertical. Esto incluye explorar nuevas configuraciones de álabes, materiales compuestos avanzados y técnicas de modelado computacional para mejorar la eficiencia y la capacidad de captura de energía.
- En futuras investigaciones, se recomienda considerar los parámetros de diseño en nuevos métodos de transmisión mecánica que puedan implementarse. Los engranajes, como métodos convencionales, presentan pérdidas de potencia debido a la fricción, lo que afecta su eficiencia. Mejorar

el sistema de transmisión podría ser un área de enfoque para optimizar aún más el rendimiento del generador eólico.

- Dado que el generador eólico tiene menores costos iniciales, de mantenimiento y operativos en comparación con el generador térmico, se recomienda considerar esta opción si el objetivo principal es suministrar una menor potencia y minimizar el costo total de propiedad. Además, el generador eólico es más sostenible ya que no requiere combustibles fósiles, lo que puede ser un factor importante en la planificación a largo plazo.
- La falta de dependencia de combustibles fósiles y el menor impacto ambiental del generador eólico lo hacen una opción preferible si la sostenibilidad y la reducción de huella de carbono son prioridades. Esta opción es especialmente relevante en contextos donde se busca promover el uso de energías renovables y reducir el impacto ambiental.
- Implementar tecnologías avanzadas de diseño y modelado (como CAD) para optimizar el rendimiento del generador eólico y maximizar la eficiencia en función de las características del viento local en futuras investigaciones.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Ahmad, S., Mohammad, B., Laraib, A., Ruhi, A., & RS, A. (2022). Energía renovable y transición hacia el turismo sostenible: inferencias a partir de la densidad del núcleo y el enfoque no paramétrico. *Energia Renovable Vol. 193*, 963-975.

Alave, E., Orellana, R., & Sempértegui, D. (2022). ESTADO DEL ARTE SOBRE AEROGENERADORES DE EJE VERTICAL. *Investigacion y Desarrollo Vol.22*, 161.

Chávez Velázquez, S. (2010). *Diseño de un micro generador de eje vertical*. Mexico.

CLR. (2017). Obtenido de <https://clr.es/blog/es/engranajes-rectos-engranajes-helicoidales/>

Cordoba Quispe, E. (2018). *DISEÑO DE UN SISTEMA EÓLICO PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL MUNICIPIO DE PATACAMAYA*. La Paz.

Cueva, L. (2015). *Diseño y construccion de un generador eolico de eje vertical tipo Savonius para producir 20 watts*. Quito.

DIAGO, C. (2019). *Diseño de un aerogenerador Savonius para uso doméstico*. VALENCIA.

Felix. (11 de mayo de 2019). *LBA INDUSTRIAL*. Obtenido de <https://www.lbaindustrial.com.mx/aerogeneradores-verticales/>

Gonzales, A., Geovo, L., & Gonzales, Y. (2017). Seleccin de perfil alar simetrico optimo para un aerogenerador de eje vertical utilizando la dinámica de flujos computacional. *INGENIARE*, 84. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/443580865/Calculo-de-esfuerzos-de-viento>

Jaraverde. (19 de Mayo de 2019). Obtenido de <https://jaraverde.com/diferencias-entre-bipodes-y-tripodes-para-apoyar-rifles/#:~:text=La%20principal%20diferencia%20con%20respecto,tipos%20de%20apoyo%20para%20rifles>.

La Torre Mecanica. (8 de noviembre de 2021). Obtenido de <https://youtu.be/eY46vNmEsMw?si=-rFD8TiSLjSRdcUS>

Martinez, S. (21 de julio de 2021). *intelligy*. Obtenido de <https://intelligy.com/blog/2021/07/08/los-materiales-de-impresion-3d-mas-utilizados/>

Olvera, C. (2020). *Aumento y reduccion de velocidad*. Estado de Hidalgo.

Orjuela, D., & Perdomo, A. (2018). *IMPLEMENTACIÓN DE UN GENERADOR EÓLICO TIPO SAVONIUS HELICOIDAL EN LA EMPRESA CYGNI INGENIERÍA SAS*. Bogota D.C.

Pernia, M. (2011). *Conceptos Basicos de Maquinas de corriente continua*. San Cristobal.

Profe JN El canal del ingeniero . (2020). Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=9gavi2eezVs>

Ramirez, A. (2019). *Diseño de Alabes, Rotor y Transmision de un Generador Eolico de Eje Horizontal de 500 W*. Pachuca de Soto.

Reuk. (2021). *REUK.es*. Obtenido de <https://www.reuk.co.uk/wordpress/wind/giromill-darrieus-wind-turbines/>

slideshare. (15 de Enero de 2018). Obtenido de <https://es.slideshare.net/slideshow/energy-harvesting-cosecha-de-energa-basada-en-radiofrecuencias/86200534>

Structuralia. (16 de julio de 2018). *Aerogeneradores de eje vertical y horizontal: tipos pros y contras*. Obtenido de <https://blog.structuralia.com/aerogeneradores-de-eje-vertical-y-horizontal-tipos-ventajas-e-inconvenientes>

Tunkas Travel Bolivia . (2024). *Hoja recopilacion de datos*. Uyuni.

Vargas, C. (29 de Mayo de 2019). *Cosechador de energia Piezo-Inductivo de baja potencia para vibraciones de baja frecuencia*. Colombia. Obtenido de <https://grupointdustronic.com.co/conozca-los-diferentes-tipos-de-supresores-de-picos/#:~:text=Supresor%20de%20picos%20est%C3%A1ndar&text=Su%20principal%20funci%C3%B3n%20es%20proteger,internas%20o%20fluctuaciones%20de%20voltaje.>

Vega, P. (2020). *Scribd*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/443580865/Calculo-de-esfuerzos-de-viento>

ANEXOS

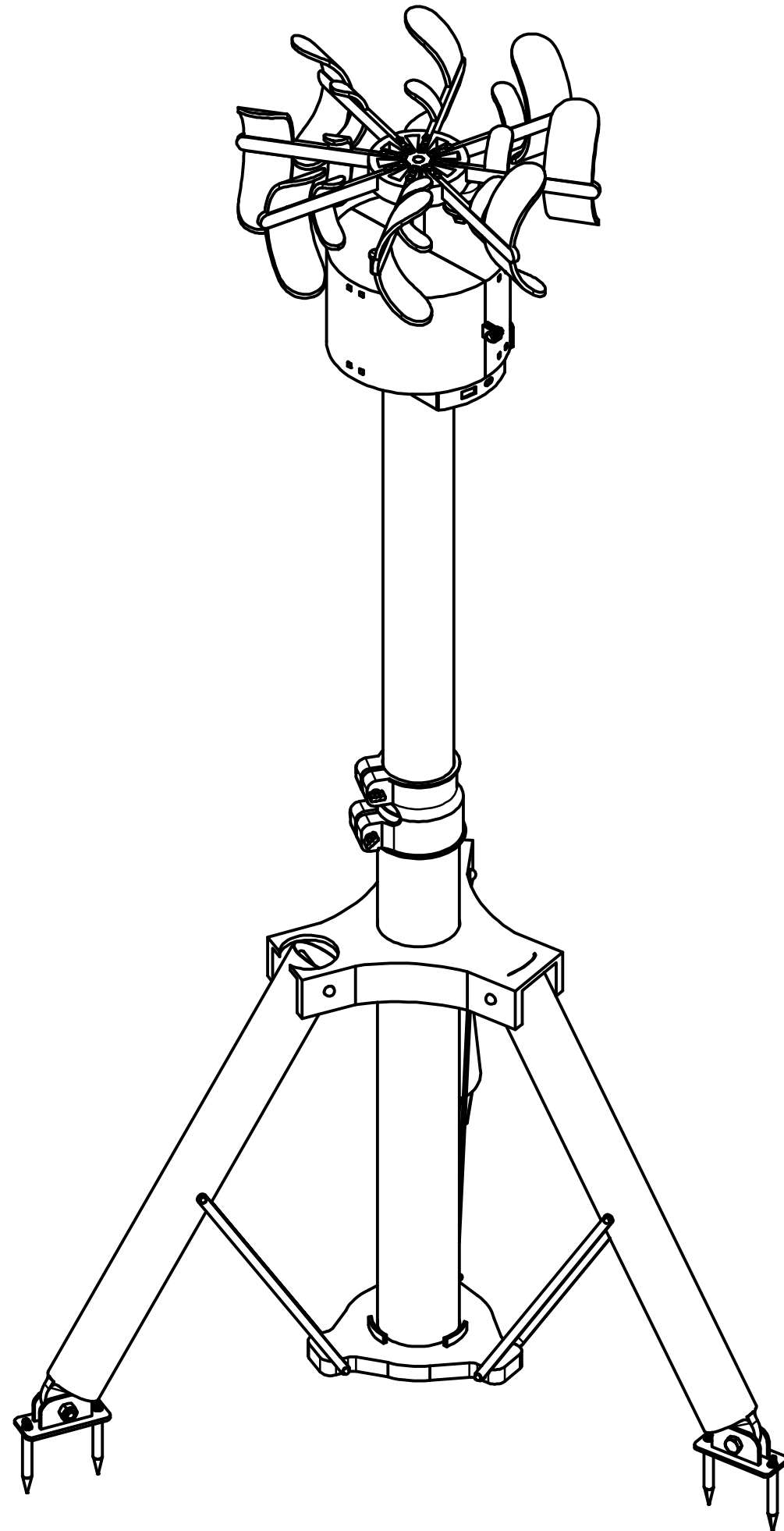
ANEXO A: FICHA TÉCNICA, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL EQUIPO

CARACTERÍSTICA TÉCNICA	UNIDAD	MAGNITUD
Altura del generador	1,6 – 2,1	m
Numero de palas	8	
Voltaje de salida	3,3 – 5,1 – 8,2 – 15	V
Corriente nominal	3	A
Corriente de atascamiento	4.5	A
Diámetro del rotor	0,41	m
Potencia nominal	60	W

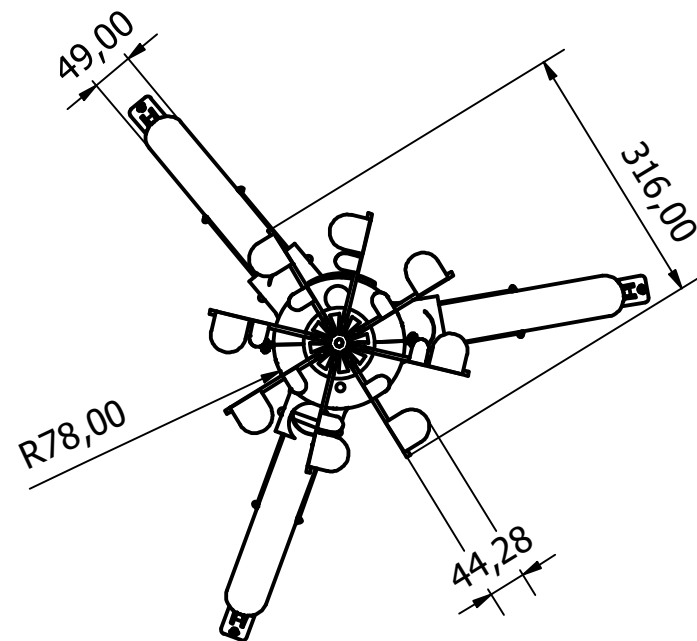
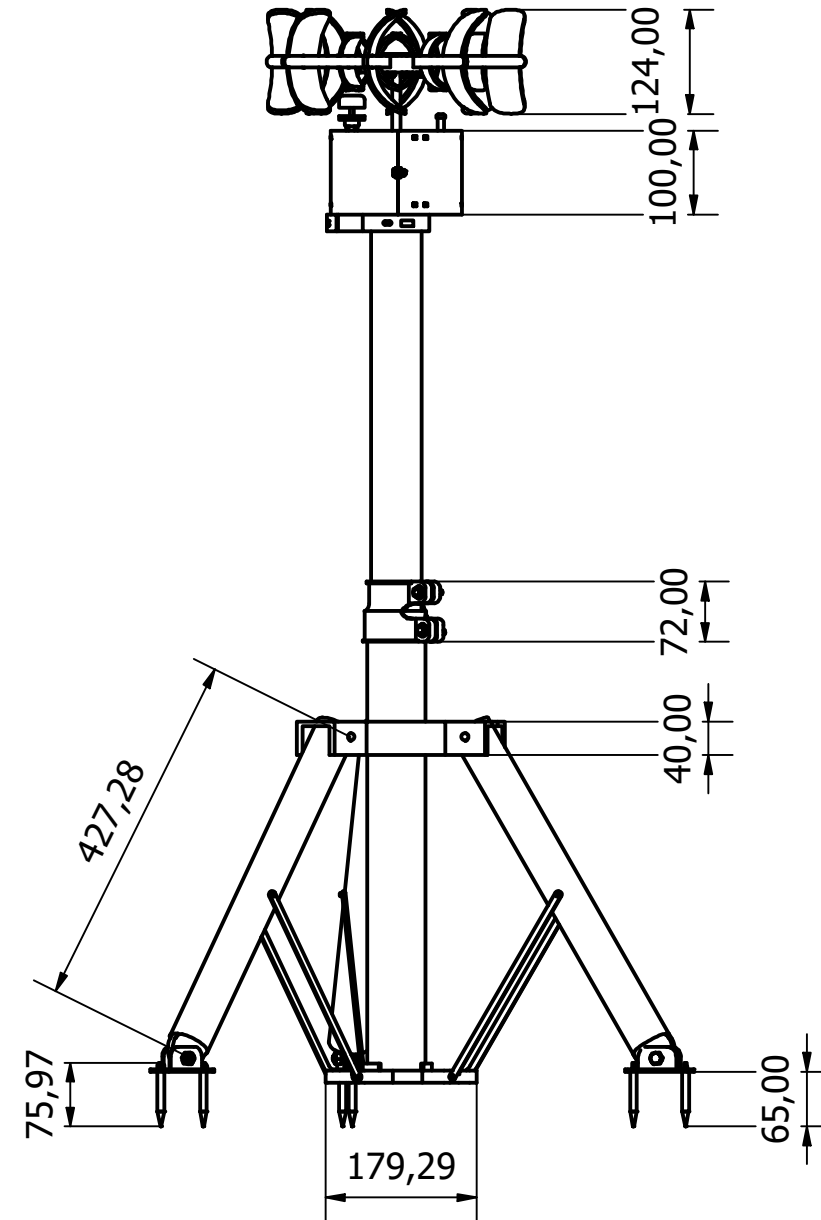
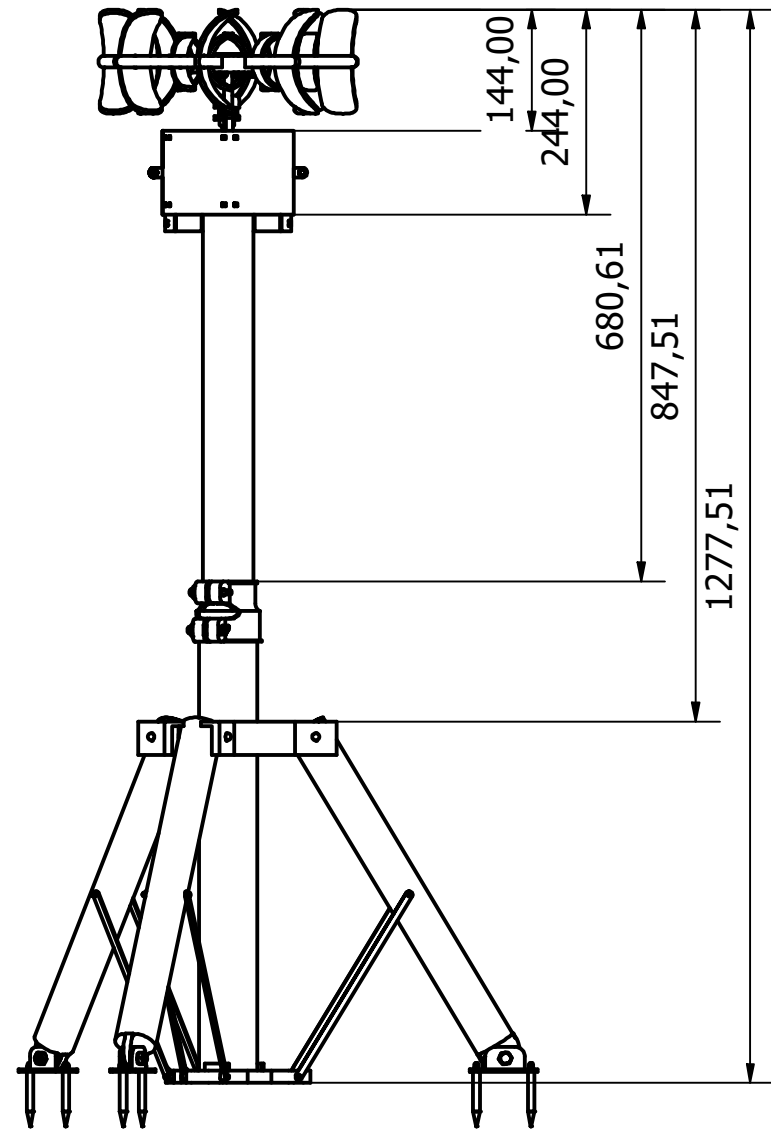
Características de operación	Unidad	magnitud
Velocidad mínima del viento para su operación	3	km/h
Velocidad máxima del viento permitida	35	km/h
Velocidad del viento de corte	2	km/h
Producción energética estimada	3,7	kW h/ año

Características de mantenimiento	Detalle del mantenimiento	unidad	magnitud
Frecuencia de mantenimiento		6	meses
Repuestos críticos	freno dinámico	1	
equipamiento de seguridad para el mantenimiento	Guante de seguridad Overol botas	2 1 1	

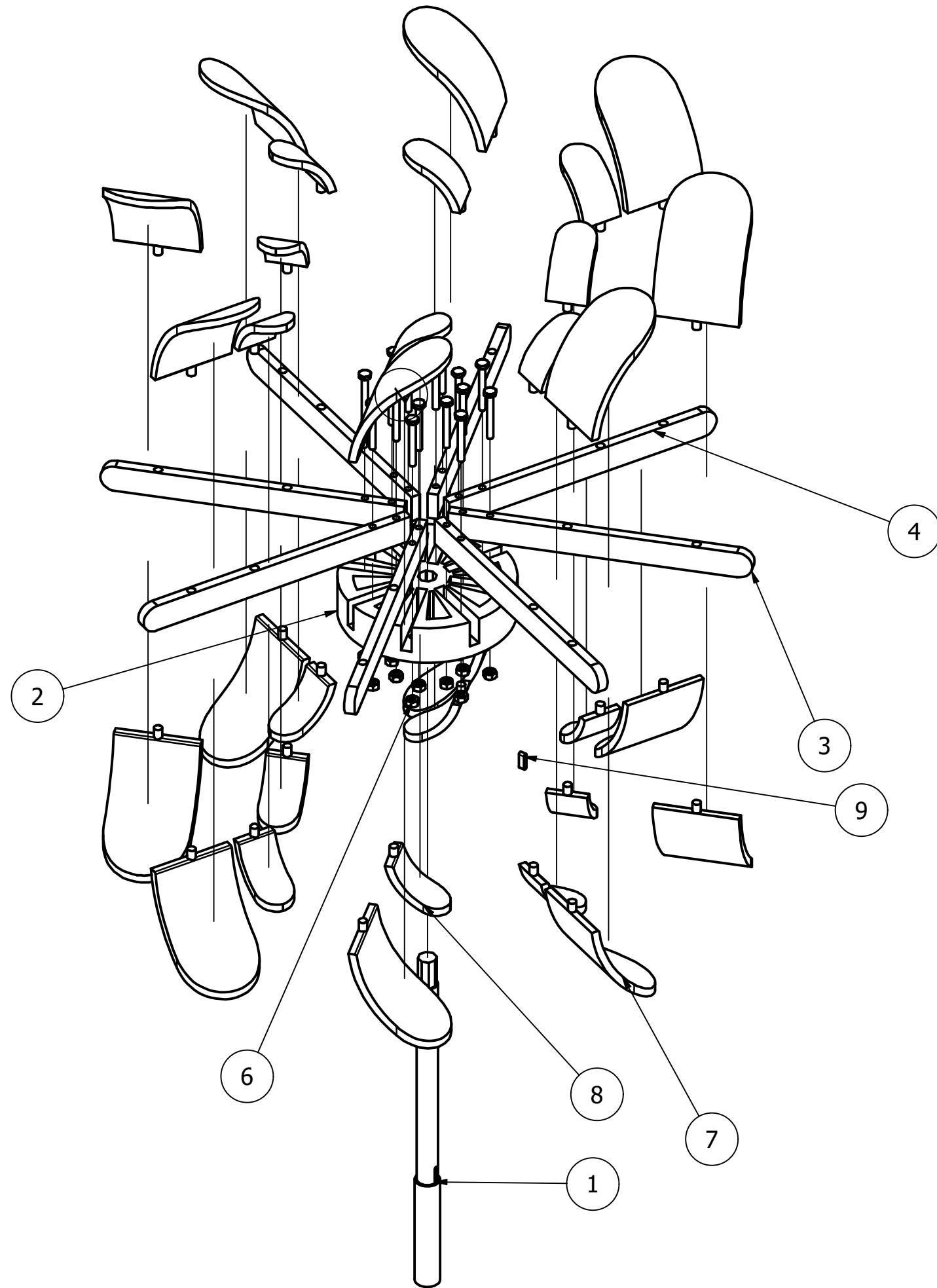
ANEXO B: PLANOS DE DISEÑO DEL EQUIPO



Observaciones		Fecha	Nombre	Ensamblado	
	Dib.	8/8/24	Marcos Ortega		
	Rev.				
	Apr.				
	Esc.	Estructura del Generador Eolico			Aluminio
					Unidades: Milímetros
	Toler.				
Rug.					
					Pág. 1 de 47

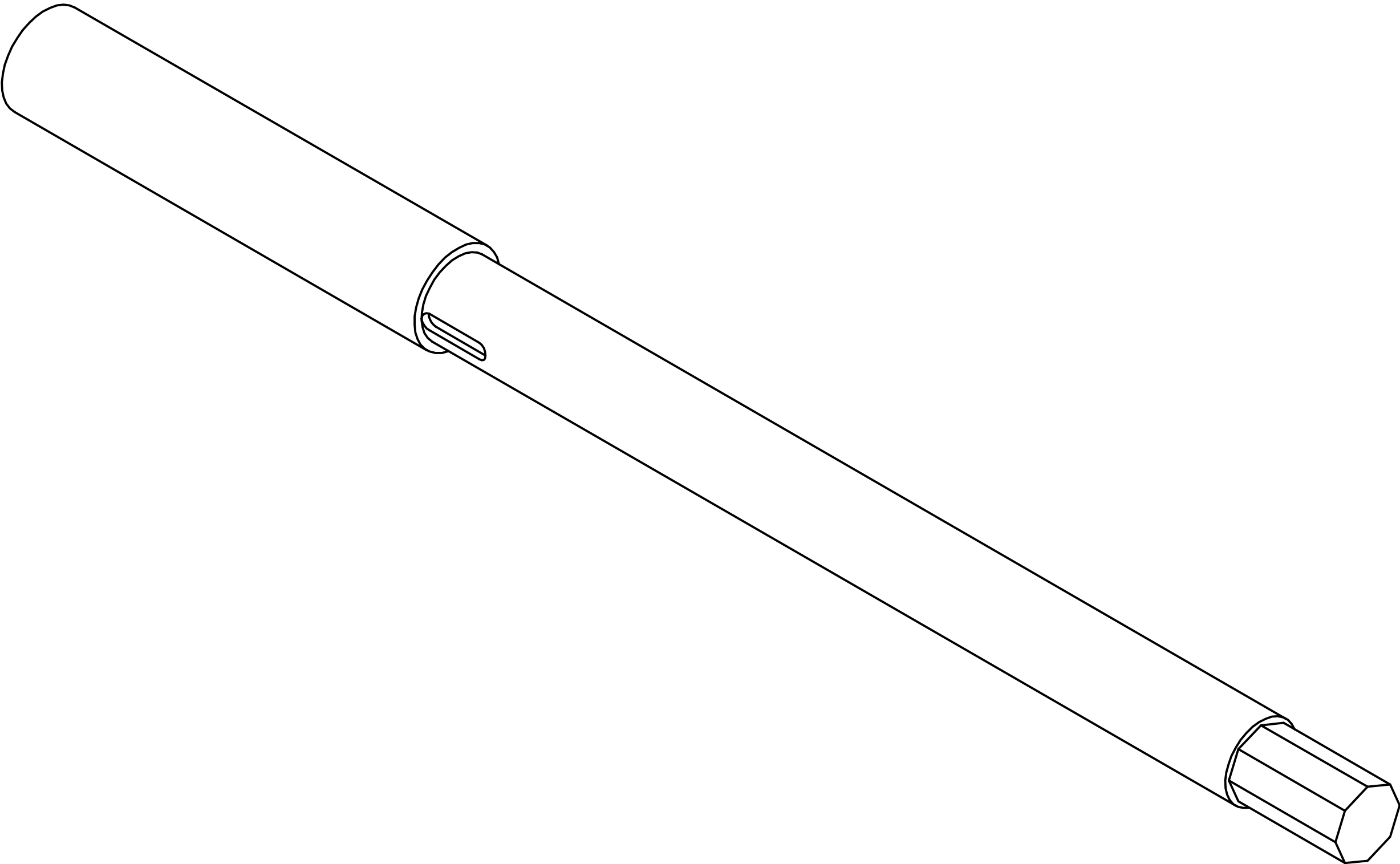


Observaciones		Fecha	Nombre	Ensamblado		FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS APLICADAS MICA - ELECTRONICA U. M. P. S. F. H. C. H.
	Dib.	8/8/24	Marcos Ortega			
	Rev.					
	Apr.					
	Esc.	Estructura del Generador Eolico			Aluminio	
	1:9					
					Toler.	Unidades: Milímetros
Rug.						
Pág. 2 de 47						

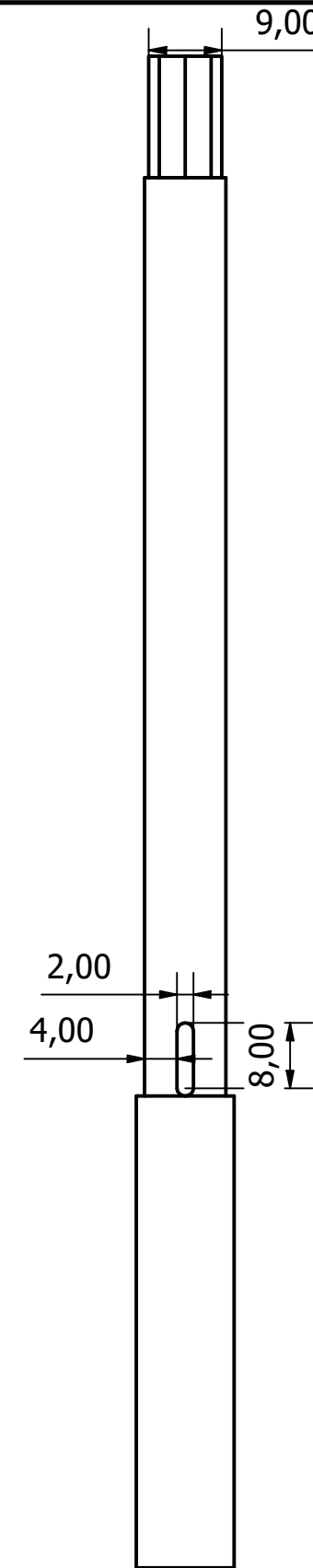
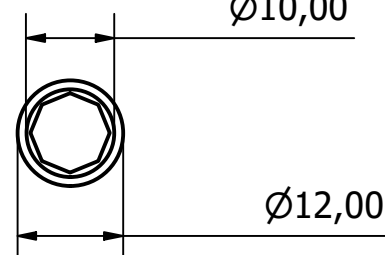
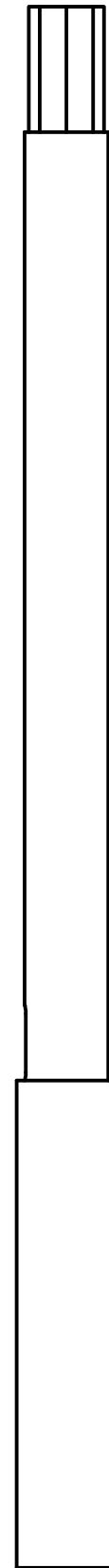


LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	1	Eje del rotor	
2	1	Porte soporte del brazo del alabe	
3	4	Brazo del alabe tipo 2	
4	4	Brazo del alabe tipo 1	
5	16	AS 1110 - M3 x 25	Pernos y tornillos métricos ISO de precisión de cabeza hexagonal
6	16	ANSI B18.2.4.2M - M3x0,5	Estilos de tuercas hexagonales métricas 2
7	16	Alabe Mayor	
8	16	Alabe menor	
9	1	Chaveta	

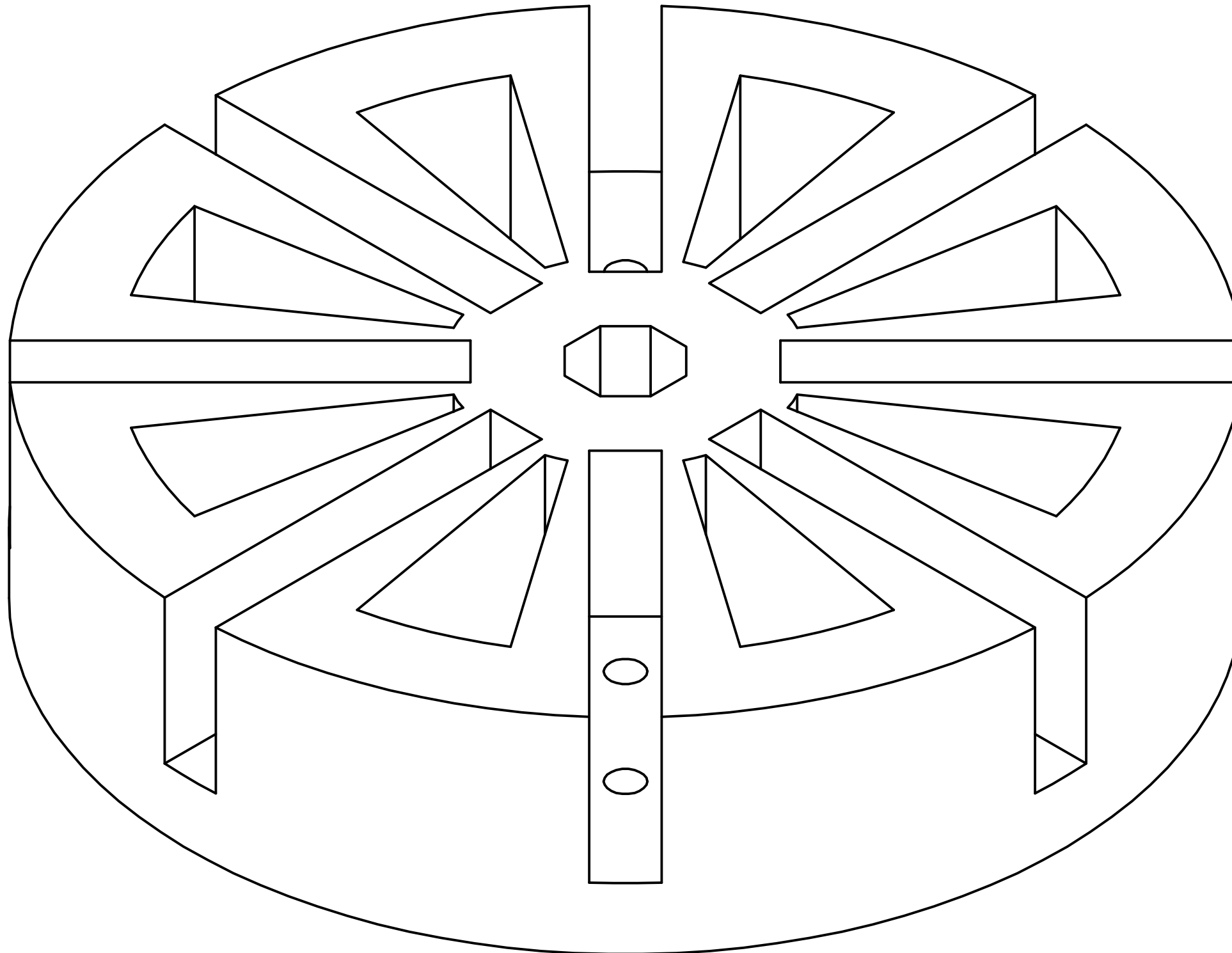
Observaciones		Fecha	Nombre	Despiece	
	Dib.	8/8/24	Marcos Ortega		
	Rev.				
	Apr.				
	Esc.	Estructura de los alabes			Aluminio
					
	Toler.				Unidades: Milímetros
Rug.	Pág. 3 de 47				



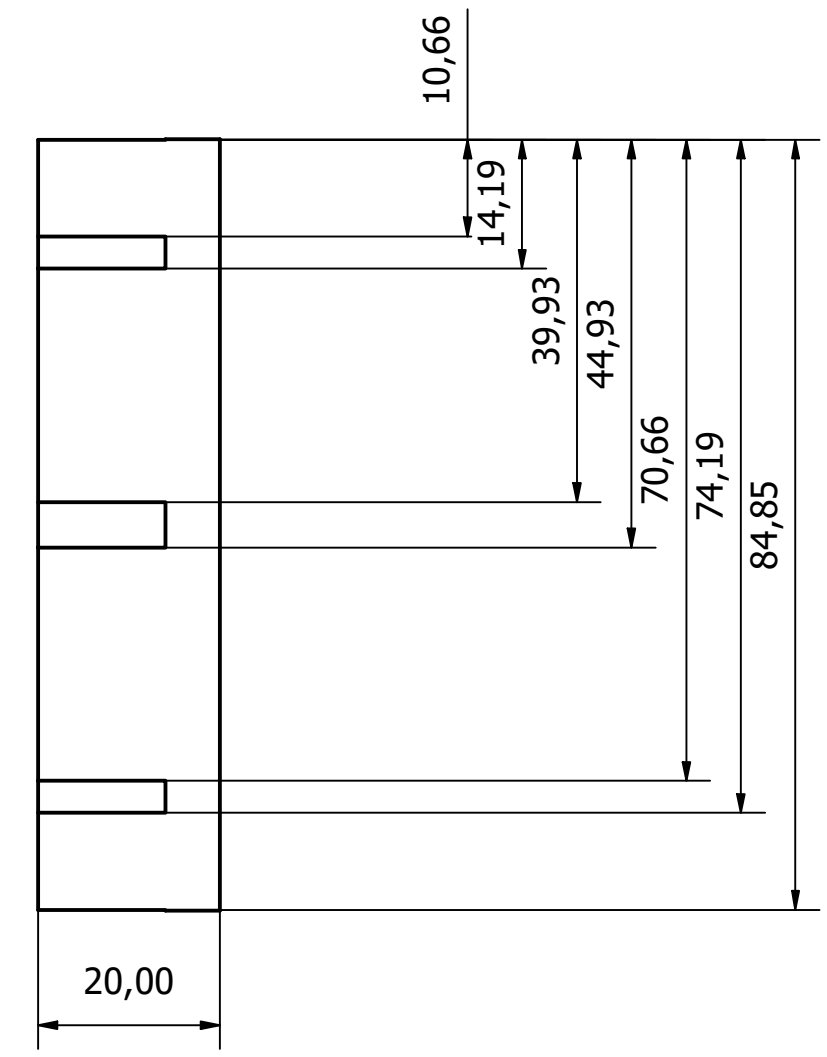
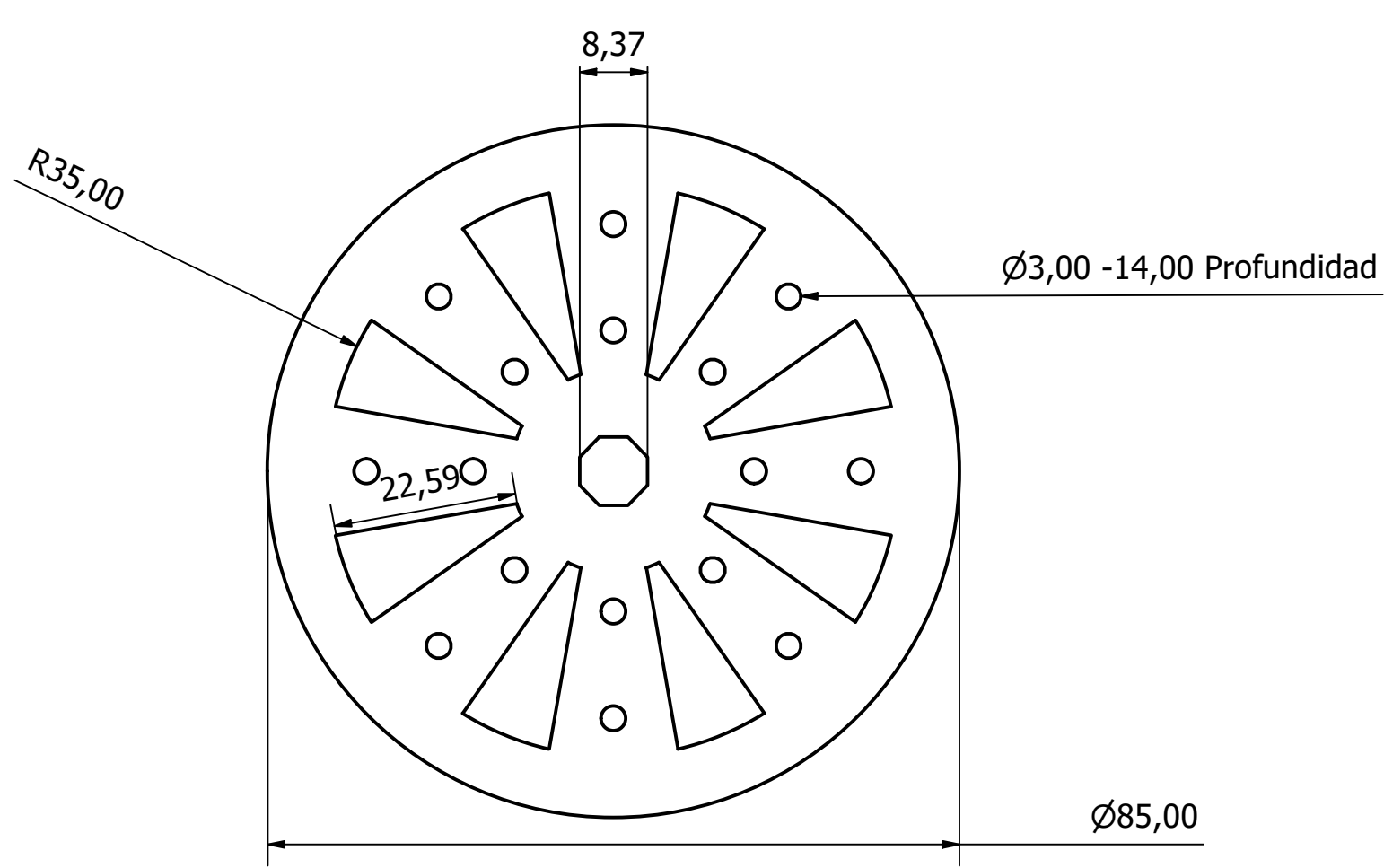
Observaciones		Fecha	Nombre	Eje del rotor	
	Dib.	8/8/24	Marcos Ortega		
	Rev.				FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS APLICADAS MECA - ELECTRONICAS U.N.A.M. - P. S. T. X. C. H.
	Apr.				
	Esc.	Estructura de los alabes			Aluminio
	7 : 3				
					Unidades: Milímetros
	Toler.				
	Rug.				Pág. 4 de 47



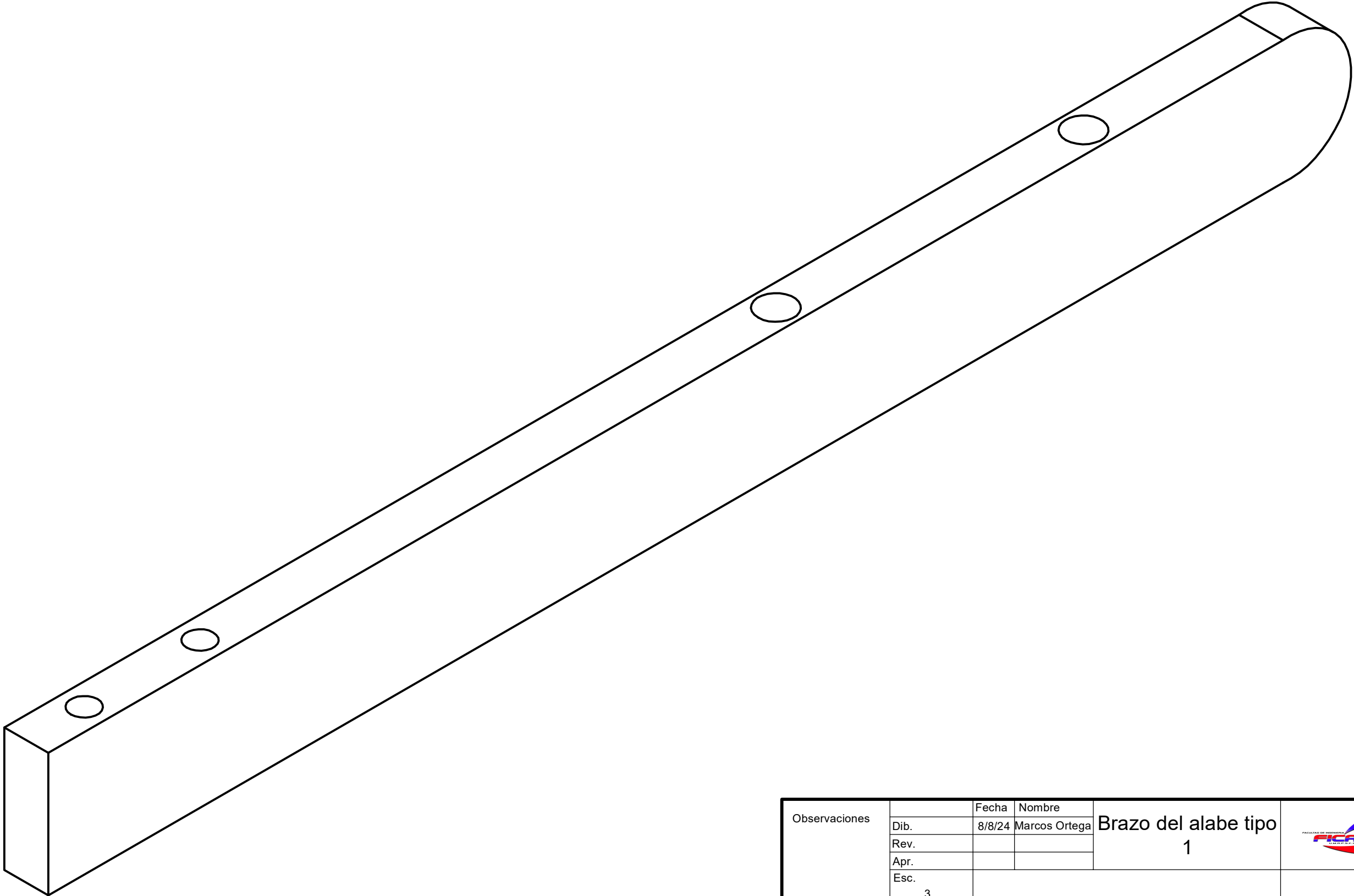
Observaciones	Fecha	Nombre	Eje del rotor	
	Dib.	8/8/24		
	Rev.			
	Apr.		Estructura de los alabes	Aluminio
	Esc.	7 : 6		Unidades: Milímetros
				
	Toler.			
	Rug.			
				Pág. 5 de 47



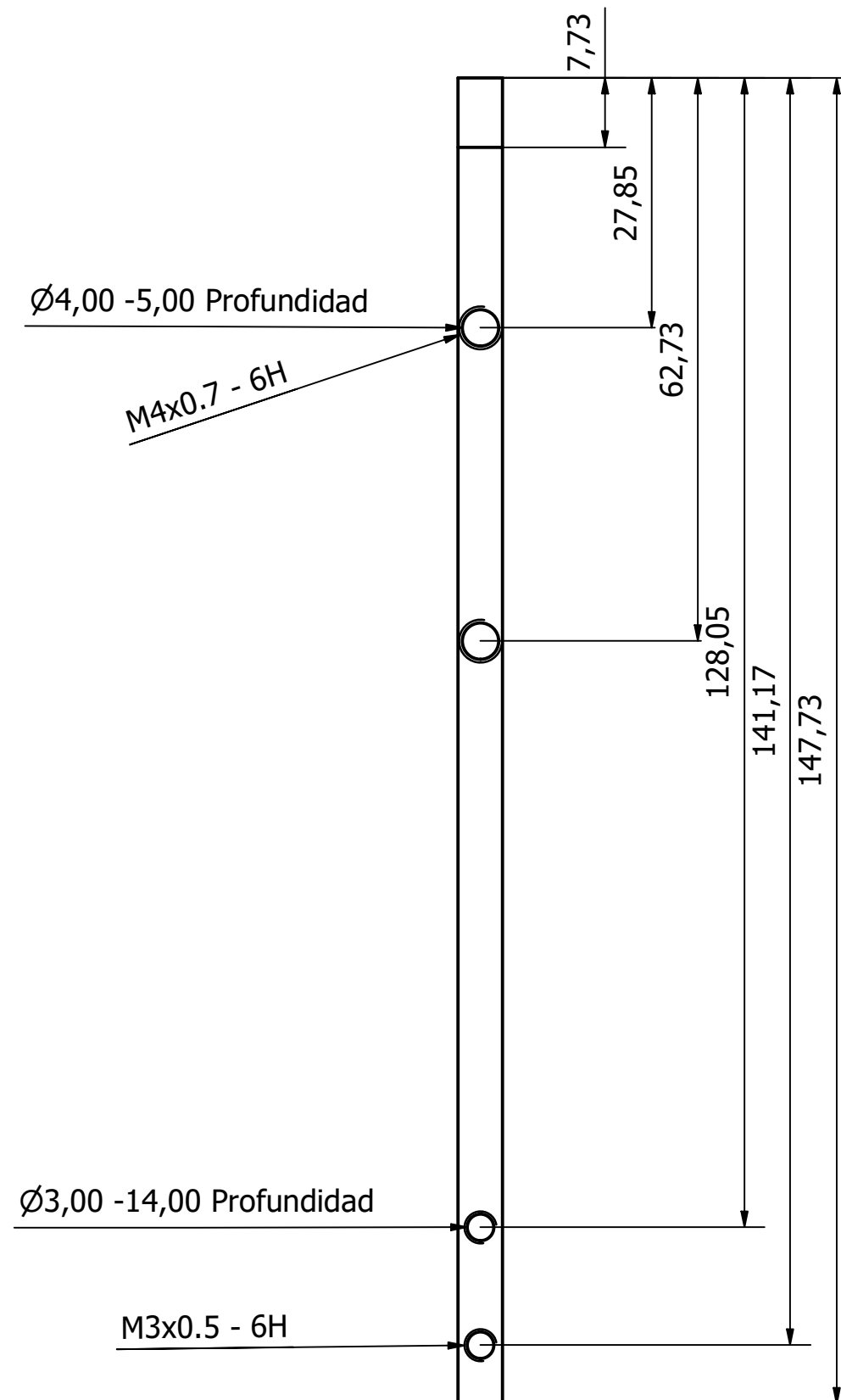
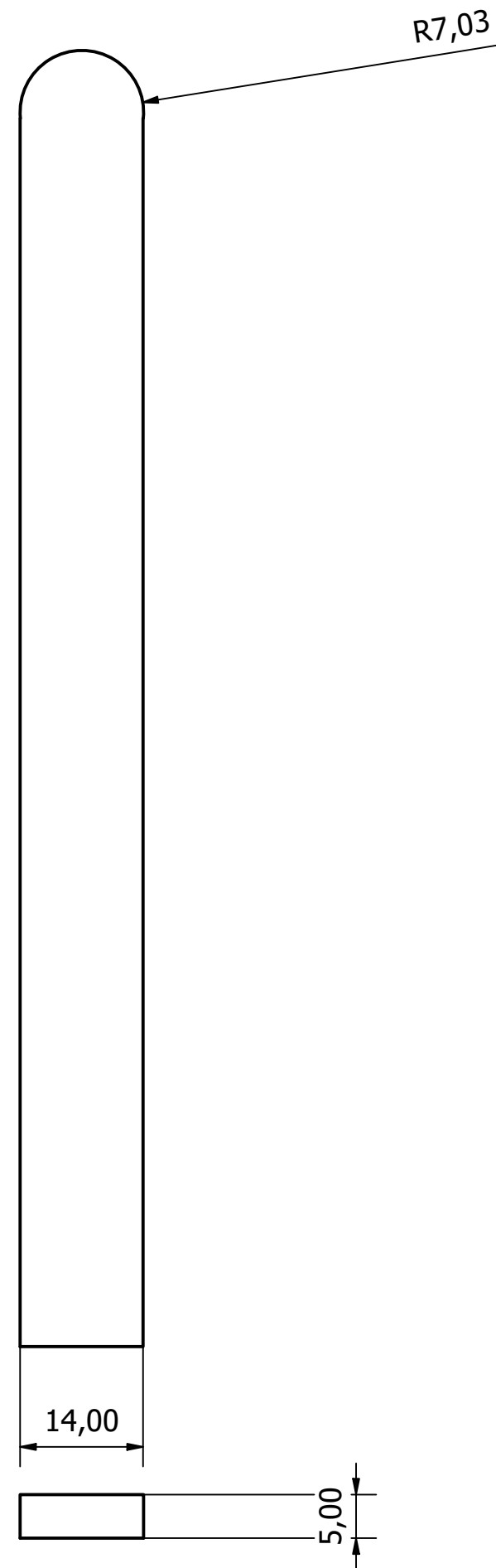
Observaciones		Fecha	Nombre	Porte soporte del brazo del alabe	<
---------------	--	-------	--------	--------------------------------------	---



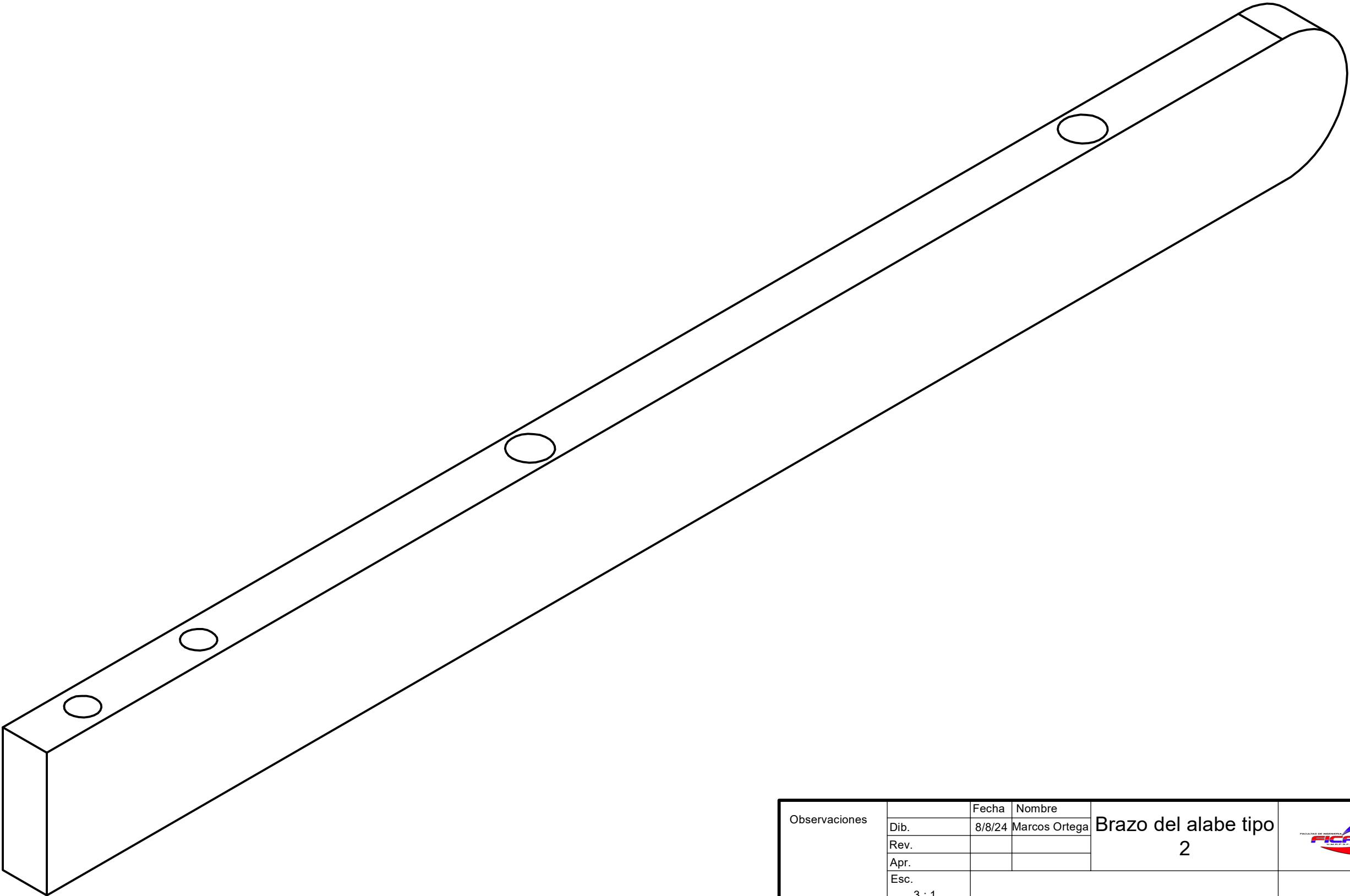
Observaciones		Fecha	Nombre	Porte soporte del brazo del alabe	
	Dib.	8/8/24	Marcos Ortega		
	Rev.				
	Apr.				
	Esc.	Estructura de los alabes			Aluminio
6 : 5					
	Unidades: Milímetros				
Toler.					
Rug.					Pág. 7 de 47



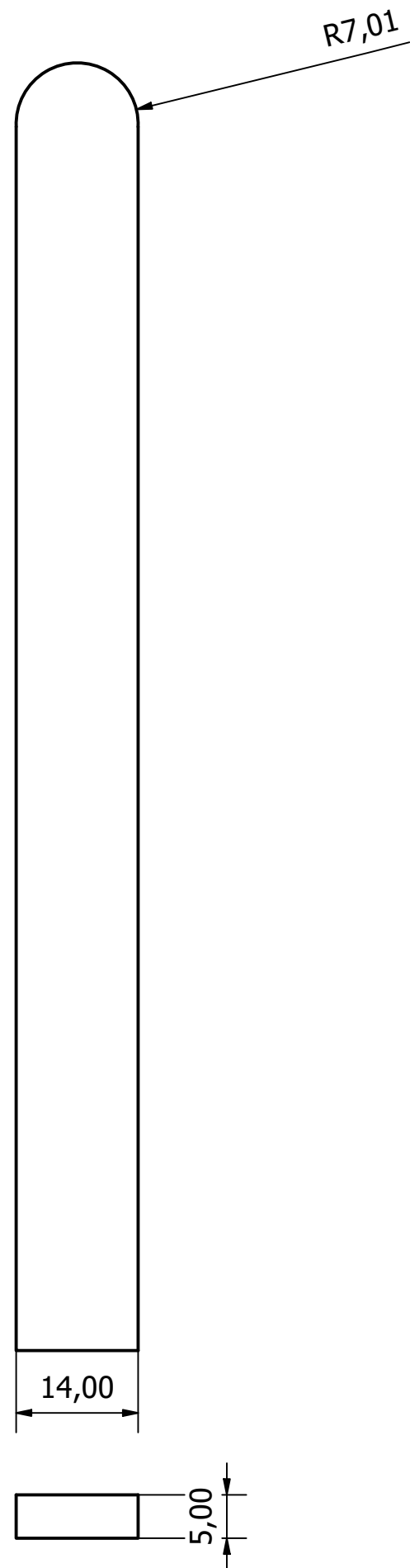
Observaciones		Fecha	Nombre	Brazo del alabe tipo 1	 FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS APLICADAS MECA - ELECTRONICAS BO.
---------------	--	-------	--------	---------------------------	--



Observaciones		Fecha	Nombre	Brazo del alabe tipo 1	 FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS APLICADAS MICA - ELECTRONICAS M. M. R. P. S. F. S. C. H.
	Dib.	8/8/24	Marcos Ortega		
	Rev.				
	Apr.				
	Esc.	 Estructura de los alabes			ABS
	7 : 5				
Toler.	Estructura de los alabes			Unidades: Milímetros	
Rug.				Pág. 9 de 47	



Observaciones		Fecha	Nombre	Brazo del alabe tipo 2	
	Dib.	8/8/24	Marcos Ortega		
	Rev.				
	Apr.				
	Esc. 3 : 1	Estructura de los alabes			ABS
	Unidades: Milímetros				
Toler.					
Rug.					Pág. 10 de 47

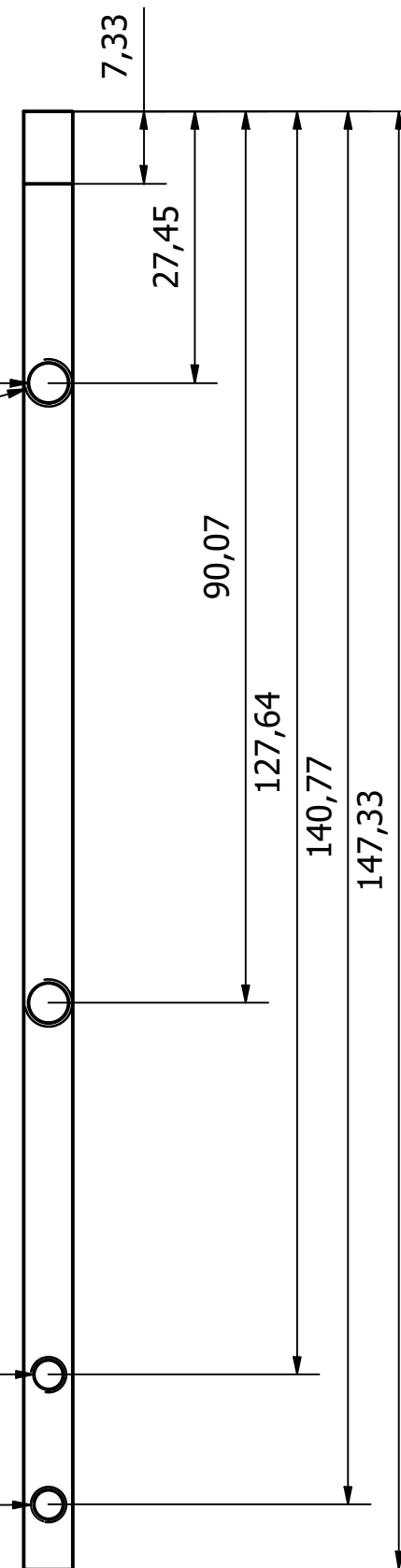


Ø4,00 -5,00 Profundidad

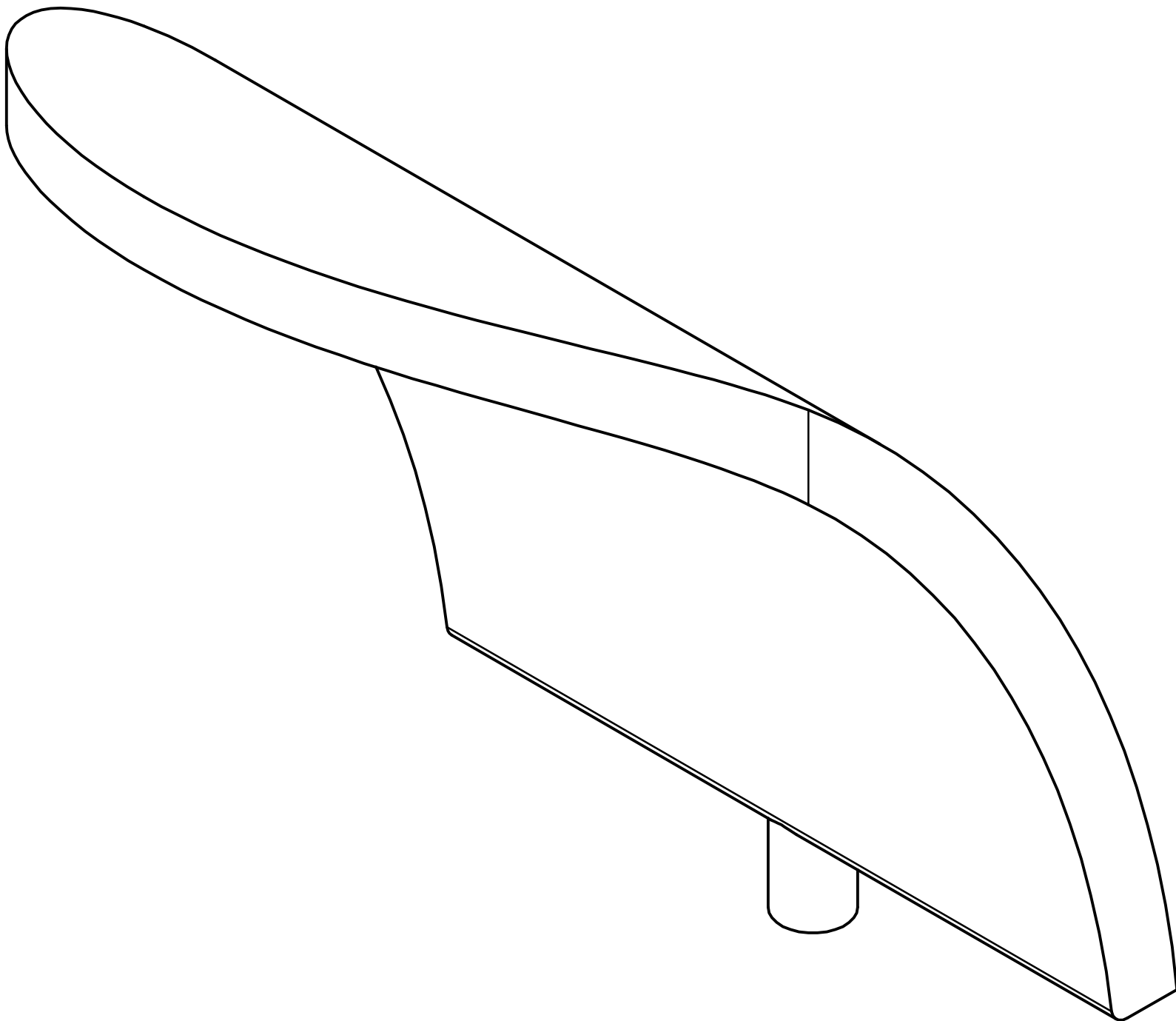
M4x0.7 - 6H

Ø3,00 Pasante

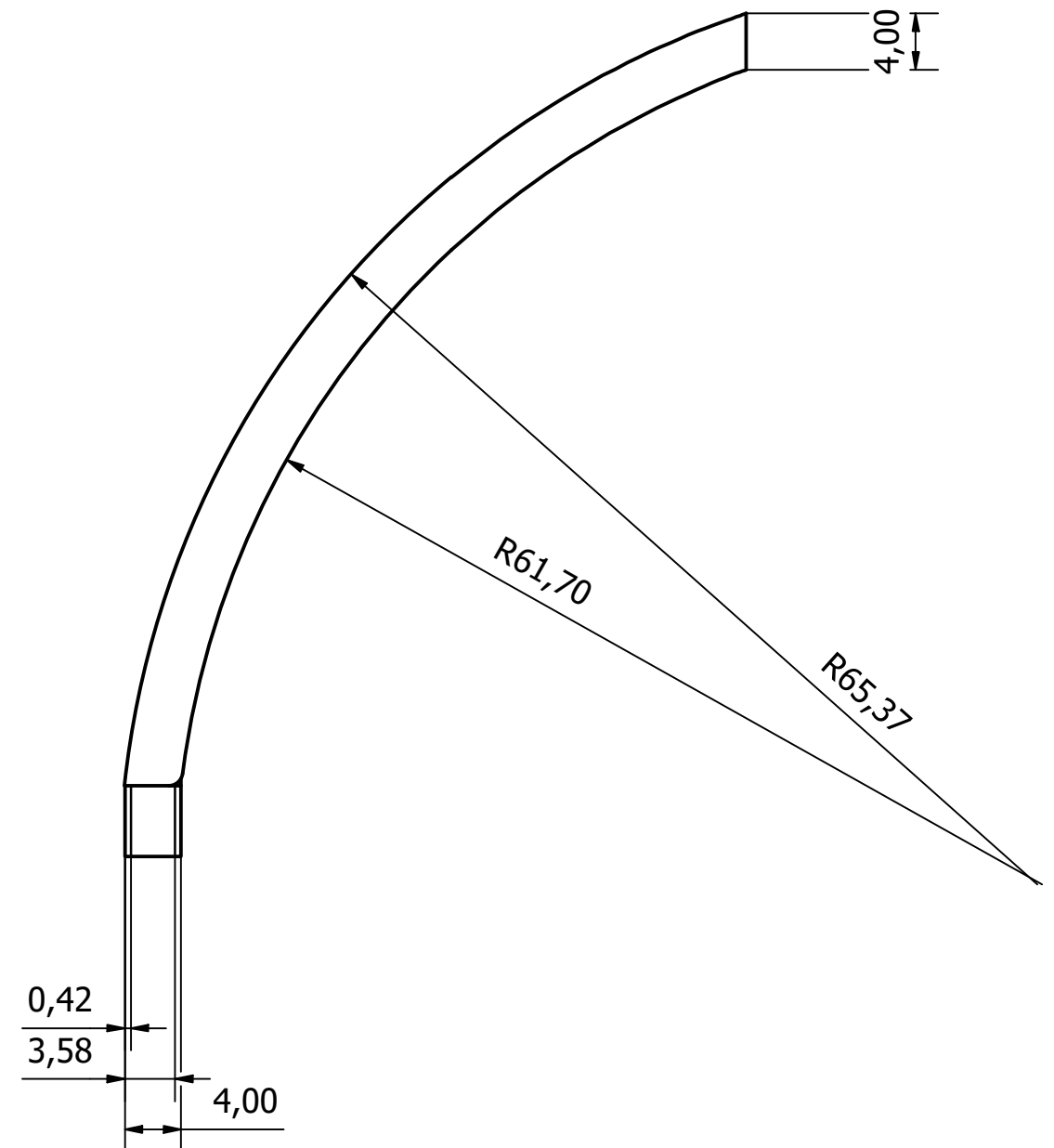
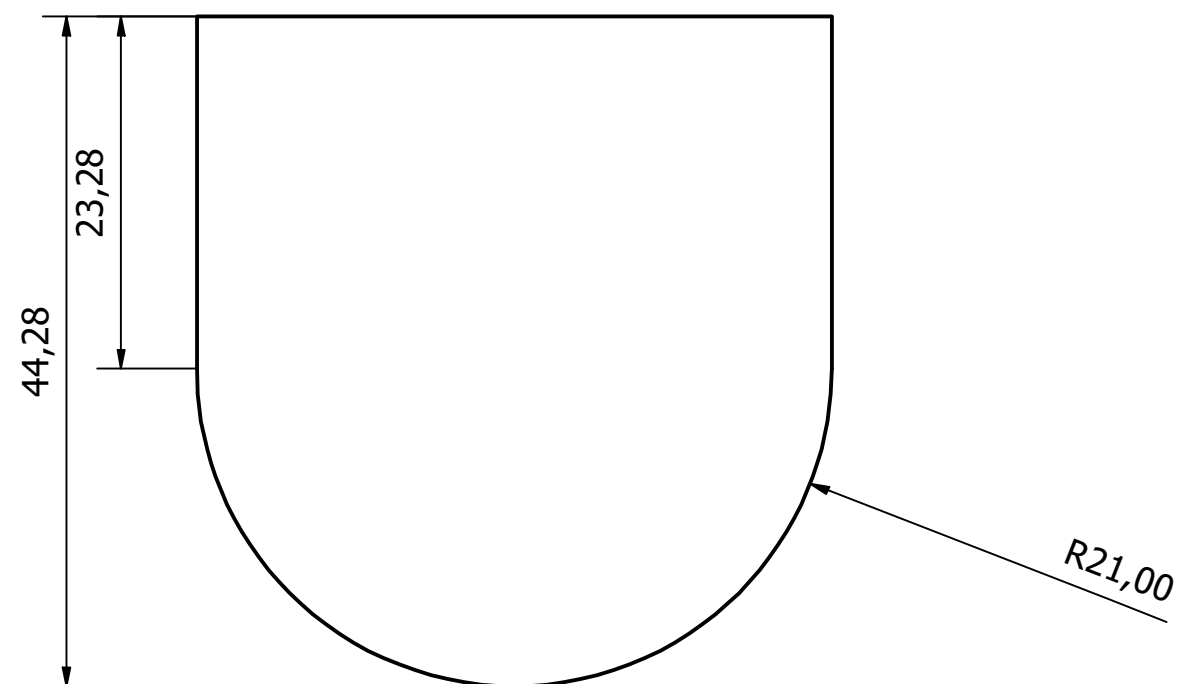
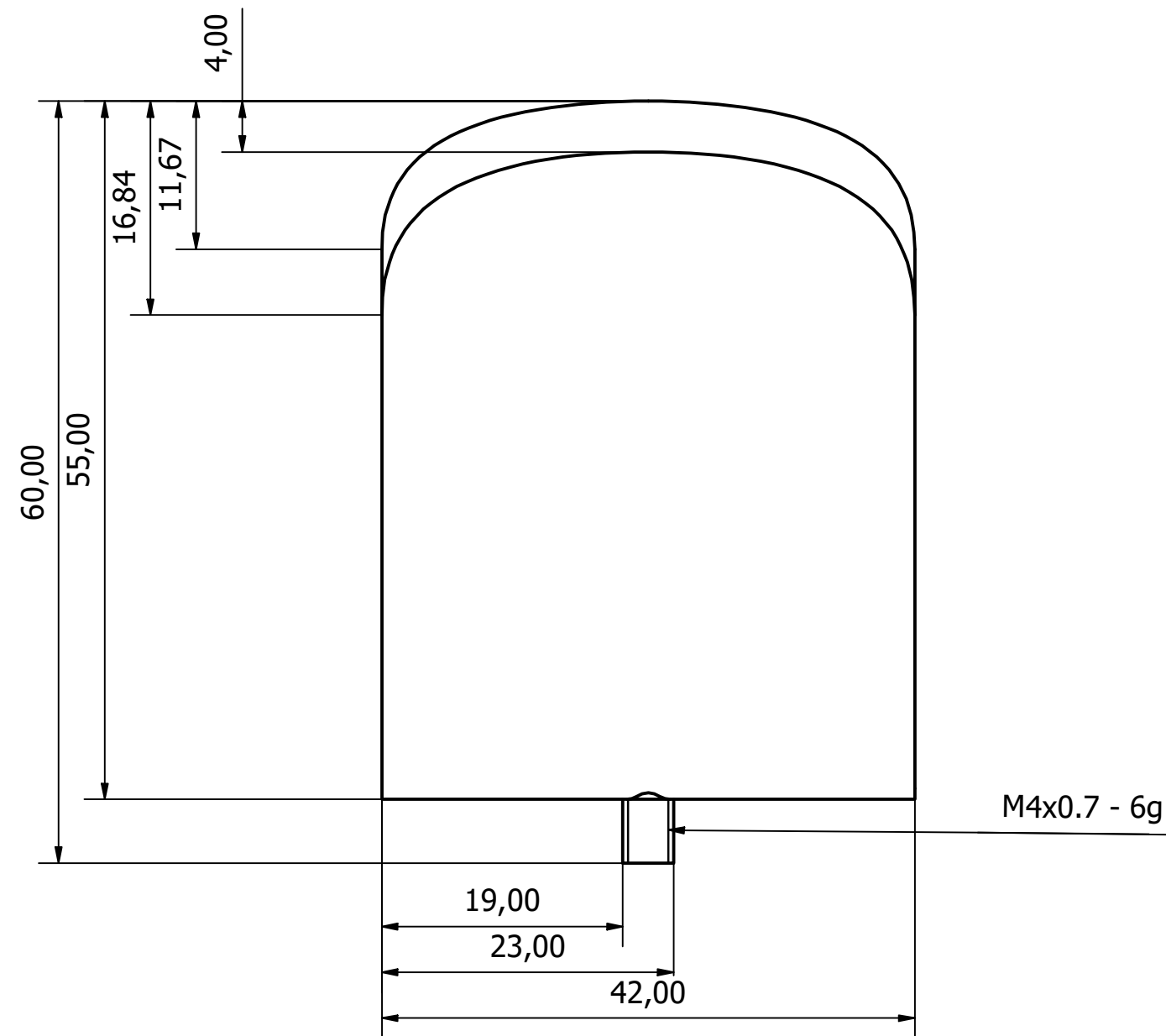
M3x0.5 - 6H



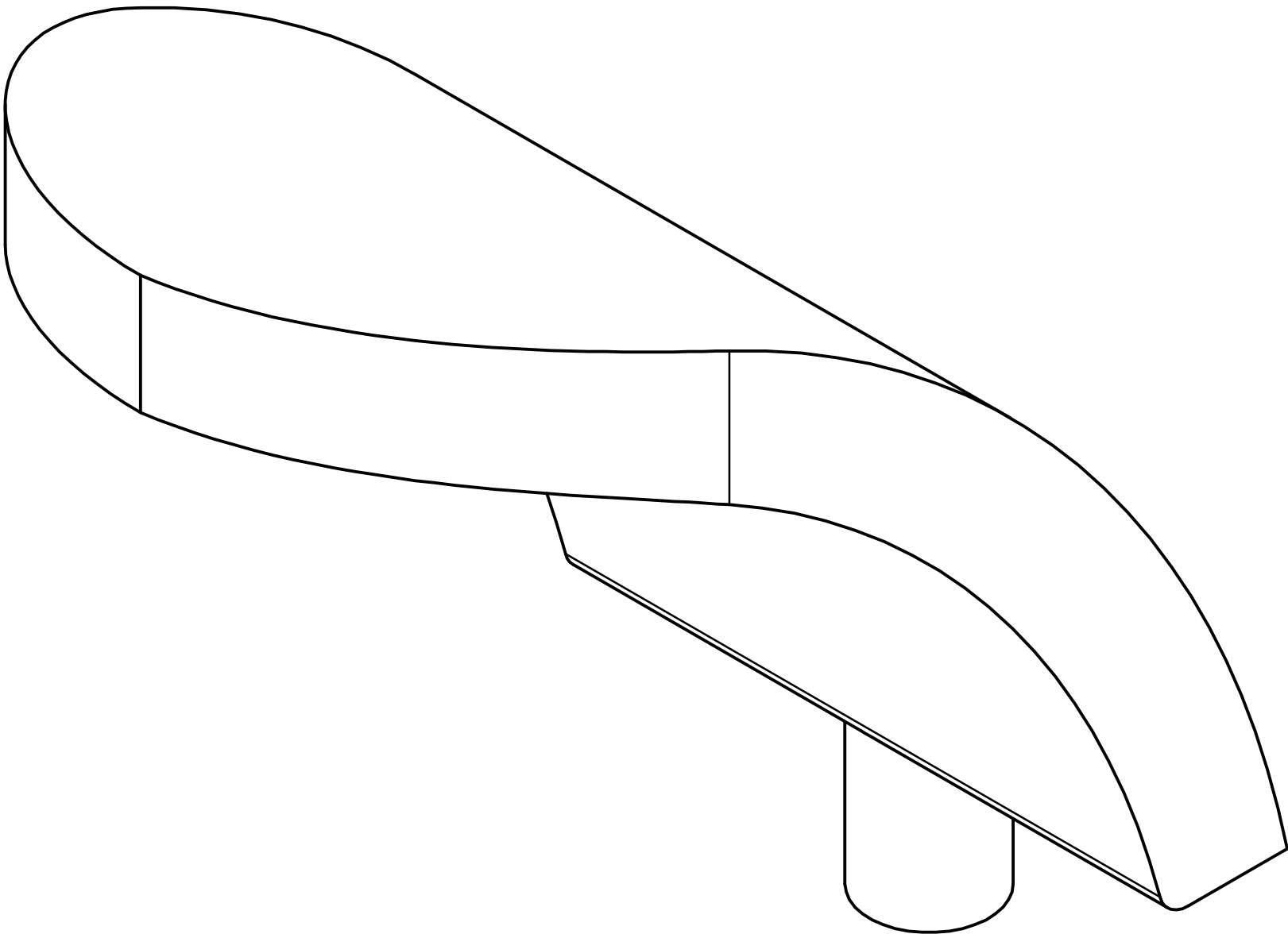
Observaciones		Fecha	Nombre	Brazo del alabe tipo 2		FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS MICA - ELECTRONICA M. M. R. P. S. F. E. C. H.
	Dib.	8/8/24	Marcos Ortega			
	Rev.					
	Apr.					
	Esc.	Estructura de los alabes			ABS	
	Toler.				Unidades: Milímetros	
Rug.	Pág. 11 de 47					



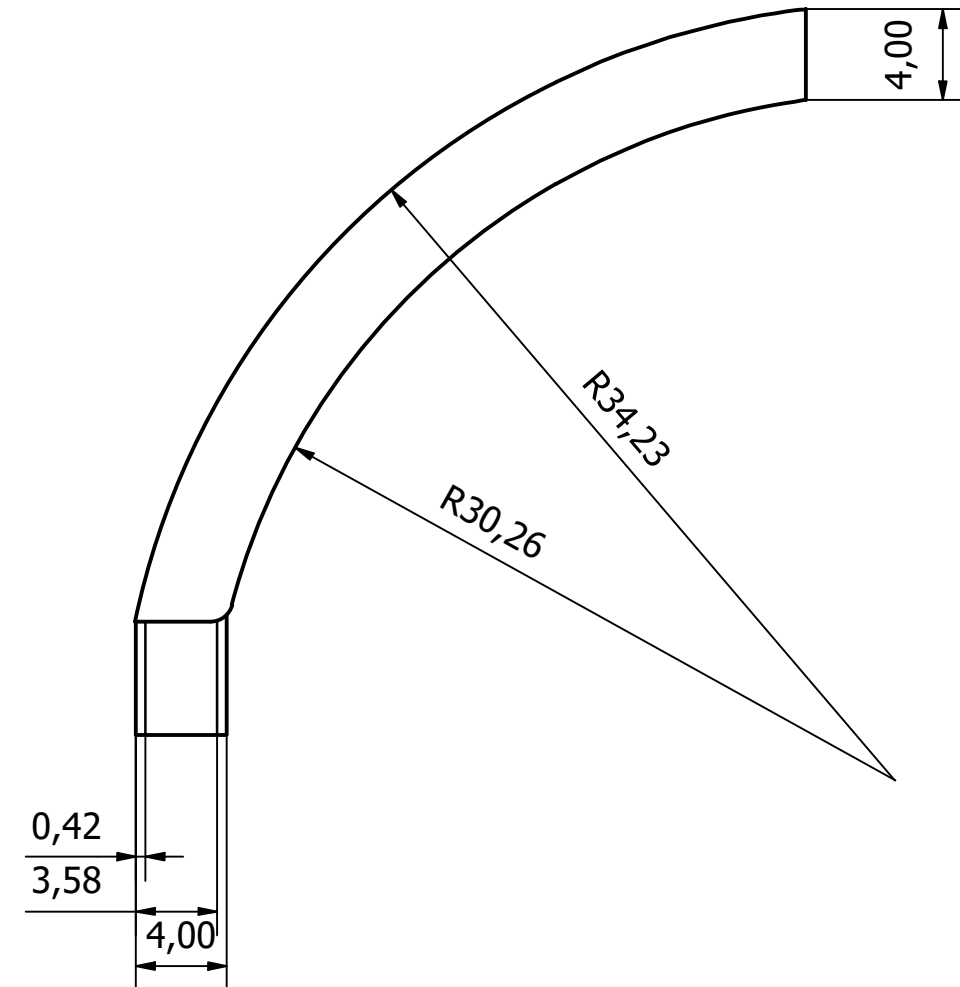
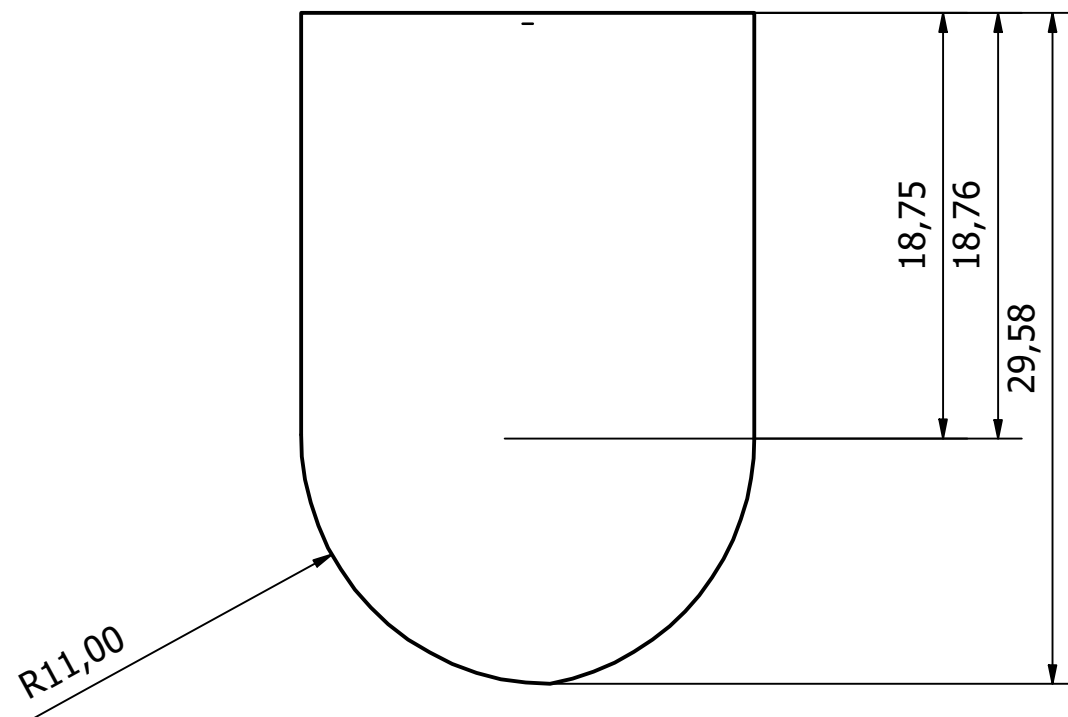
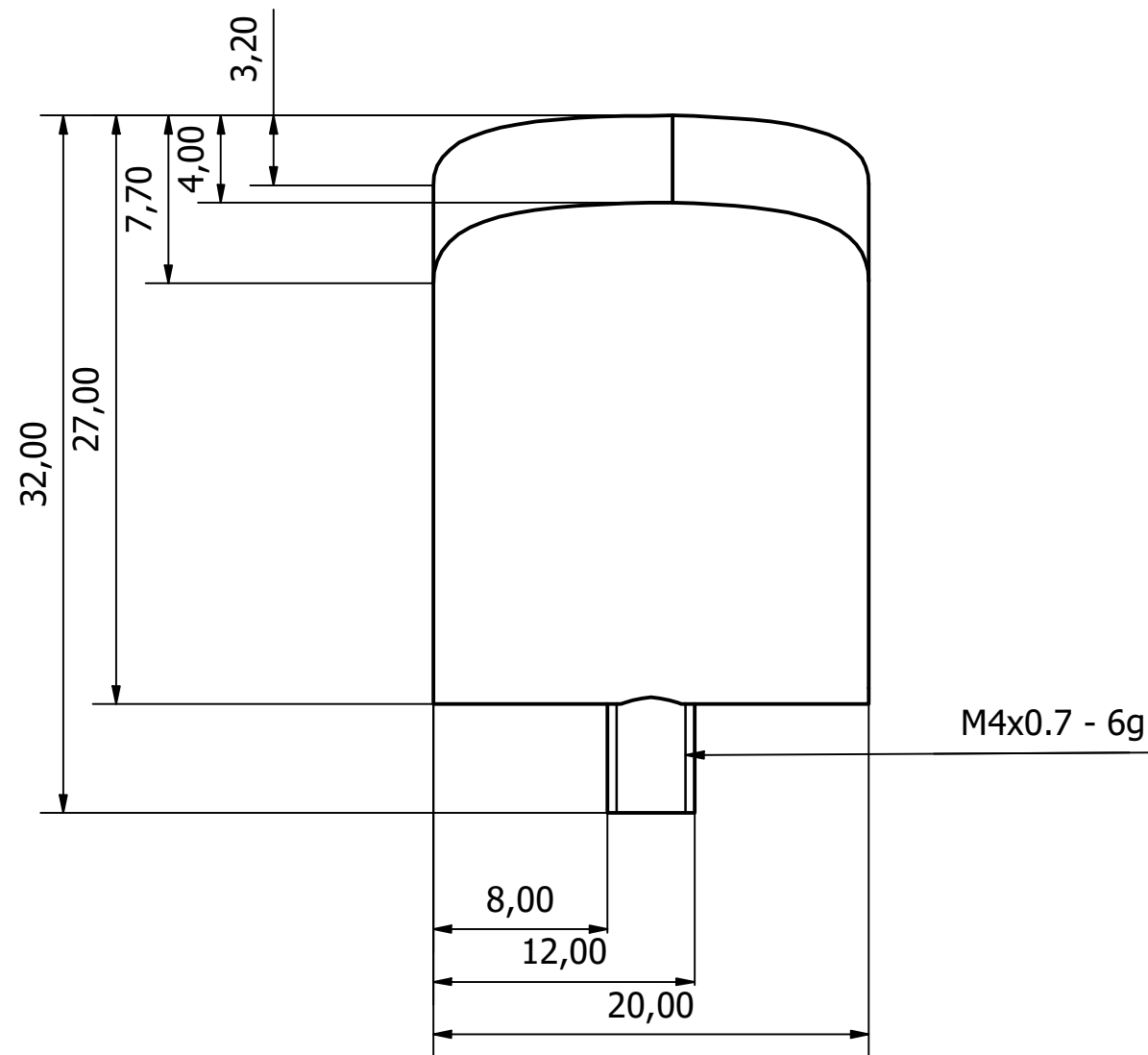
Observaciones		Fecha	Nombre	Alabe Mayor	 FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS APLICADAS MECA - ELECTRONICAS I. N. P. N. I. T. N.
	Dib.	8/8/24	Marcos Ortega		
	Rev.				
	Apr.				
	Esc.	Estructura de los alabes			
4 : 1					
					
Toler.					
Rug.					
					Nylon
					Unidades: Milímetros
					Pág. 12 de 47



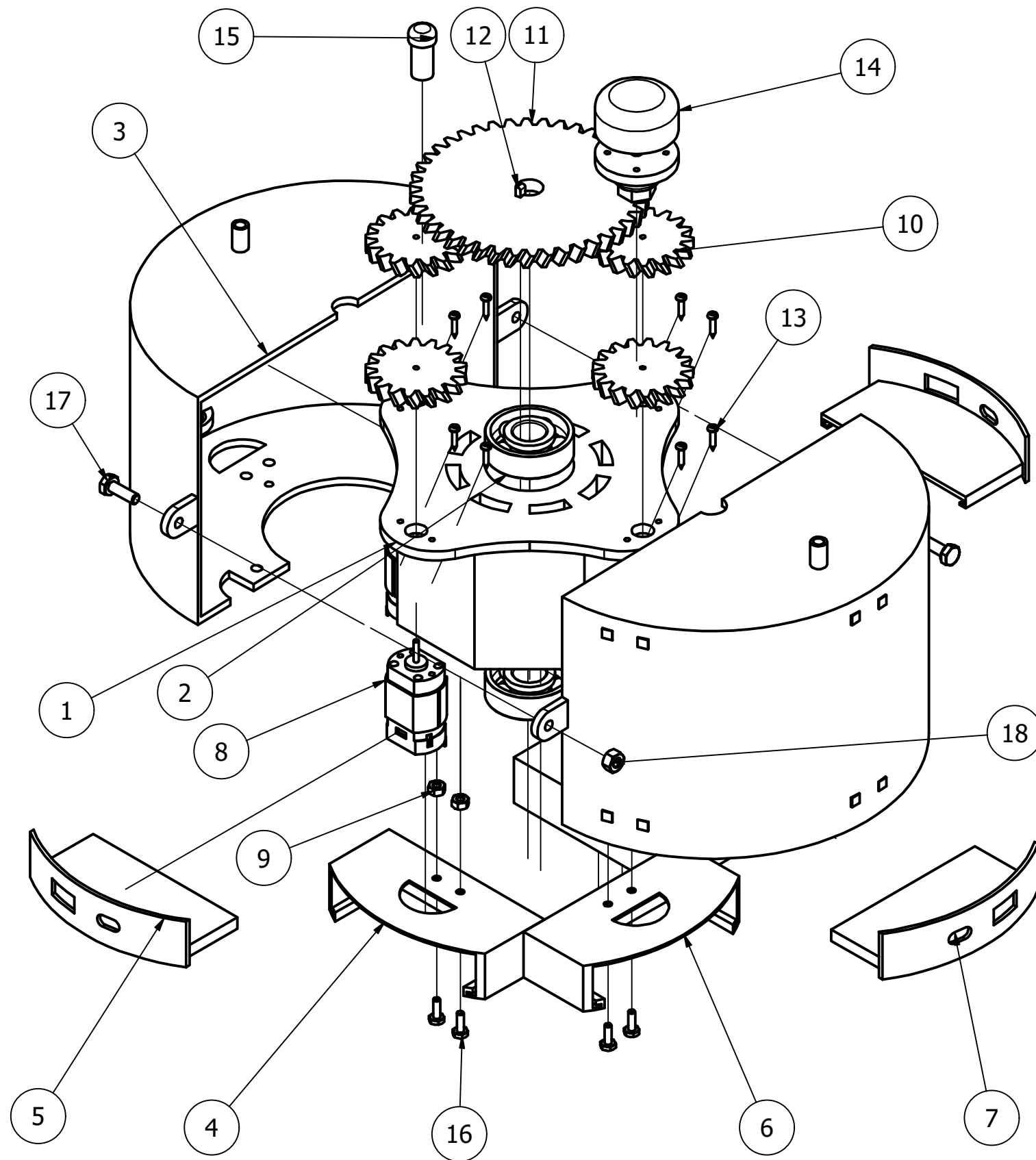
Observaciones		Fecha	Nombre	Alabe Mayor	
	Dib.	8/8/24	Marcos Ortega		
	Rev.				
	Apr.				
	Esc.	Estructura de los alabes			Nylon
					
Toler.	Unidades: Milímetros				
Rug.				Pág. 13 de 47	



Observaciones		Fecha	Nombre	Alabe menor	FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS APLICADAS MECA - ELECTRONICAS UNAM - P.R. - C.H. - C.H.
	Dib.	8/8/24	Marcos Ortega		
	Rev.				
	Apr.				
	Esc.	Estructura de los alabes			
7 : 1					
Toler.					
Rug.					
					FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS APLICADAS MECA - ELECTRONICAS UNAM - P.R. - C.H. - C.H.
					Nylon
					Unidades: Milímetros
					Pág. 14 de 47

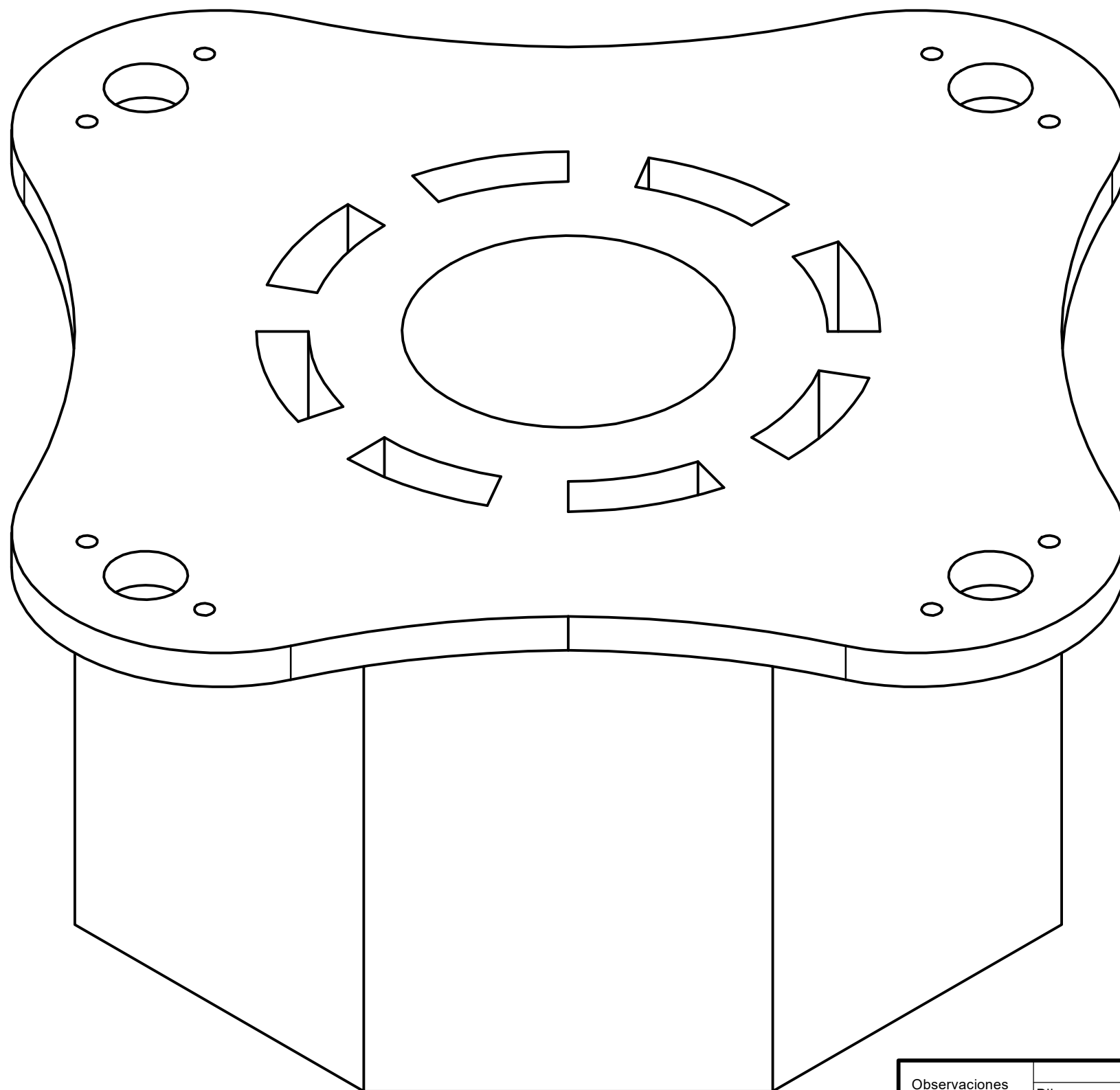


Observaciones		Fecha	Nombre	Alabe menor	
	Dib.	8/8/24	Marcos Ortega		
	Rev.				
	Apr.				
	Esc.	Estructura de los alabes			Nylon
					
	Toler.				Unidades: Milímetros
Rug.				Pág. 15 de 47	

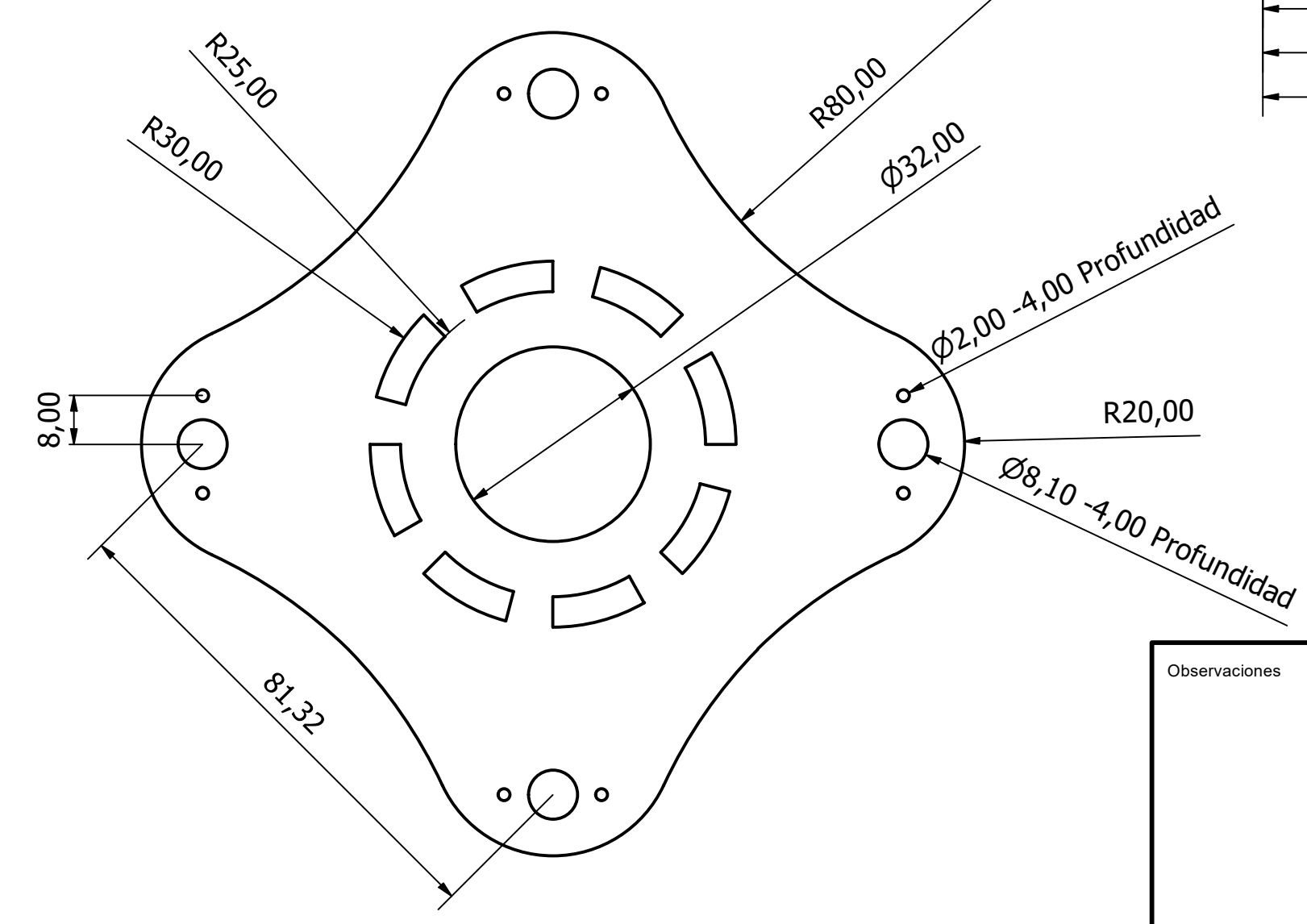
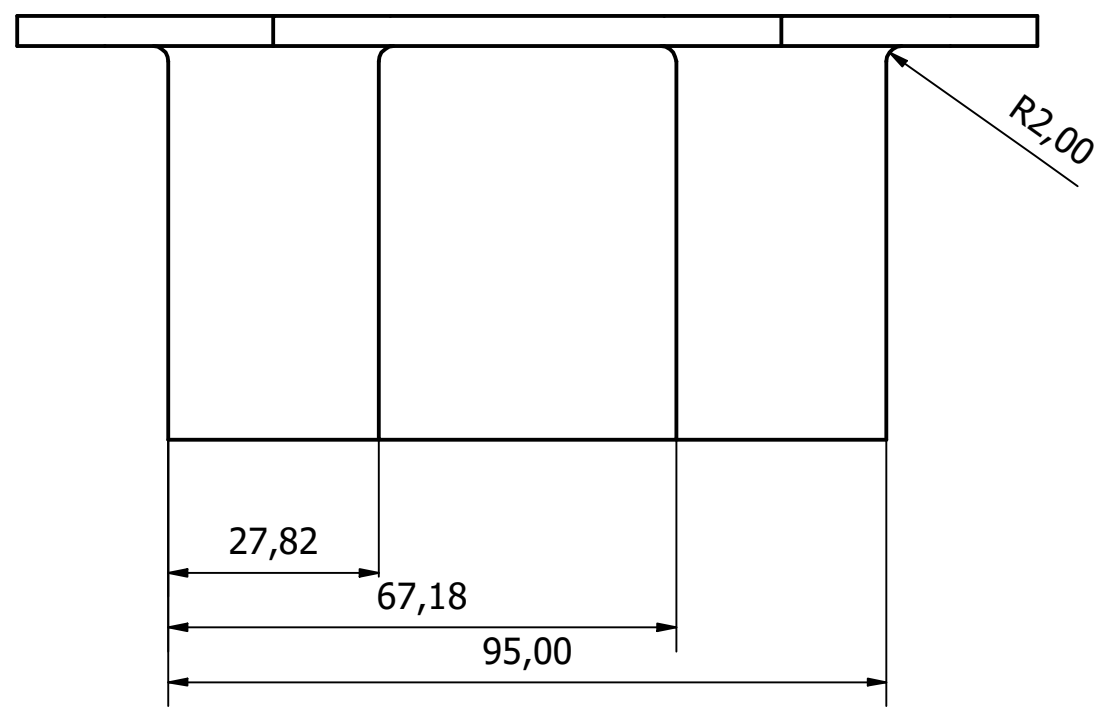
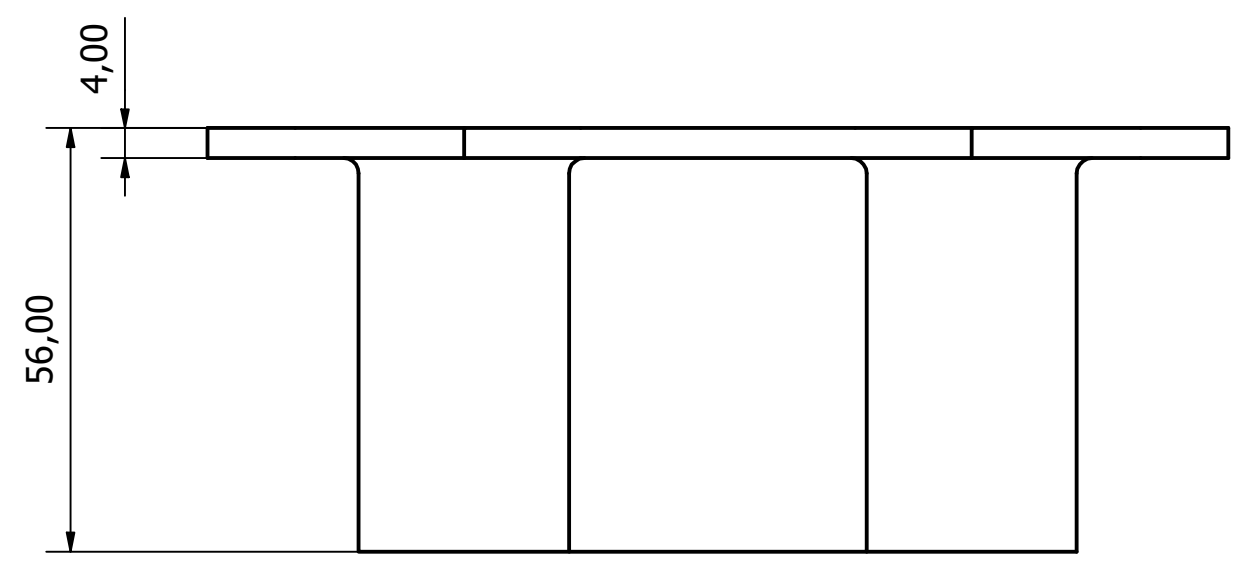


LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	1	Soporte del eje del rotor	
2	2	SKF B7201 BE	Rodamientos de bolas, contacto angular, una hilera SKF
3	2	Caja porta engranajes	
4	1	Porta circuito	
5	1	Tapa del porta circuito	
6	2	Porta circuito_MIR	
7	2	Tapa del porta circuito_MIR	
8	4	motor dc	
9	6	ANSI B18.2.4.2M - M3x0,5	Estilos de tuercas hexagonales métricas 2
10	4	Piñón	
11	1	Corona	
12	1	Chaveta	
13	8	ANSI B18.6.4 - Nº 1-42 x 3/8, SPHTSTAI	Tornillo de rosca (Chapa)
14	1	micro anemometro	
15	1	Tapon	
16	6	AS 1110 - M2,5 x 8	Pernos y tornillos métricos ISO de precisión de cabeza hexagonal
17	2	AS 1110 - M4 x 12	Pernos y tornillos métricos ISO de precisión de cabeza hexagonal
18	2	ANSI B18.2.4.2M - M4x0,7	Estilos de tuercas hexagonales métricas 2

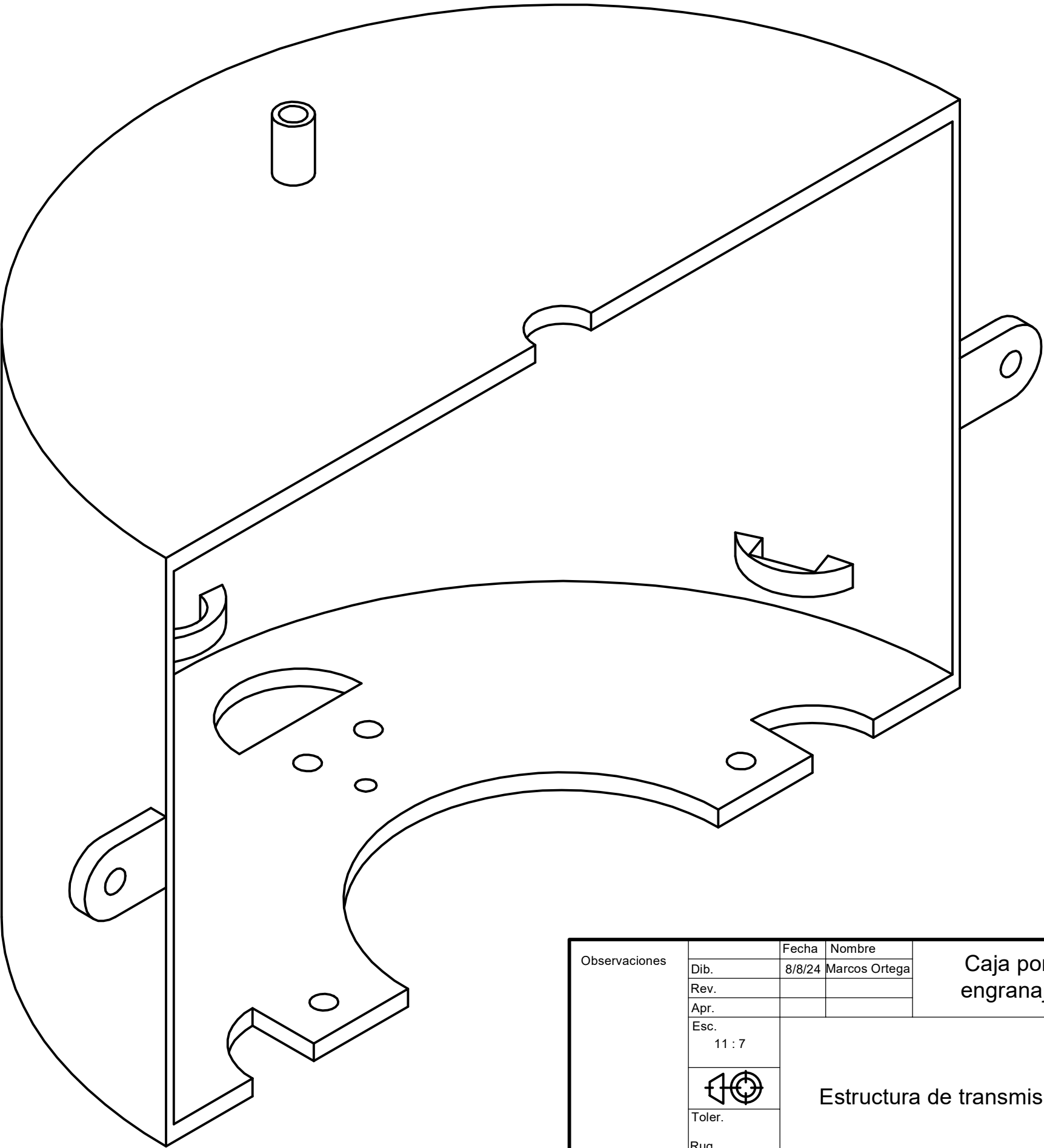
Observaciones		Fecha	Nombre	Despiece	
	Dib.	8/8/24	Marcos Ortega		
	Rev.				
	Apr.				
	Esc.	Estructura de Transmision			Aluminio
	Unidades: Milímetros				
Toler.					
Rug.					
Pág. 16 de 47					



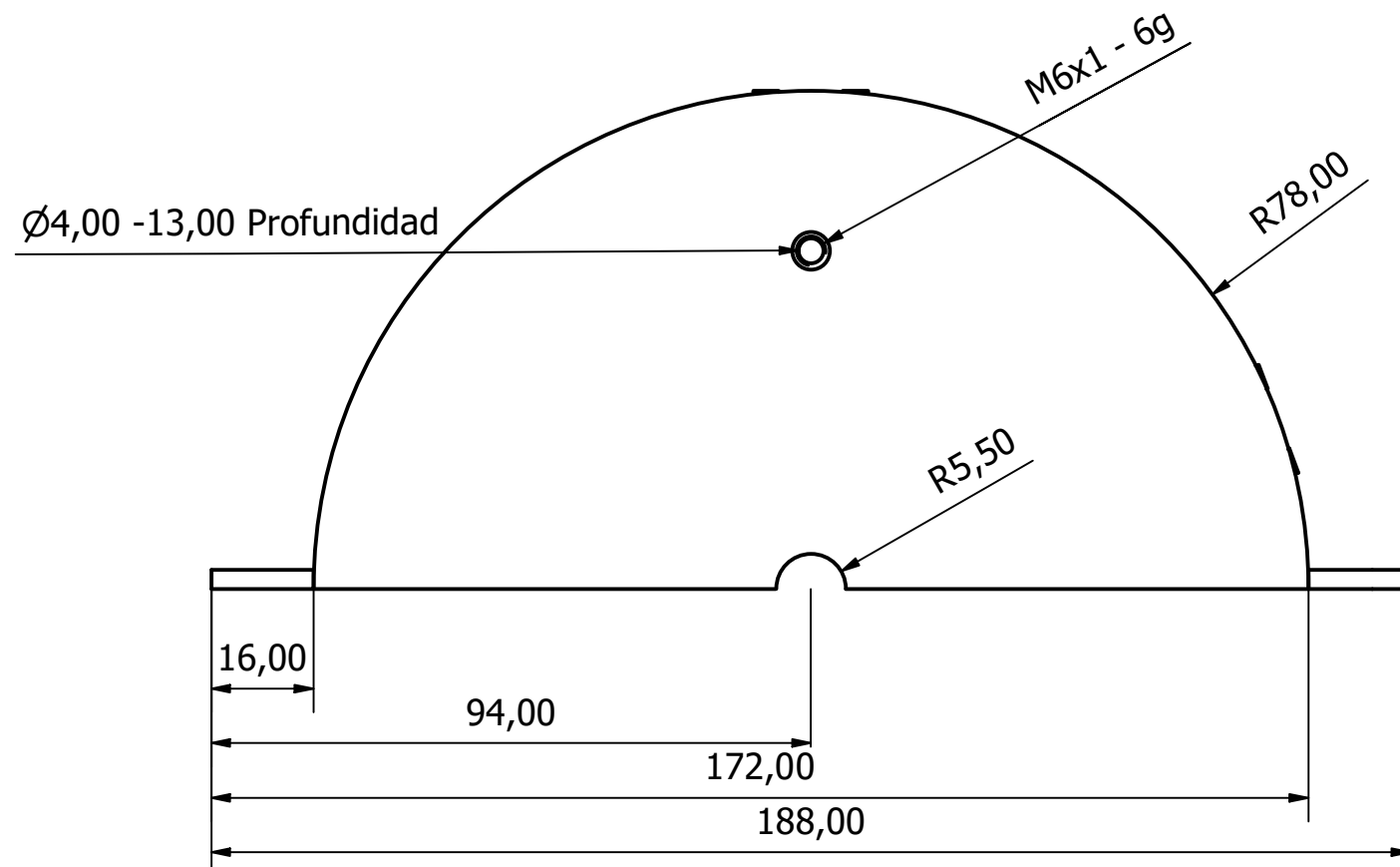
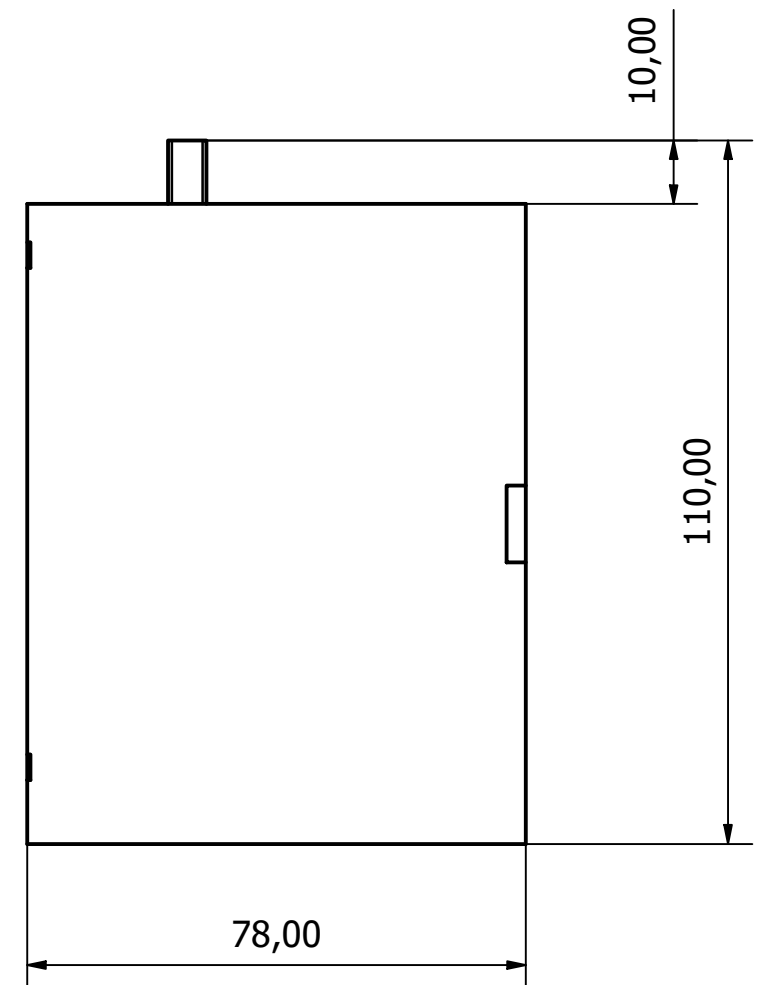
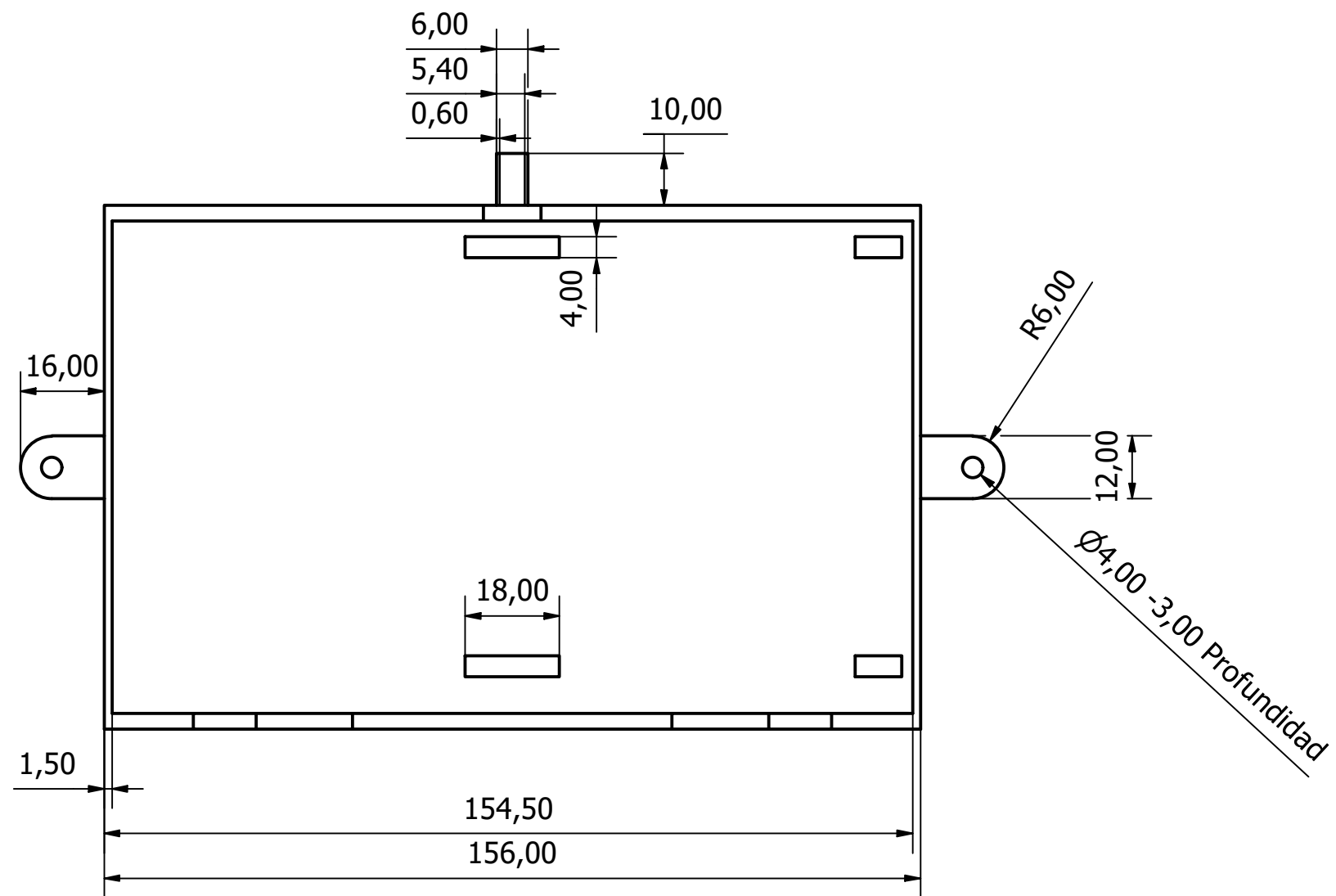
Observaciones		Fecha	Nombre	Soporte del eje del rotor	
	Dib.	8/8/24	Marcos Ortega		
	Rev.				
	Apr.				
	Esc.	Estructura de transmisión			Aluminio
	2 : 1				
					
Toler.				Unidades: Milímetros	
Rug.				Pág. 17 de 47	



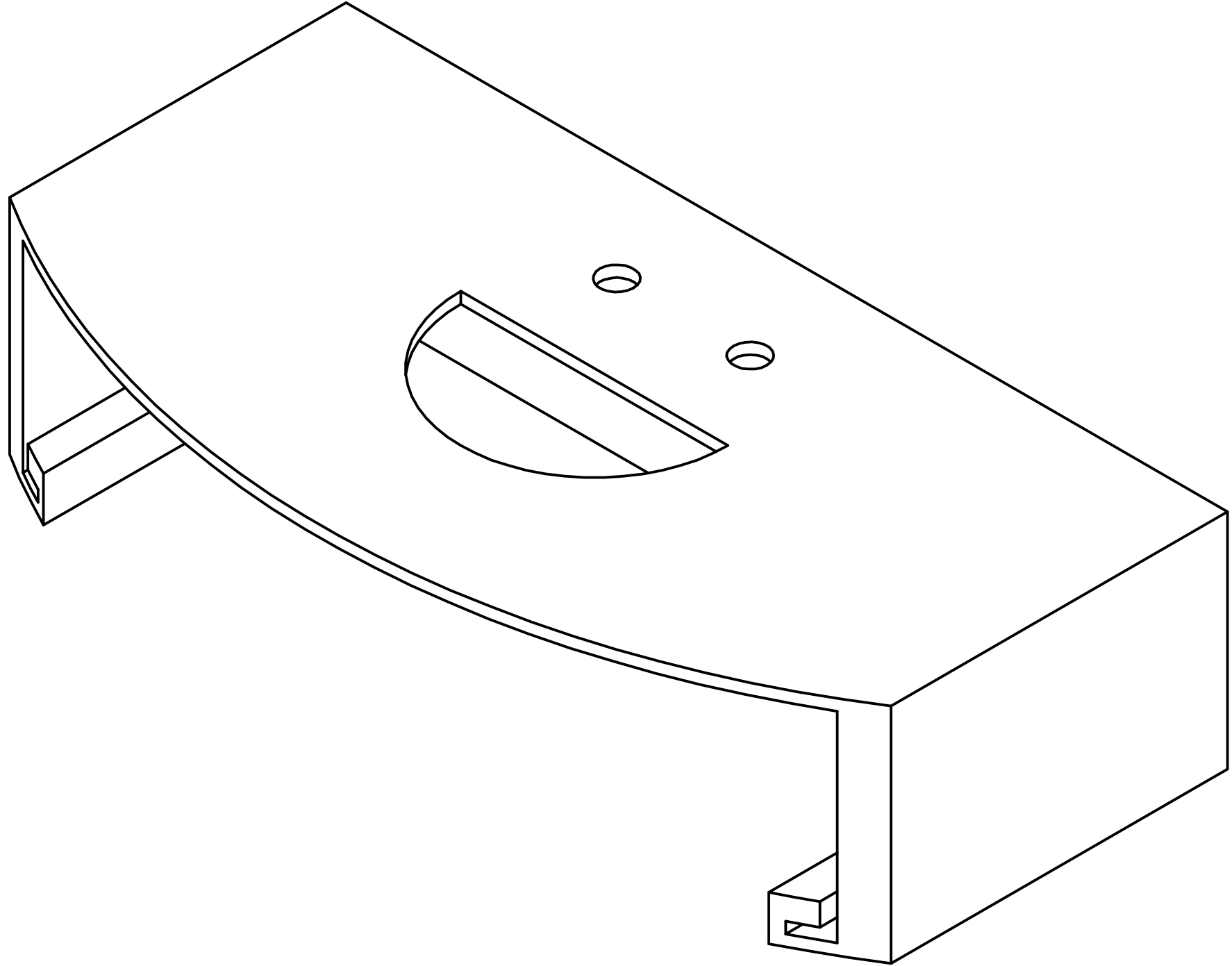
Observaciones		Fecha	Nombre	Soporte del eje del rotor	
	Dib.	8/8/24	Marcos Ortega		
	Rev.				
	Apr.				
	Esc.	Estructura de transmisión			Aluminio
					
	Toler.				Unidades: Milímetros
Rug.				Pág. 18 de 47	



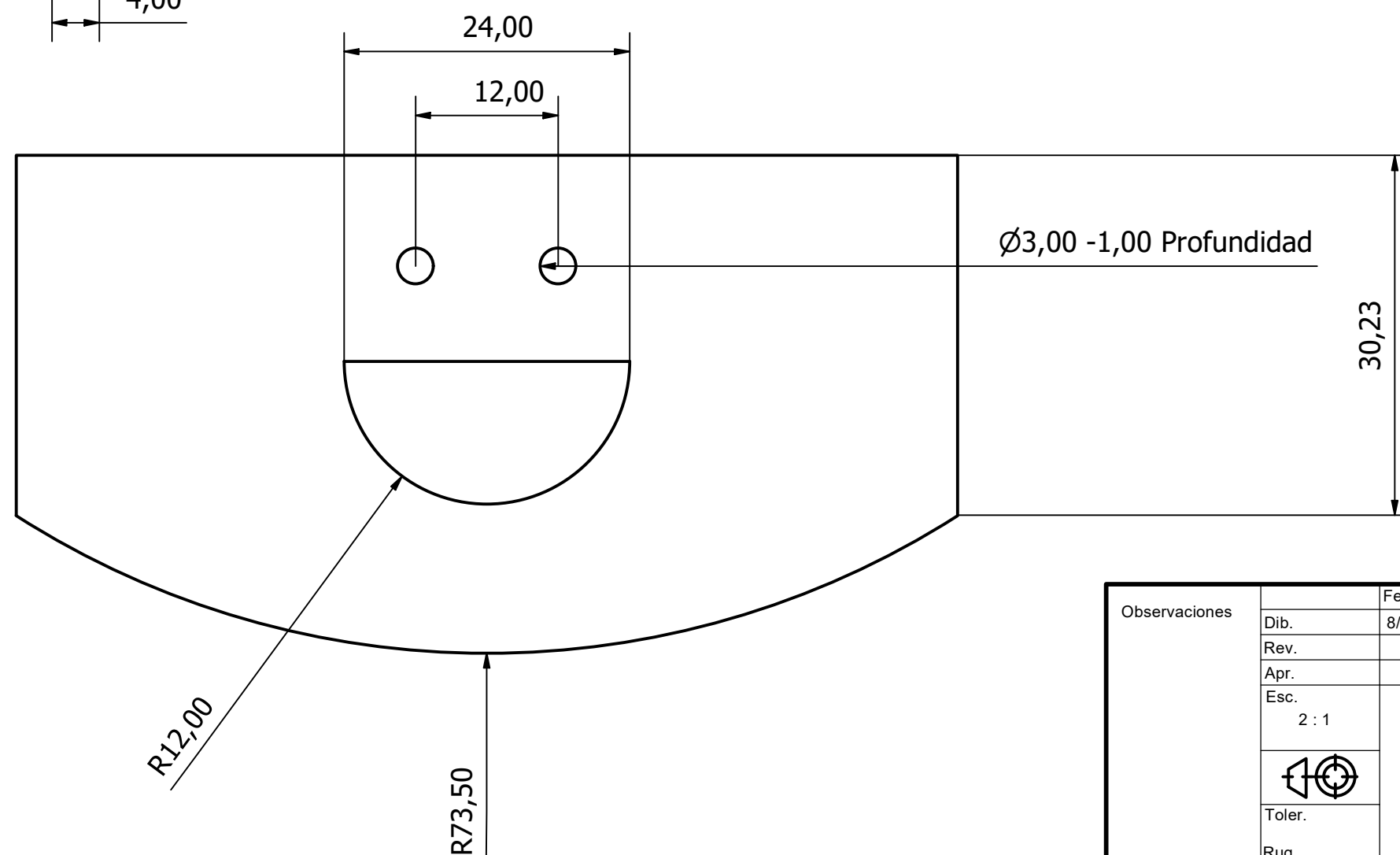
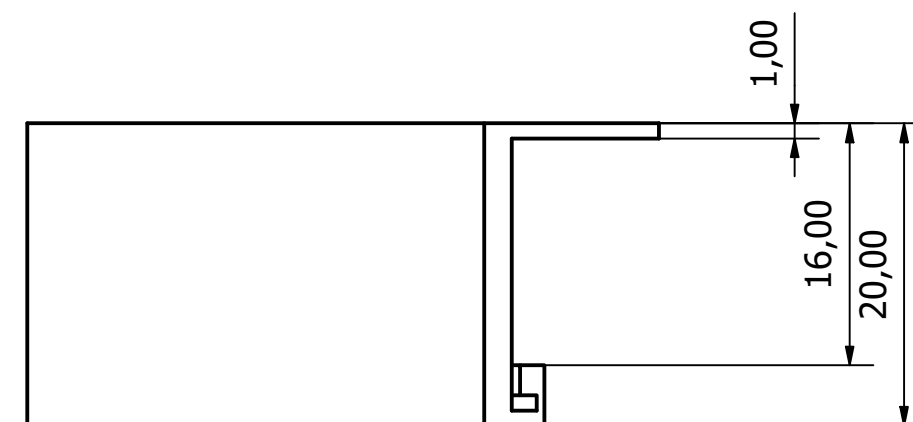
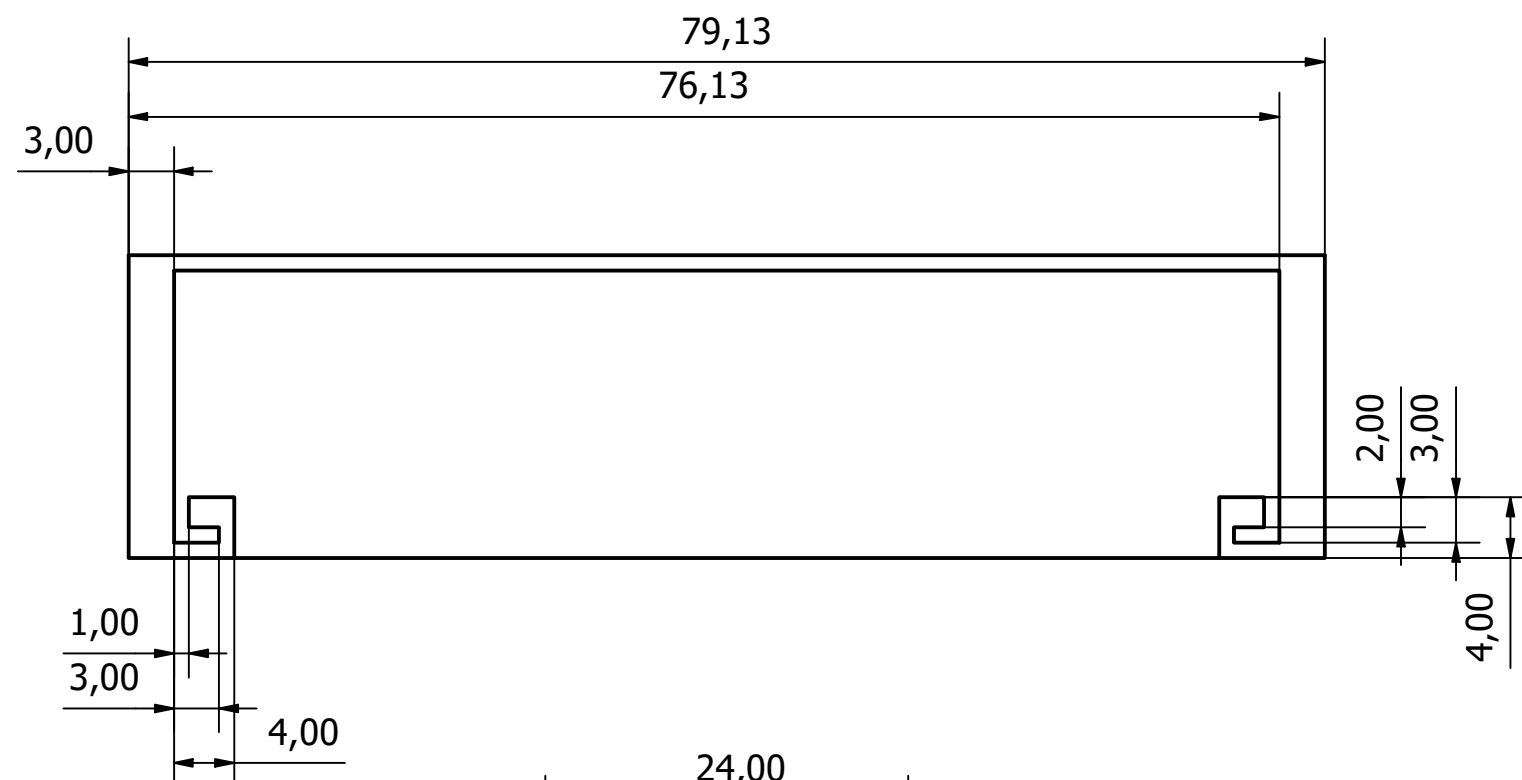
Observaciones		Fecha	Nombre	Caja porta engranajes	 FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS APLICADAS MECA - ELECTRONICAS I. N. P. N. I. T. I. C. A. N.
	Dib.	8/8/24	Marcos Ortega		
	Rev.				
	Apr.				
	Esc.	Estructura de transmisión			ABS
					
	Toler.				Unidades: Milímetros
	Rug.				Pág. 19 de 47



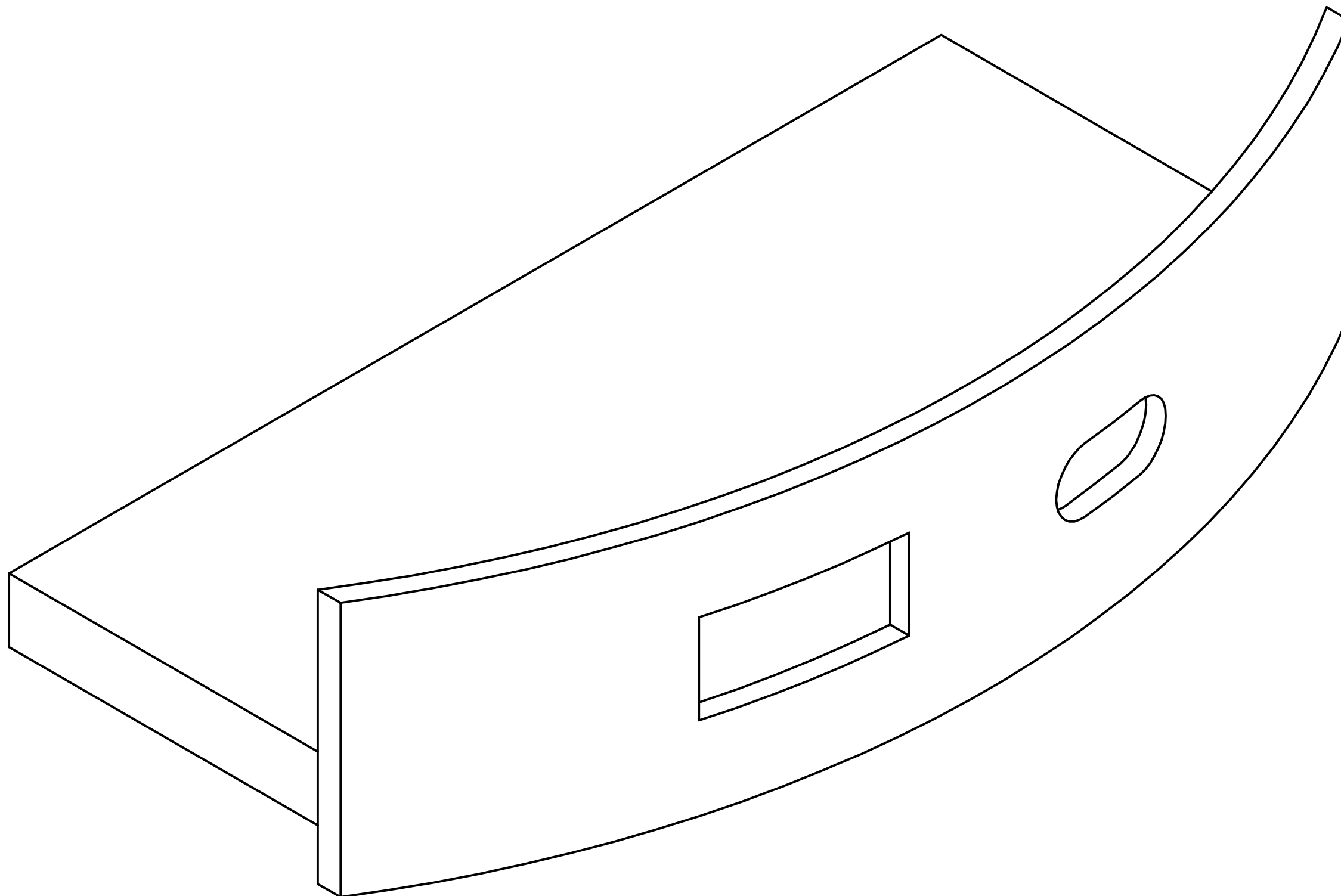
Observaciones		Fecha	Nombre	Caja porta engranajes	</
---------------	--	-------	--------	-----------------------	--



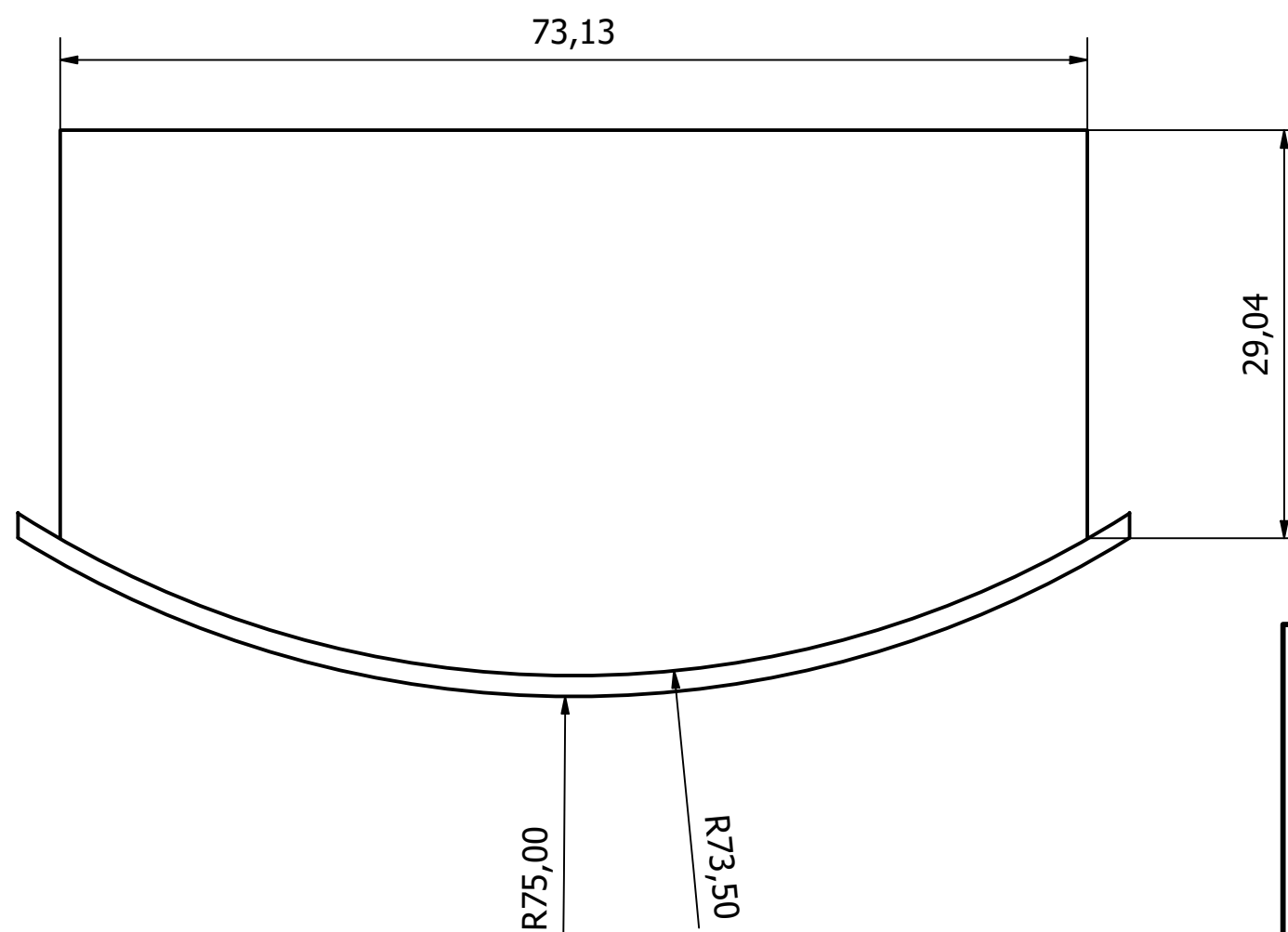
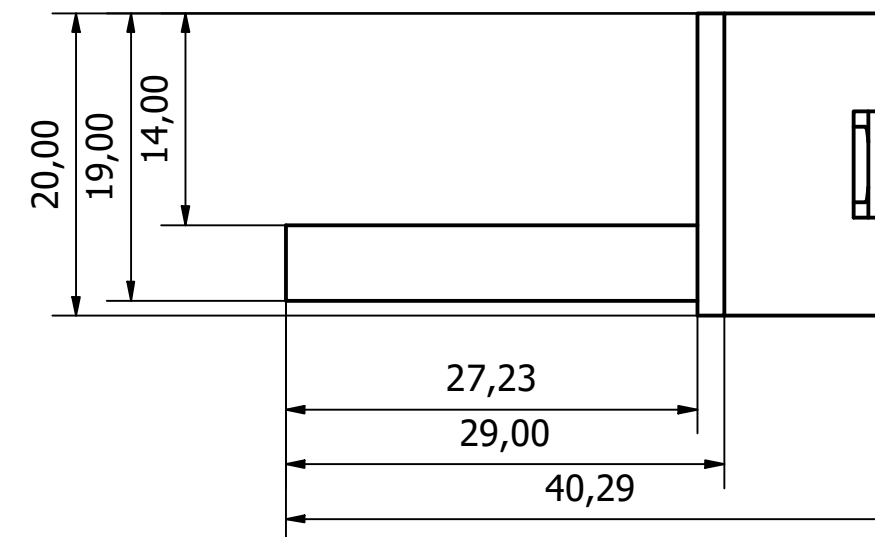
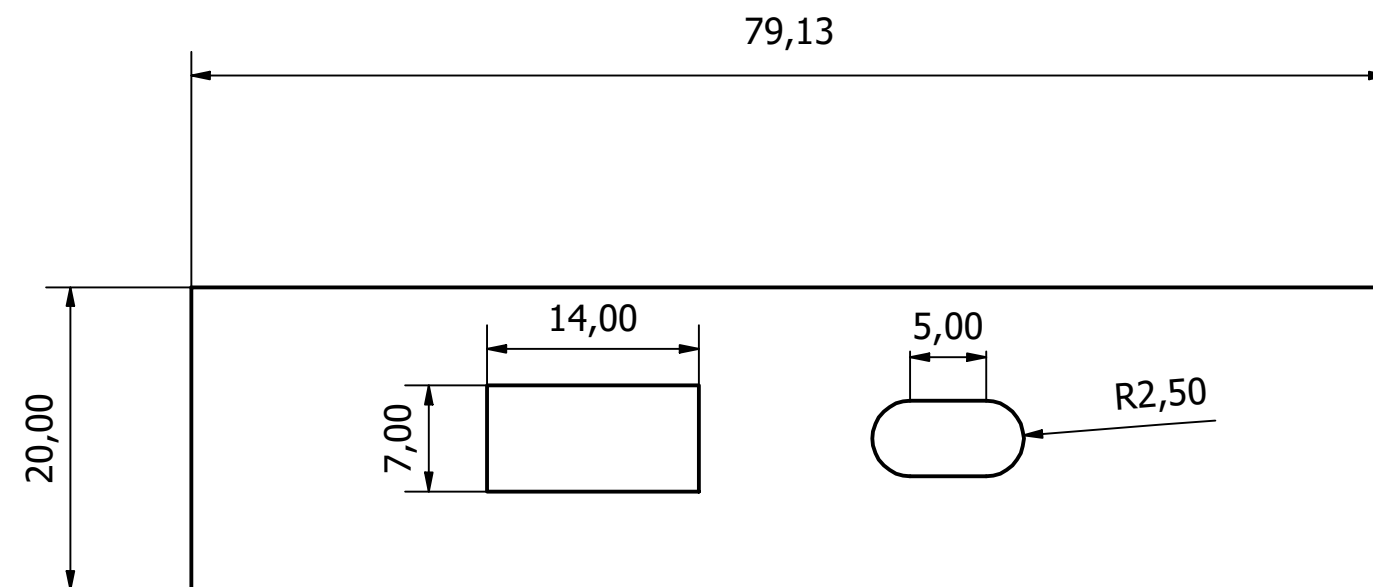
Observaciones		Fecha	Nombre	Porta circuito	 FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS APLICADAS MEGA - ELECTRONICAS U. P. U. P
---------------	--	-------	--------	----------------	---



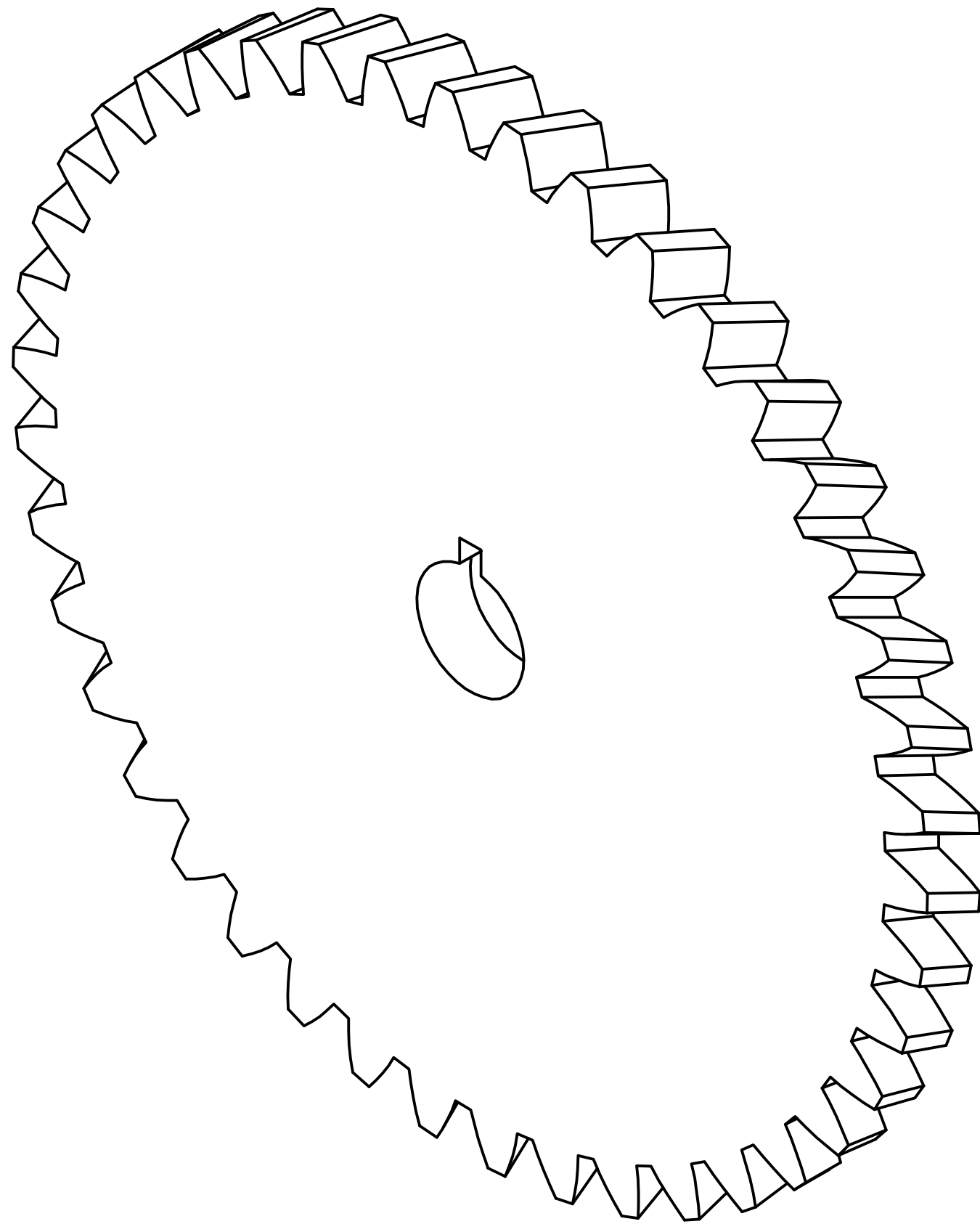
Observaciones		Fecha	Nombre	Porta circuito	 FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS APLICADAS MECA - ELECTRONICAS BO. 00
---------------	--	-------	--------	----------------	---



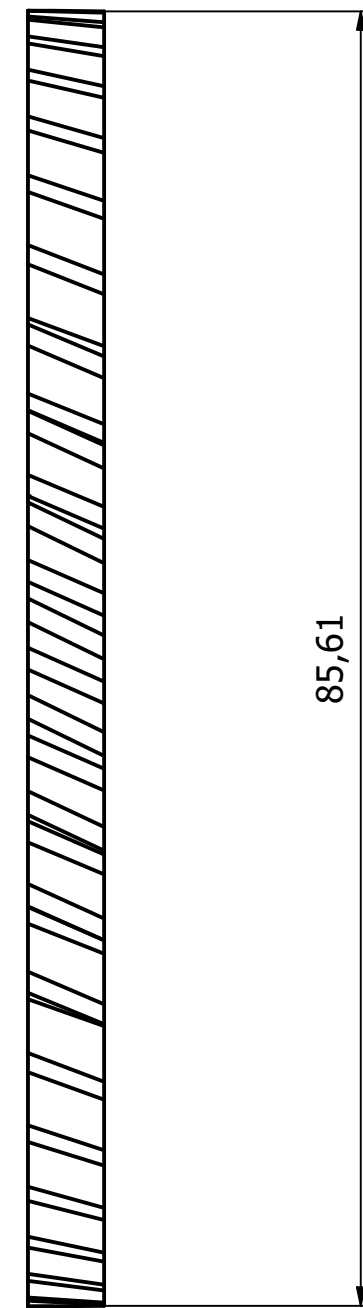
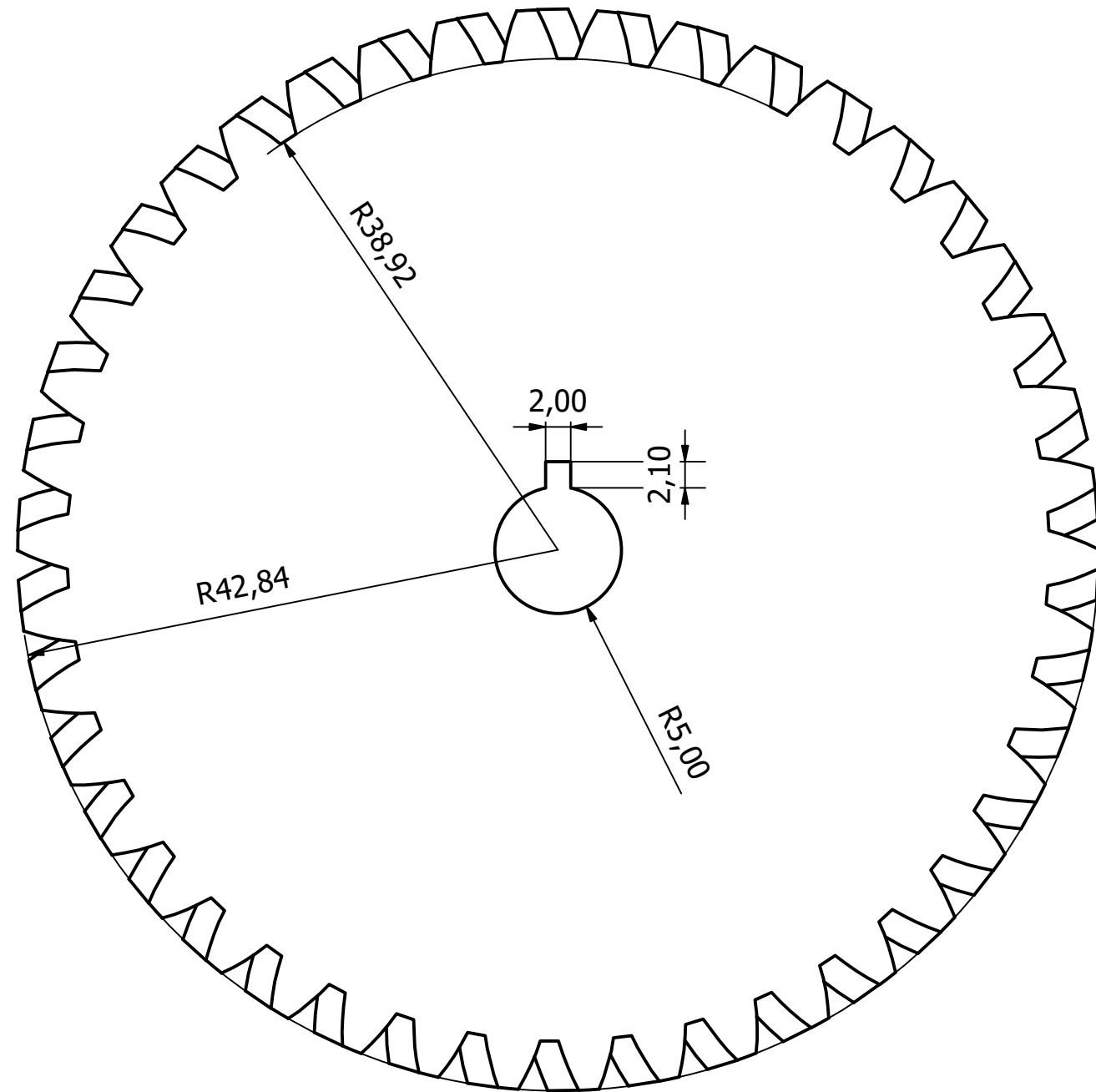
Observaciones		Fecha	Nombre	Tapa del porta circuito	FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS APLICADAS MECA - ELECTRONICAS BO. 000. 0
---------------	--	-------	--------	----------------------------	---



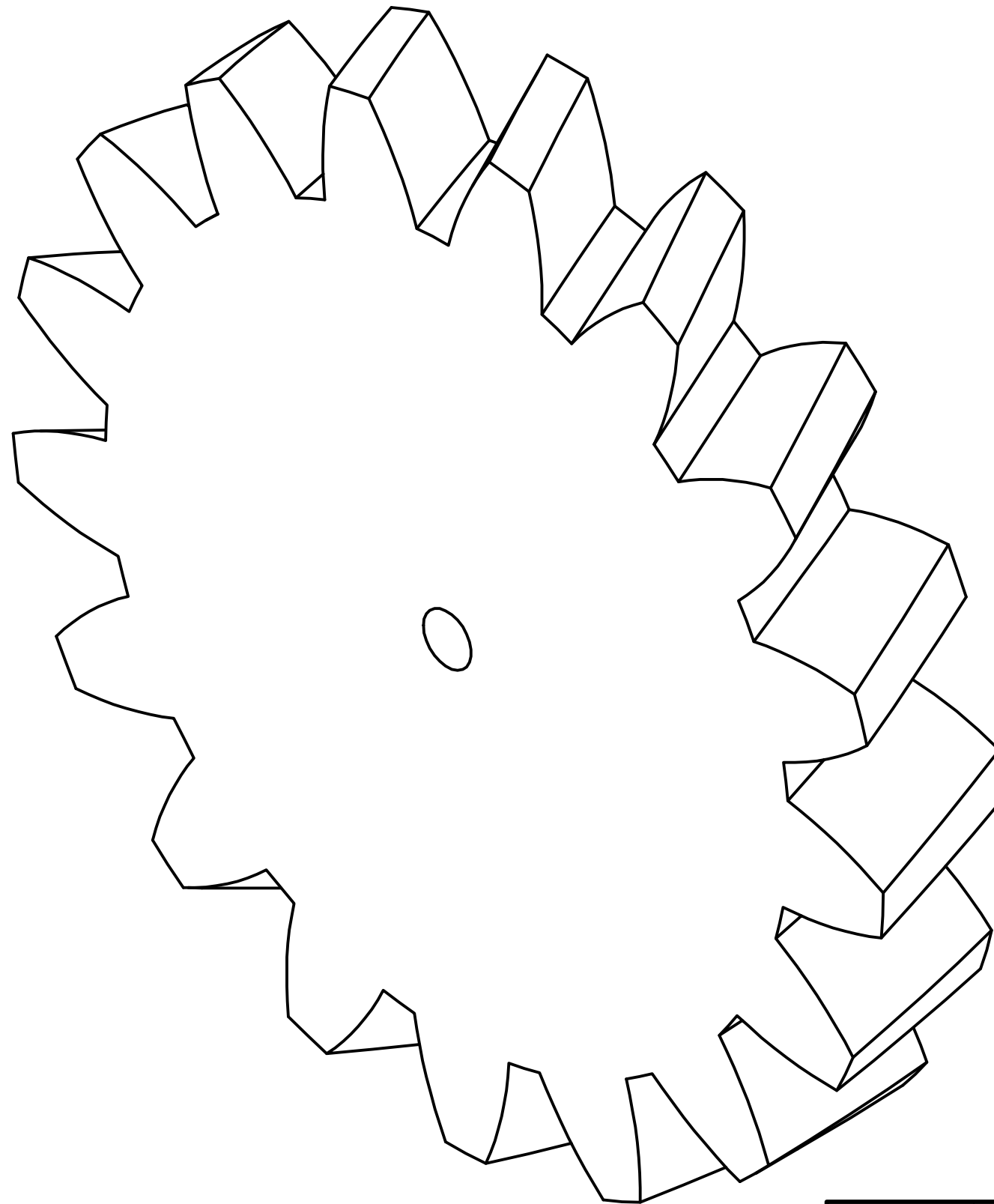
Observaciones		Fecha	Nombre	Tapa del porta circuito	
	Dib.	8/8/24	Marcos Ortega		
	Rev.				
	Apr.				
	Esc. 2: 1	Estructura de transmisión			ABS
	Unidades: Milímetros				
Toler.	Pág. 24 de 47				
Rug.					



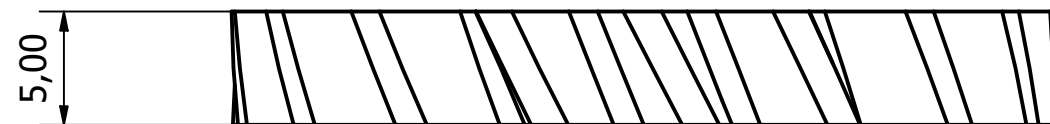
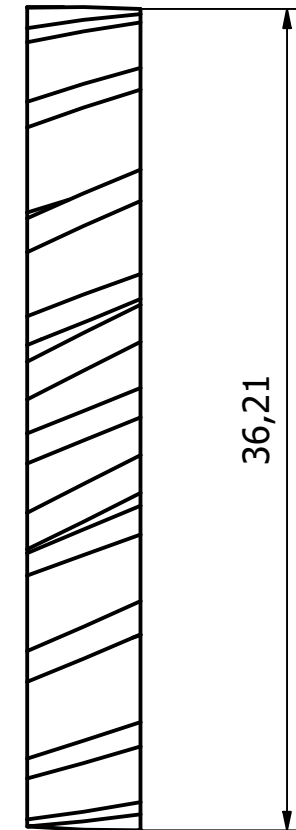
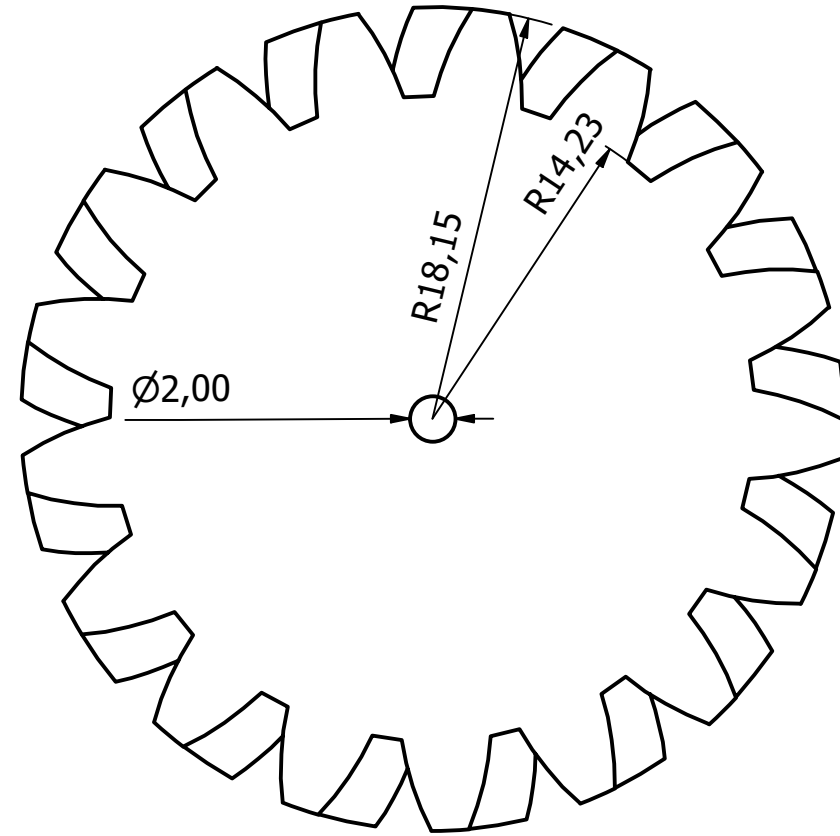
Observaciones		Fecha	Nombre	Corona	
	Dib.	8/8/24	Marcos Ortega		
	Rev.				
	Apr.				
	Esc.	Estructura de transmisión			Nylon
					Unidades: Milímetros
	Toler.				Pág. 25 de 47
Rug.					



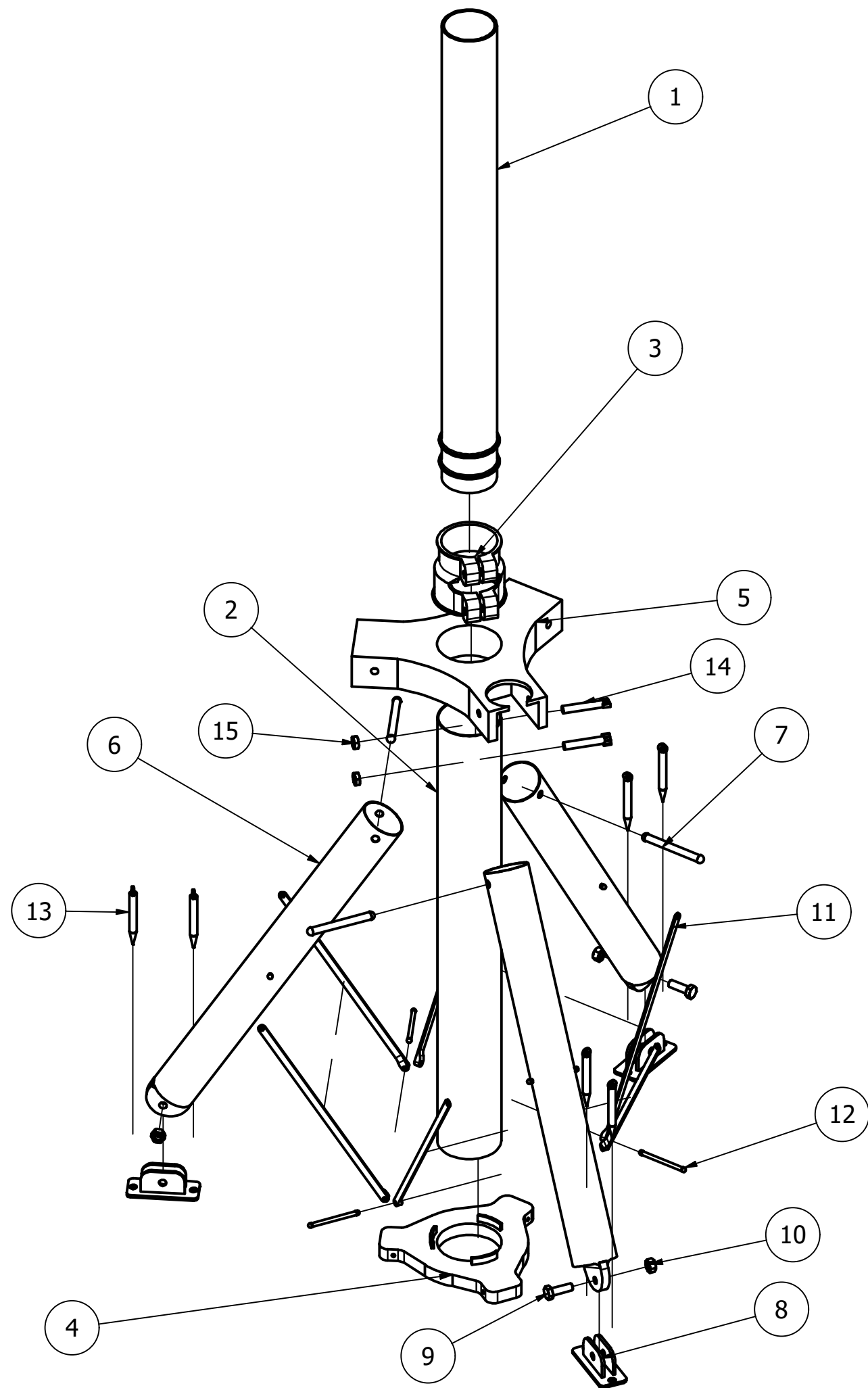
Observaciones		Fecha	Nombre	Corona	
	Dib.	8/8/24	Marcos Ortega		
	Rev.				
	Apr.				
	Esc.	Estructura de transmisión			Nylon
	2:1				
	Unidades: Milímetros				
Toler.					
Rug.				Pág. 26 de 47	



Observaciones		Fecha	Nombre	Piñón	 FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS APLICADAS MECA - ELECTRONICAS U. P. E. L. CHILE
	Dib.	8/8/24	Marcos Ortega		
	Rev.				
	Apr.				
	Esc.	Estructura de transmisión			Nylon
					Unidades: Milímetros
Toler.					
Rug.				Pág. 27 de 47	

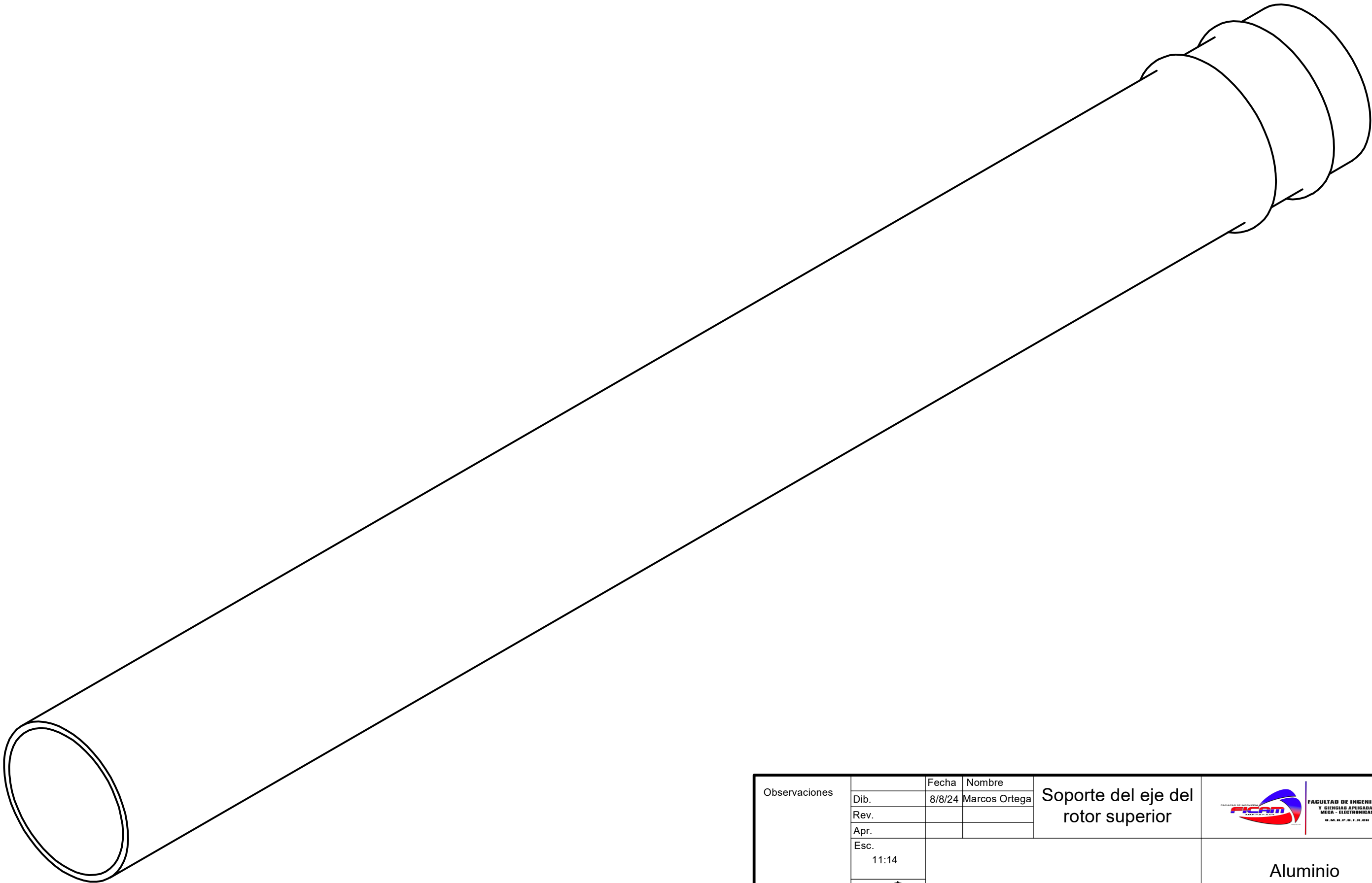


Observaciones		Fecha	Nombre	Piñón	
	Dib.	8/8/24	Marcos Ortega		
	Rev.				
	Apr.				
	Esc.	Estructura de transmisión			Nylon
					Unidades: Milímetros
	Toler.				
Rug.				Pág. 28 de 47	

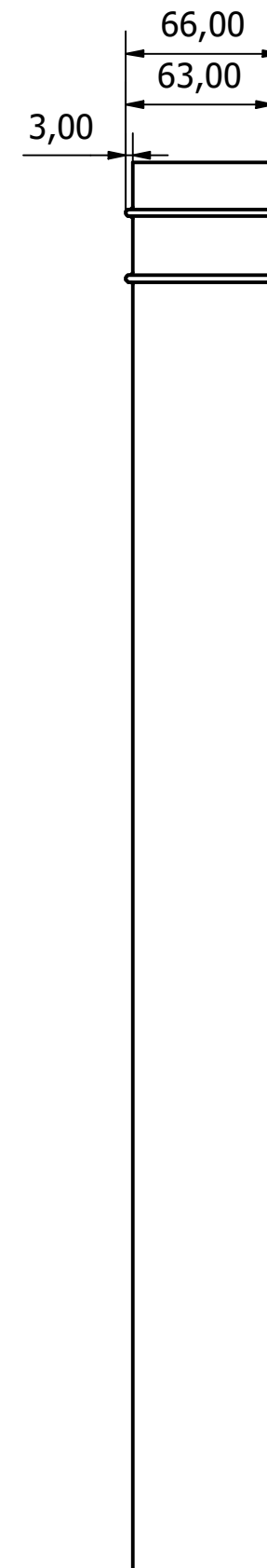
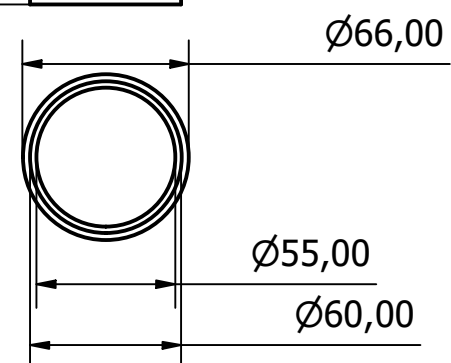
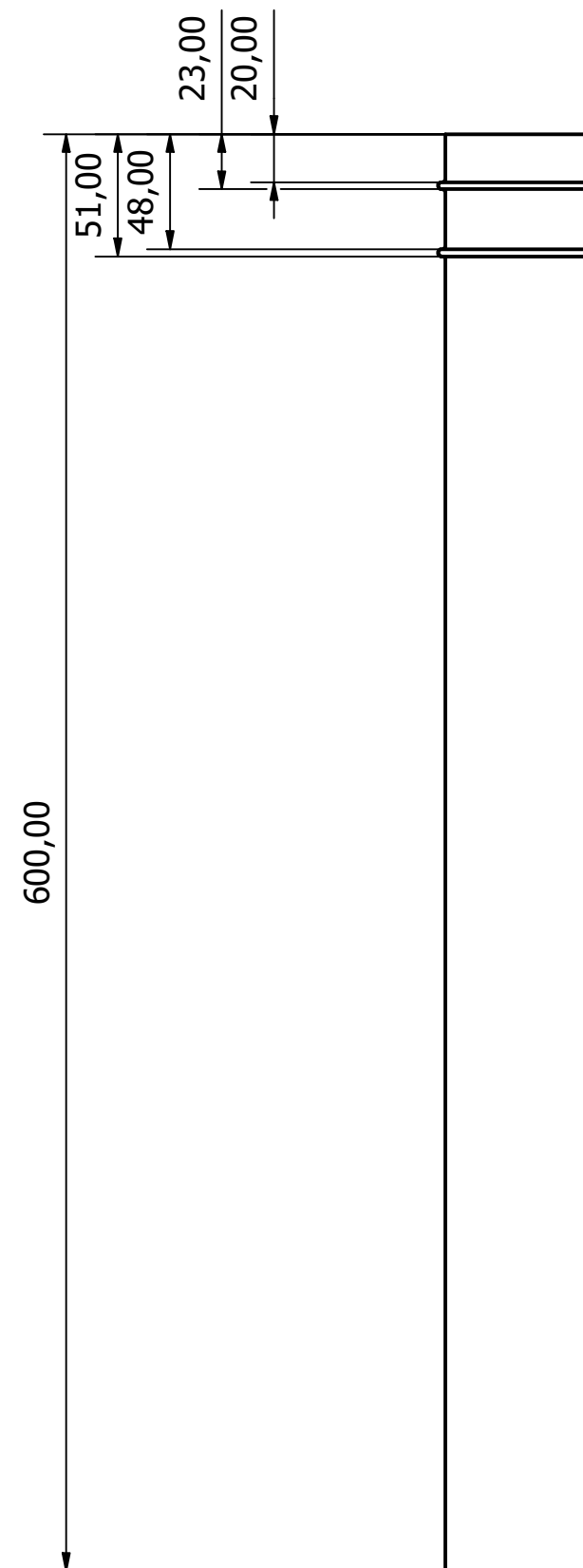


LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	1	Soporte del eje del rotor superior	
2	1	Soporte del eje del rotor inferior	
3	1	Ajustador de nivel	
4	1	Soporte del trípode inferior	
5	1	Soporte del trípode superior	
6	3	Patas del trípode	
7	3	REMACHE	
8	3	Empeine del anclaje	
9	3	AS 1110 - M8 x 25	Pernos y tornillos métricos ISO de precisión de cabeza hexagonal
10	3	AS 1112 - M8 Tipo 5	Tuercas hexagonales ISO métricas, incluidas tuercas delgadas, tuercas ranuradas y tuercas entalladas
11	6	Articulador del trípode	
12	6	REMACHE 2	
13	6	Ancla	
14	2	perno regulador	
15	2	AS 1112 - M8	Tuercas hexagonales ISO métricas, incluidas

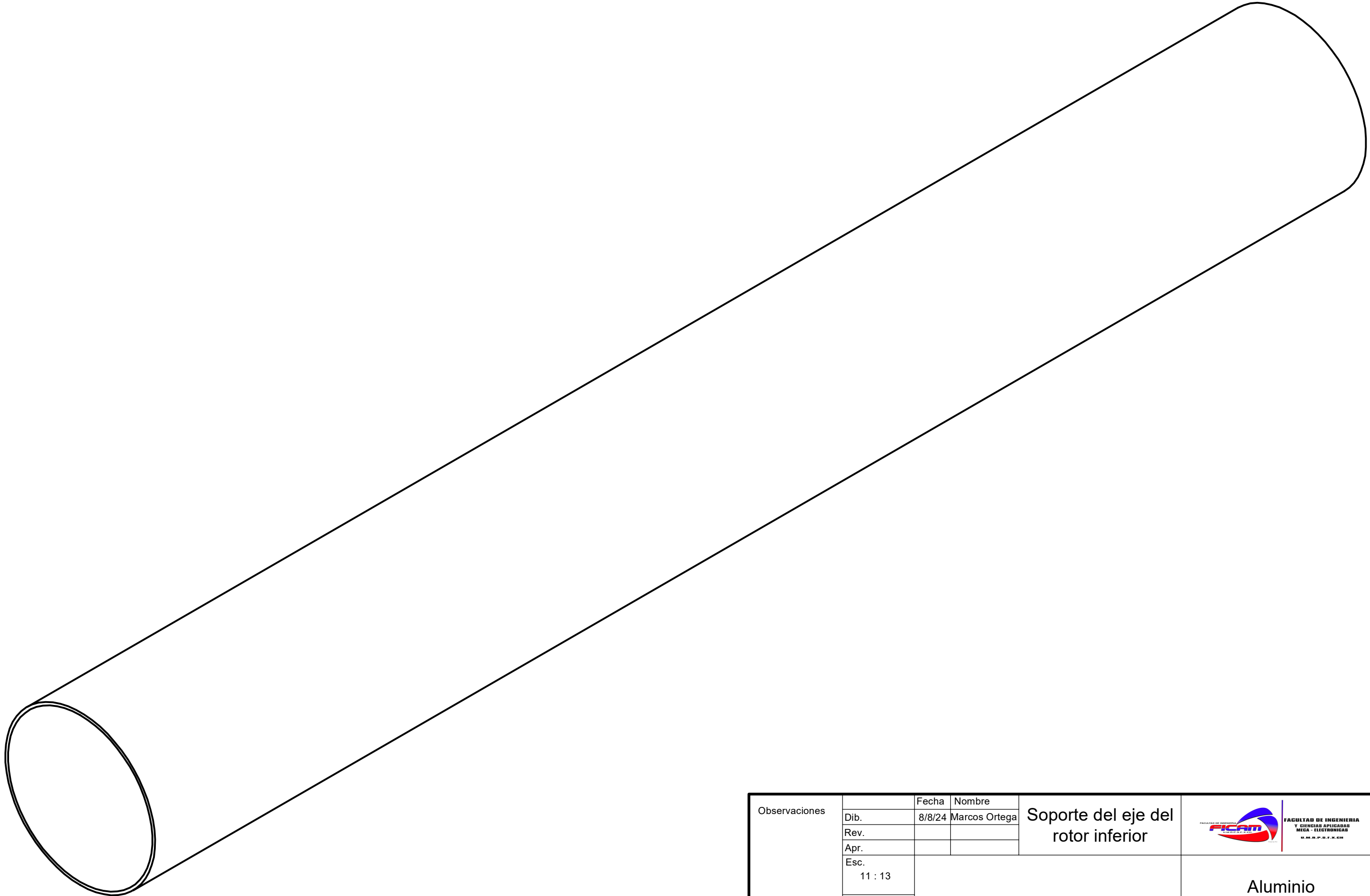
Observaciones		Fecha	Nombre	Despiece	
	Dib.	8/8/24	Marcos Ortega		
	Rev.				
	Apr.				
	Esc.	Estructura de apoyo			Aluminio
					Unidades: Milímetros
	Toler.				
Rug.	Pág. 29 de 47				



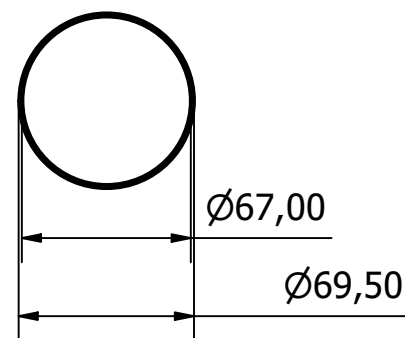
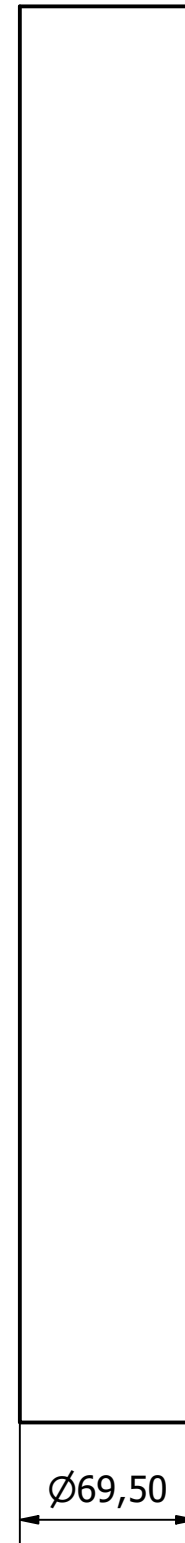
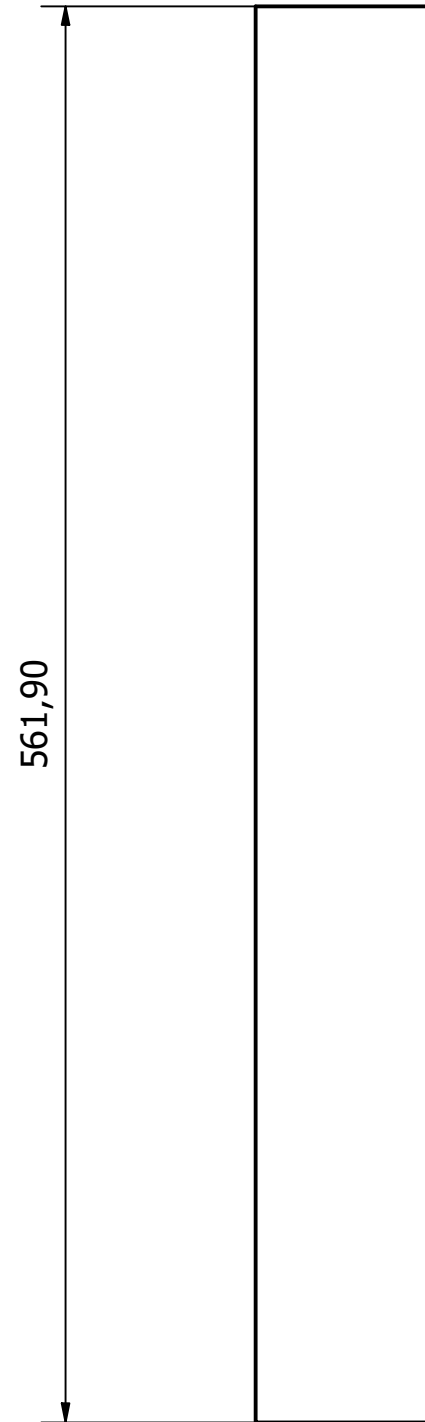
Observaciones		Fecha	Nombre	Soporte del eje del rotor superior	
	Dib.	8/8/24	Marcos Ortega		
	Rev.				FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS APLICADAS MECA - ELECTRONICAS I. M. R. P. S. F. R. C. H.
	Apr.				
	Esc.	Estructura de apoyo			Aluminio
	11:14				
					Unidades: Milímetros
	Toler.				
	Rug.				Pág. 30 de 47



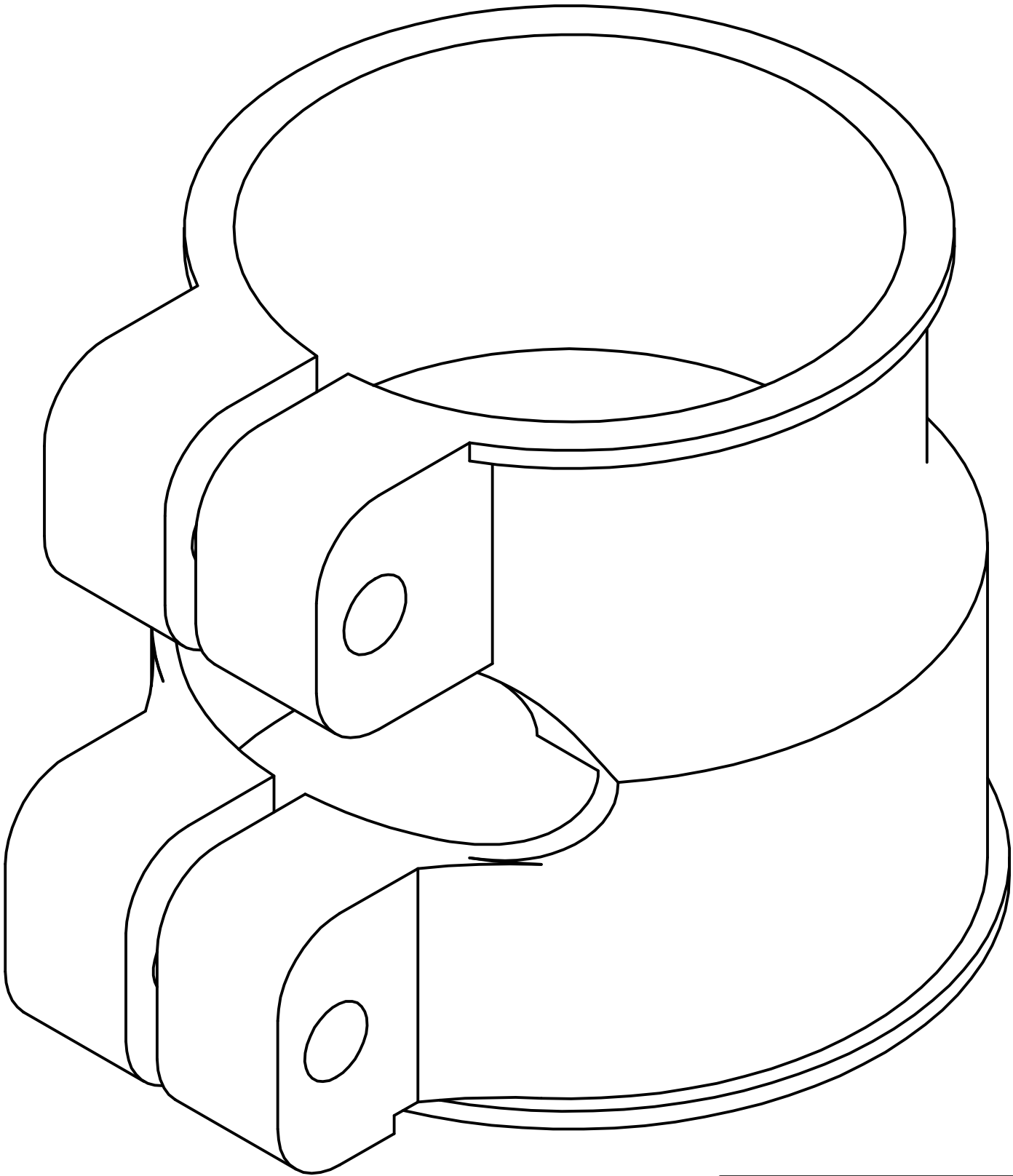
Observaciones		Fecha	Nombre	Soporte del eje del rotor superior	 FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS APLICADAS MECA - ELECTRONICAS BO. 86. 86. 37. 31. 5. 36. 32H
	Dib.	8/8/24	Marcos Ortega		
	Rev.				
	Apr.				
	Esc.	Estructura de apoyo			
	Unidades: Milímetros				
Toler.	Pág. 31 de 47				
Rug.					



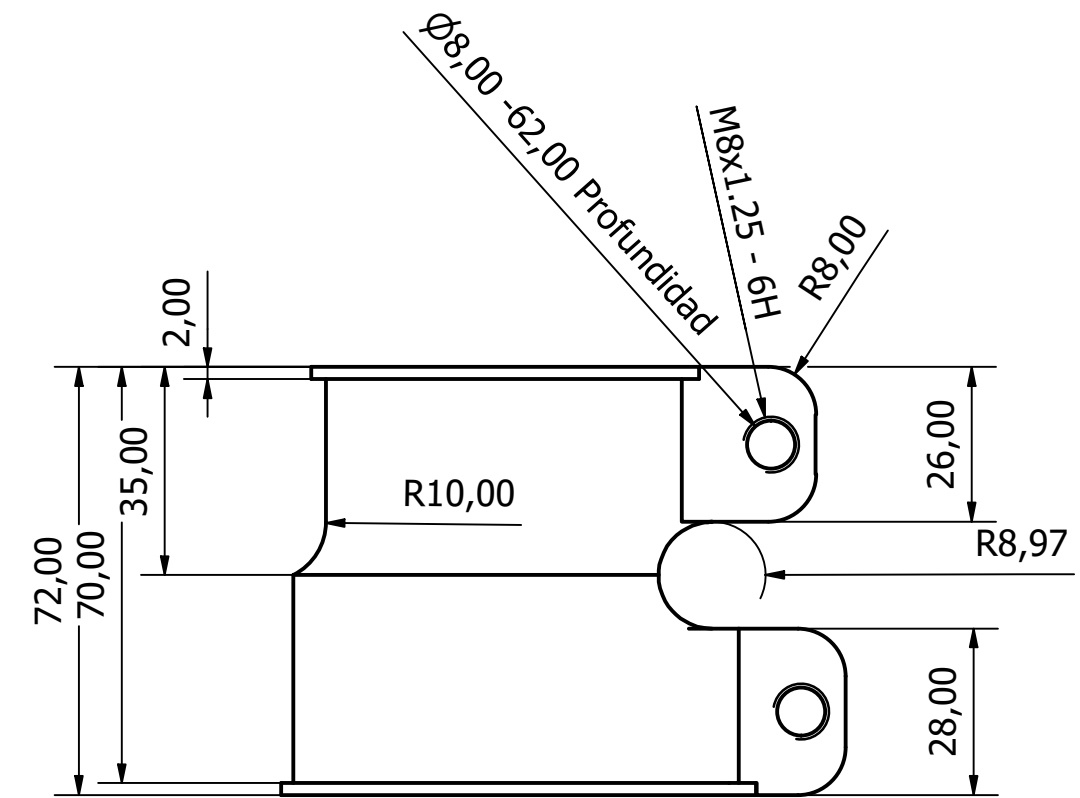
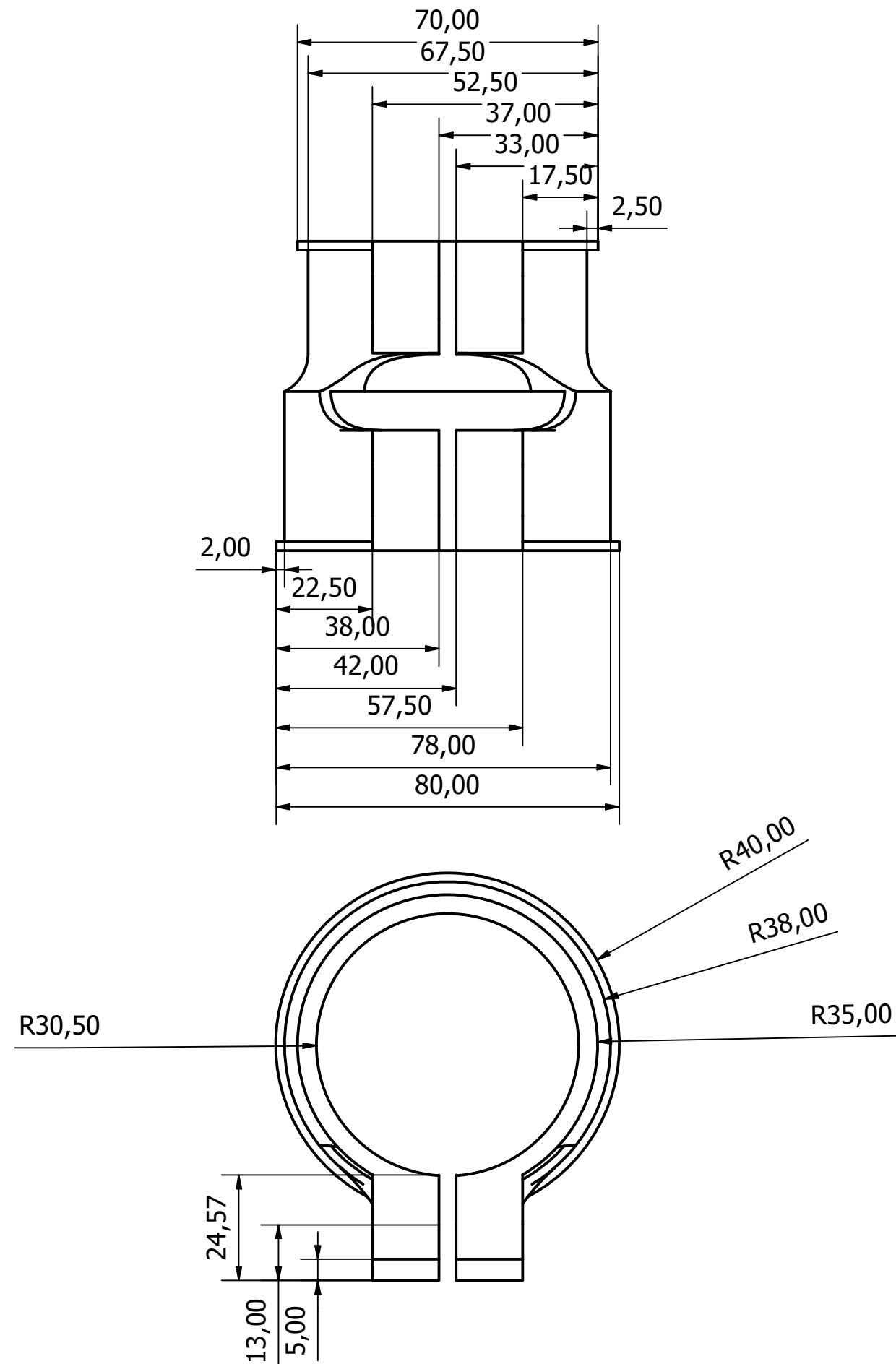
Observaciones		Fecha	Nombre	Soporte del eje del rotor inferior	
	Dib.	8/8/24	Marcos Ortega		
	Rev.				FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS APLICADAS MECA - ELECTRONICAS U.N.A.M. - P. S. I. C. H.
	Apr.				
	Esc.	Estructura de apoyo			Aluminio
	11 : 13				
					Unidades: Milímetros
	Toler.				
	Rug.				Pág. 32 de 47



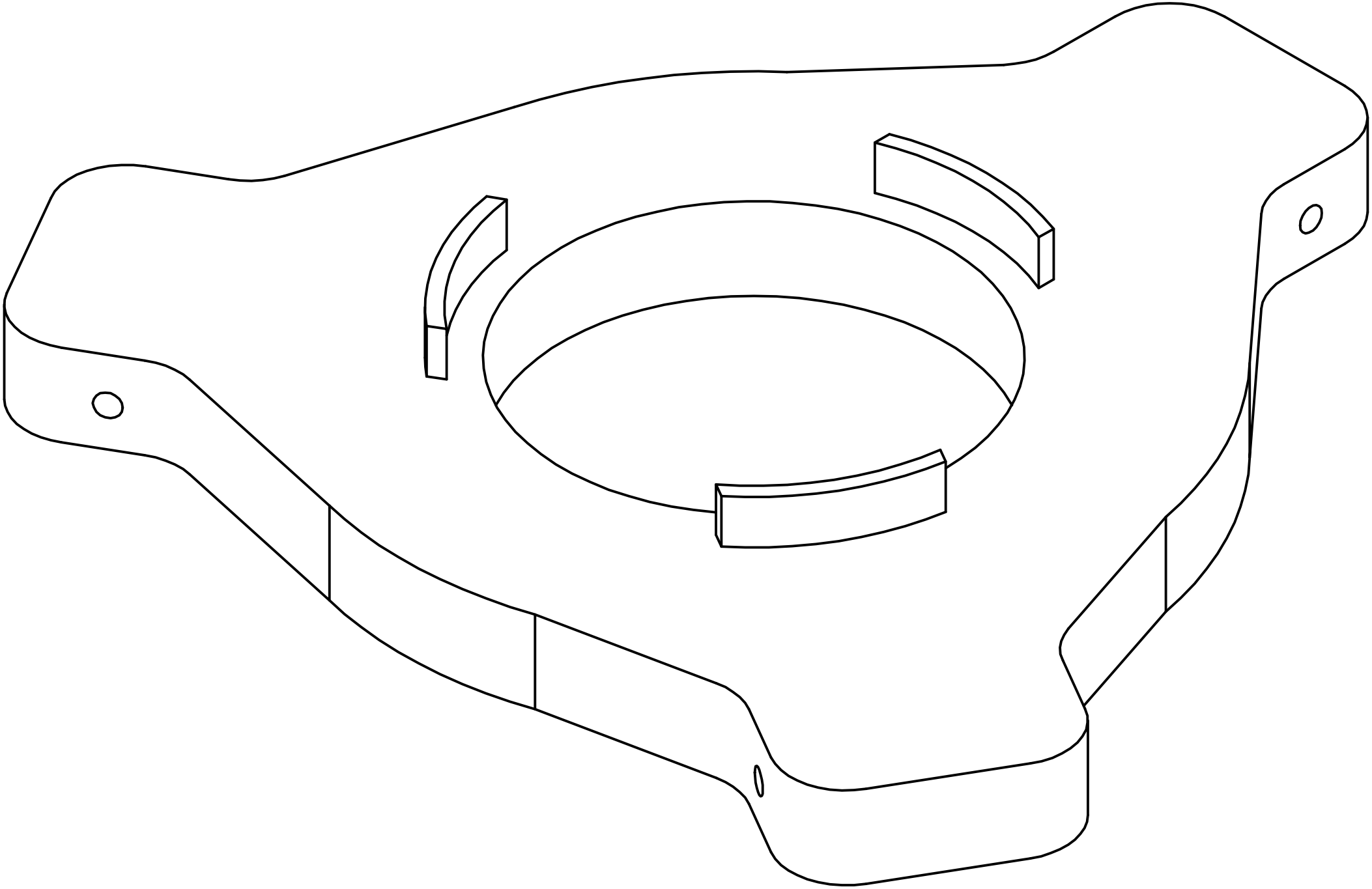
Observaciones		Fecha	Nombre	Soporte del eje del rotor inferior		
	Dib.	8/8/24	Marcos Ortega			
	Rev.					
	Apr.			Aluminio		
	Esc.	1 : 3				
		Estructura de apoyo		Unidades: Milímetros		
	Toler.			Pág. 33 de 47		
	Rug.					



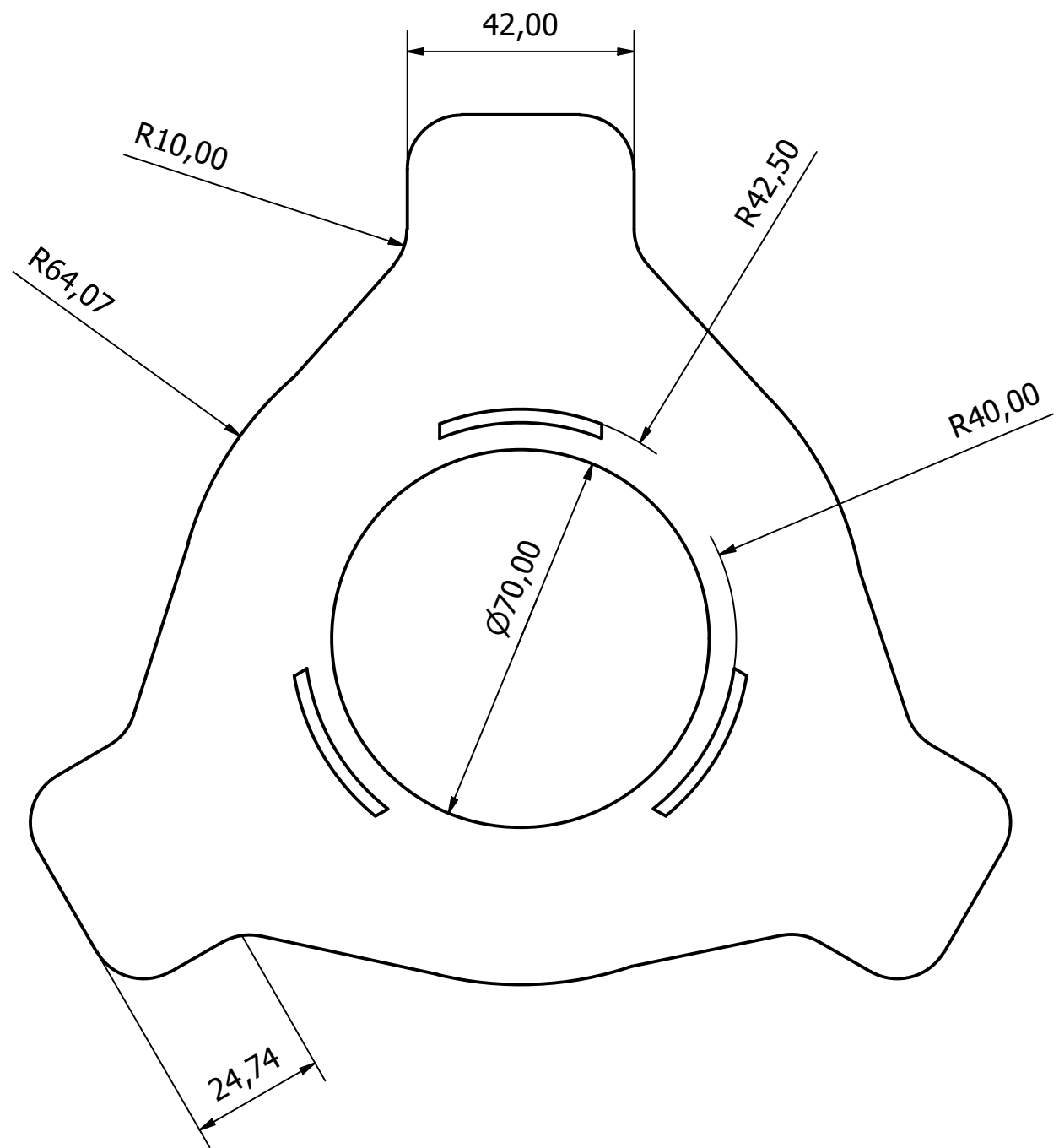
Observaciones		Fecha	Nombre	Ajustador de nivel	
	Dib.	8/8/24	Marcos Ortega		
	Rev.				
	Apr.				
Esc.	Estructura de apoyo				ABS
2 : 1					
					
Toler.					Unidades: Milímetros
Rug.					



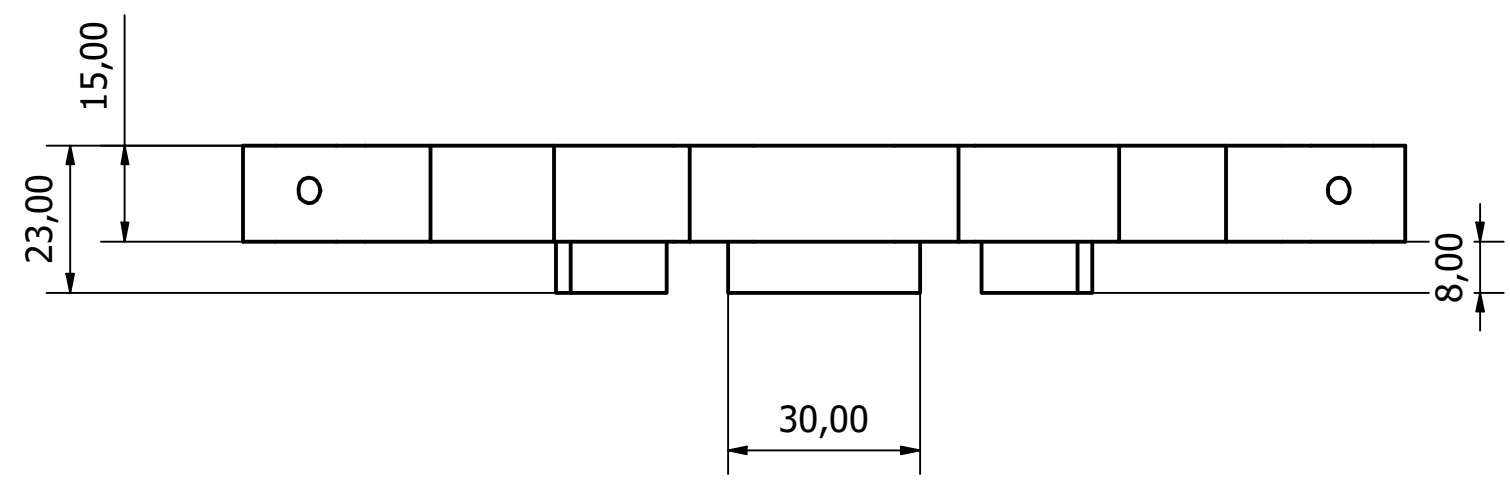
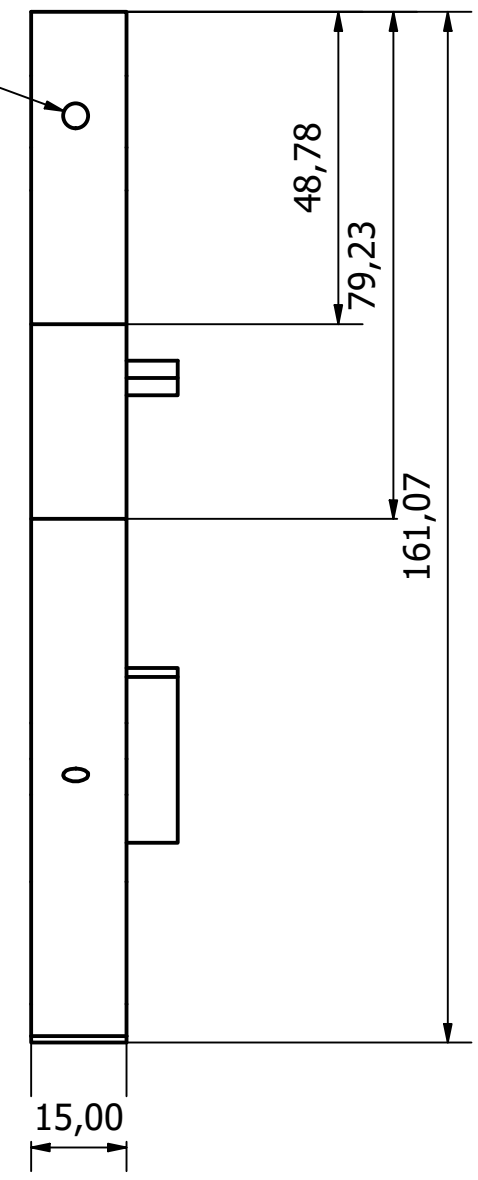
Observaciones		Fecha	Nombre	Ajustador de nivel	FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS MECA - ELECTRONICA BO. 001. 00. 00. 00. 00. 00. 00. 00
	Dib.	8/8/24	Marcos Ortega		
	Rev.				
	Apr.				
	Esc.	Estructura de apoyo			ABS
	11:14				
Toler.					
Rug.				Pág. 35 de 47	



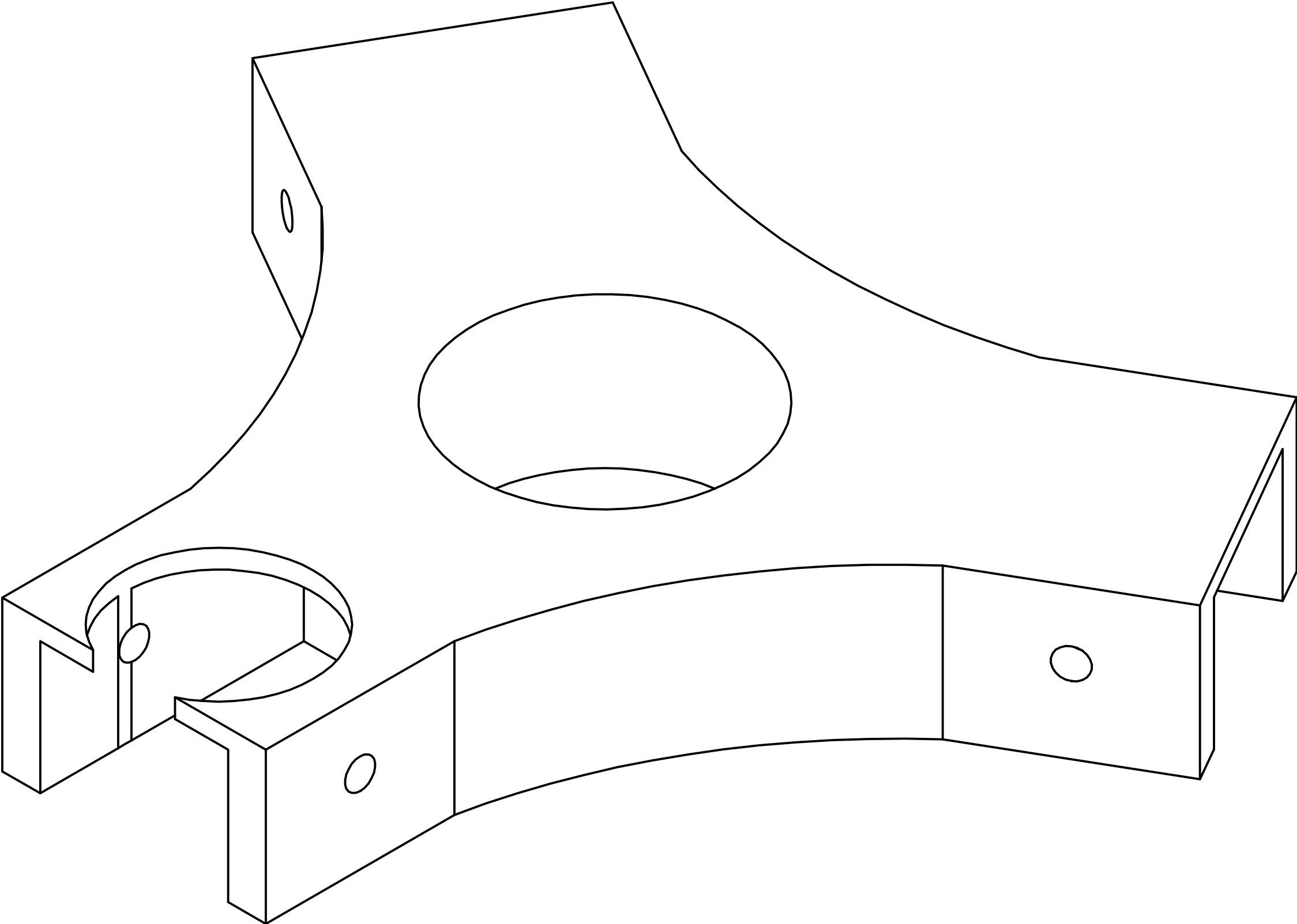
Observaciones		Fecha	Nombre	Soporte del trípode inferior	
	Dib.	8/8/24	Marcos Ortega		
	Rev.				
	Apr.				
Esc.	11 : 7	Estructura de apoyo			Nylon
					
Toler.	Unidades: Milímetros				
Rug.	Pág. 36 de 47				



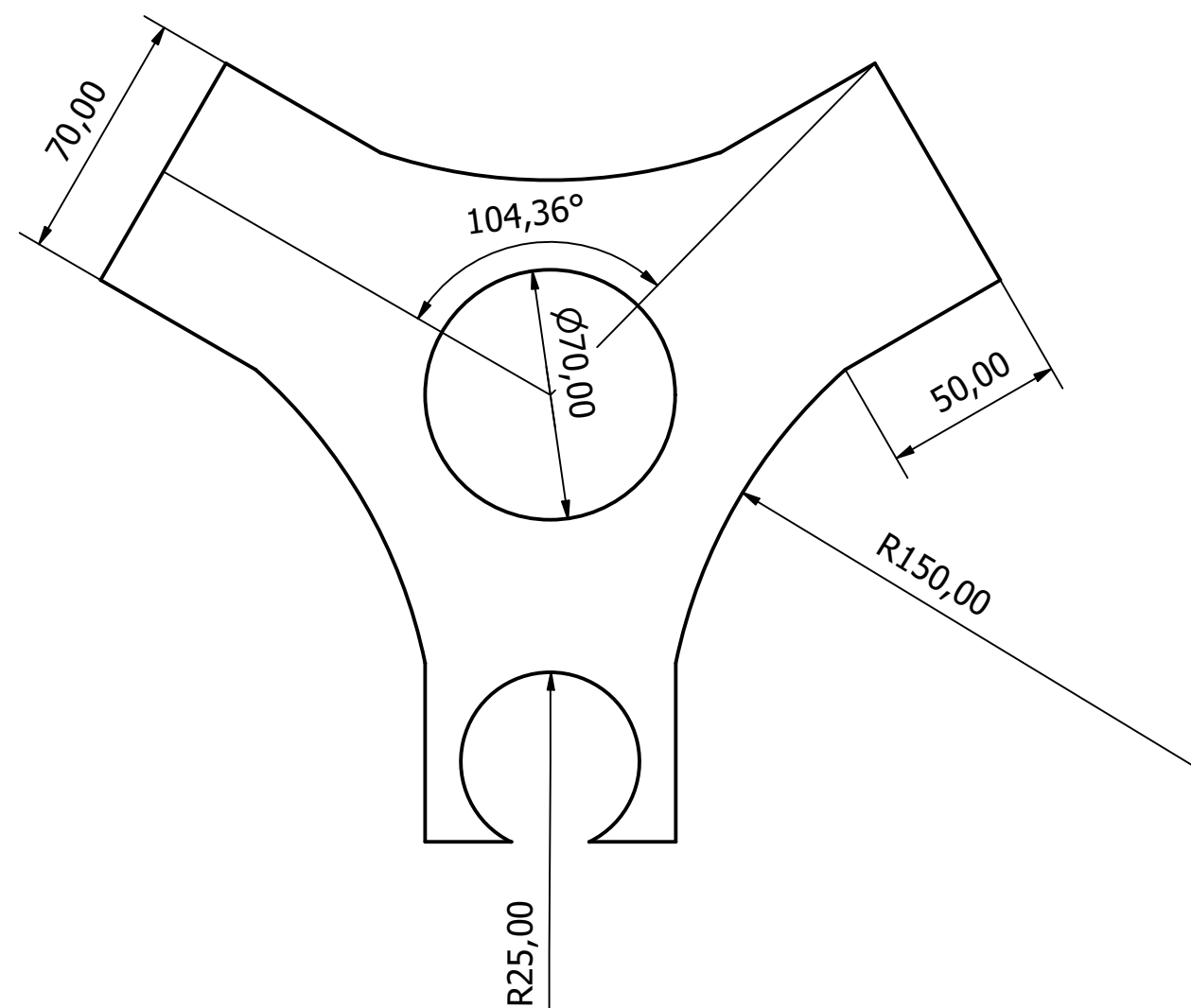
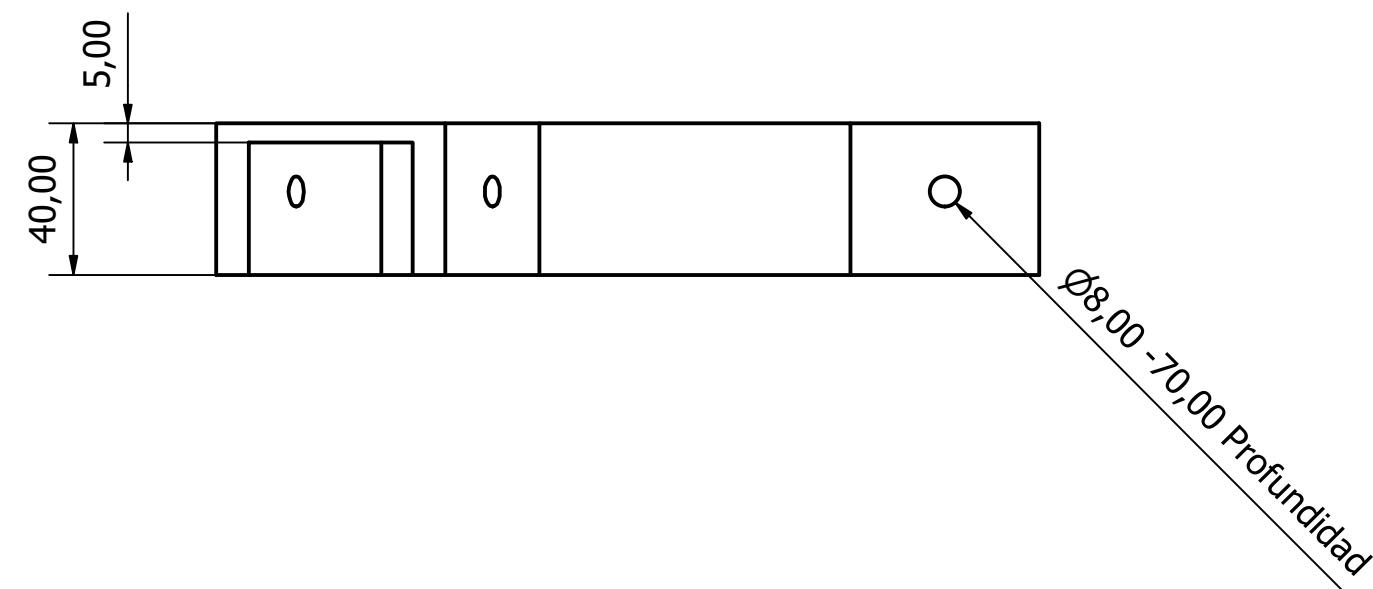
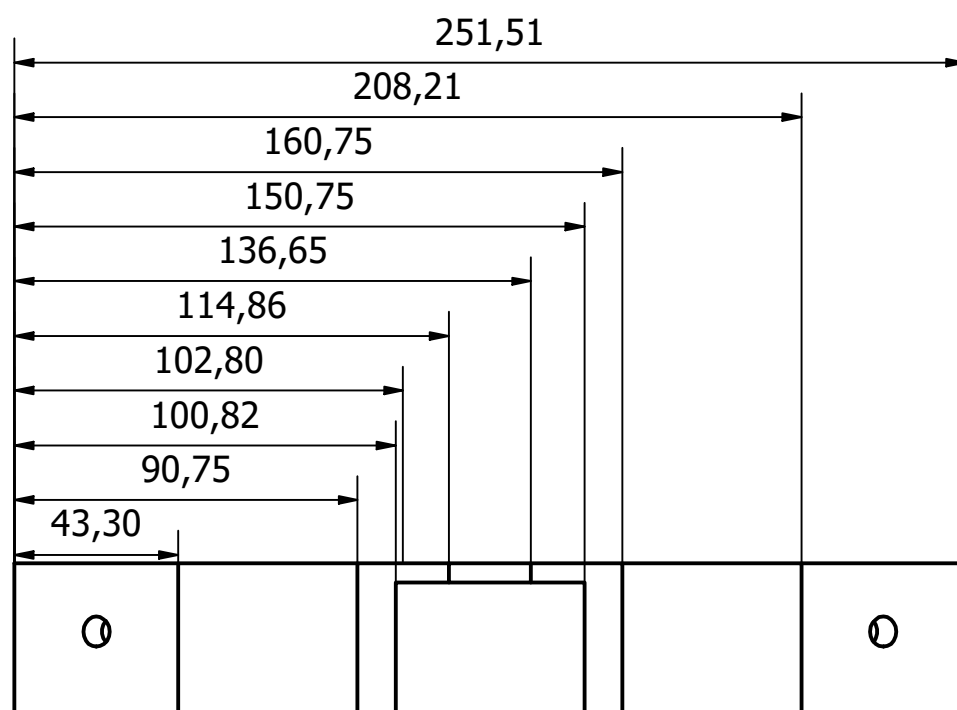
Ø4,00 -42,00 Profundidad



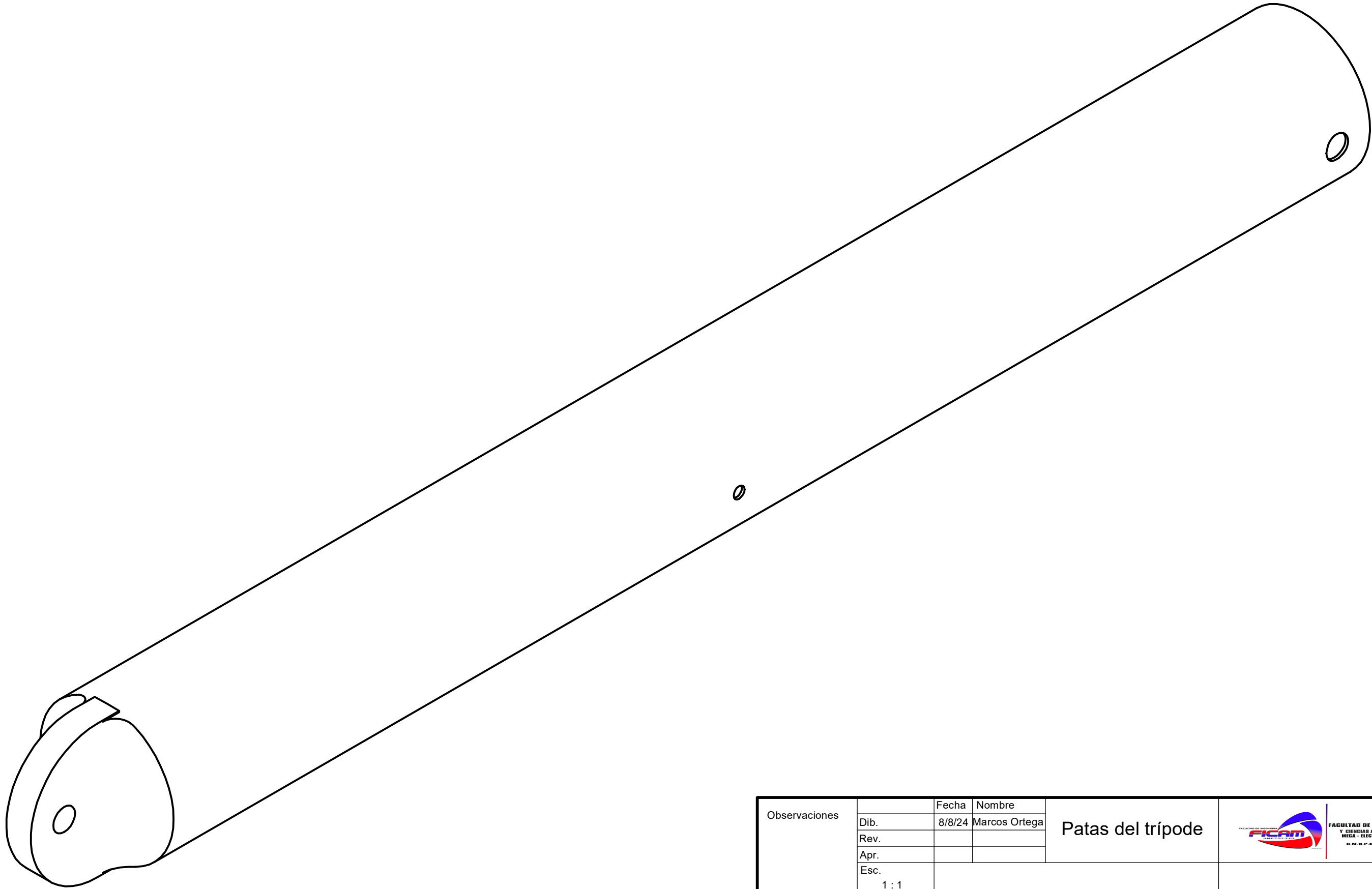
Observaciones		Fecha	Nombre	Soporte del trípode inferior			
	Dib.	8/8/24	Marcos Ortega				
	Rev.						
	Apr.						
	Esc.	Estructura de apoyo			Nylon		
	11 : 13						
					Unidades: Milímetros		
Toler.							
Rug.				Pág. 37 de 47			



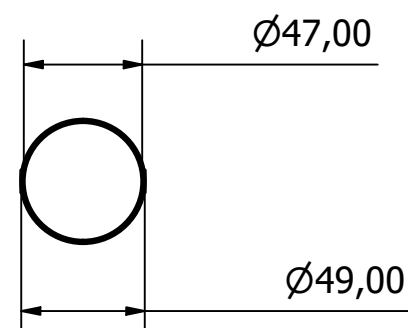
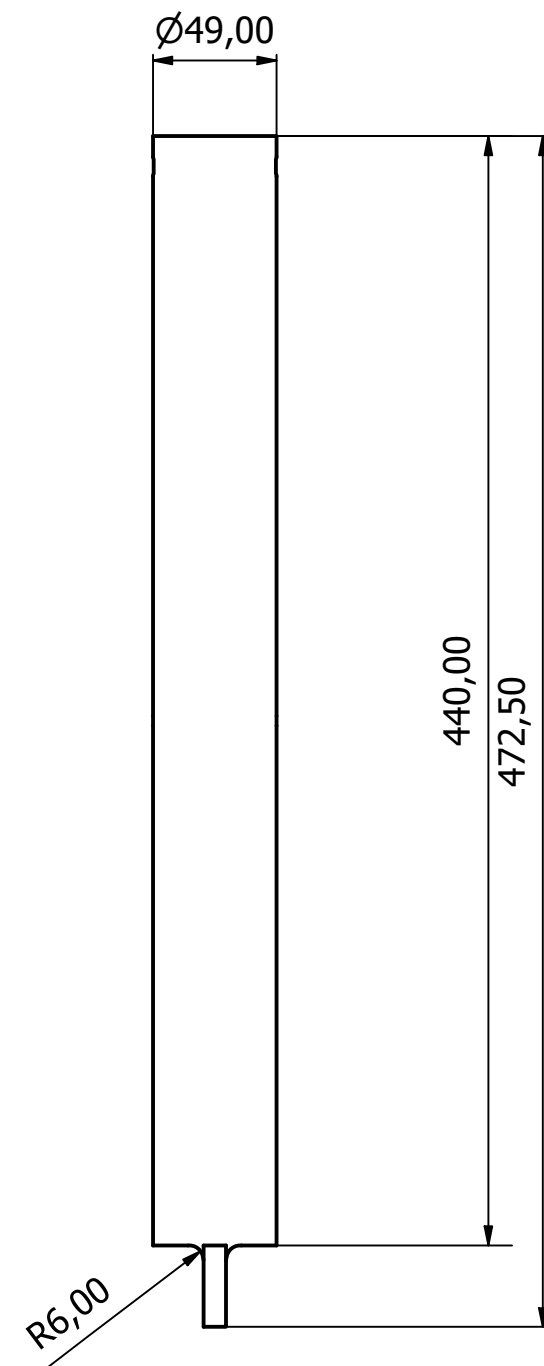
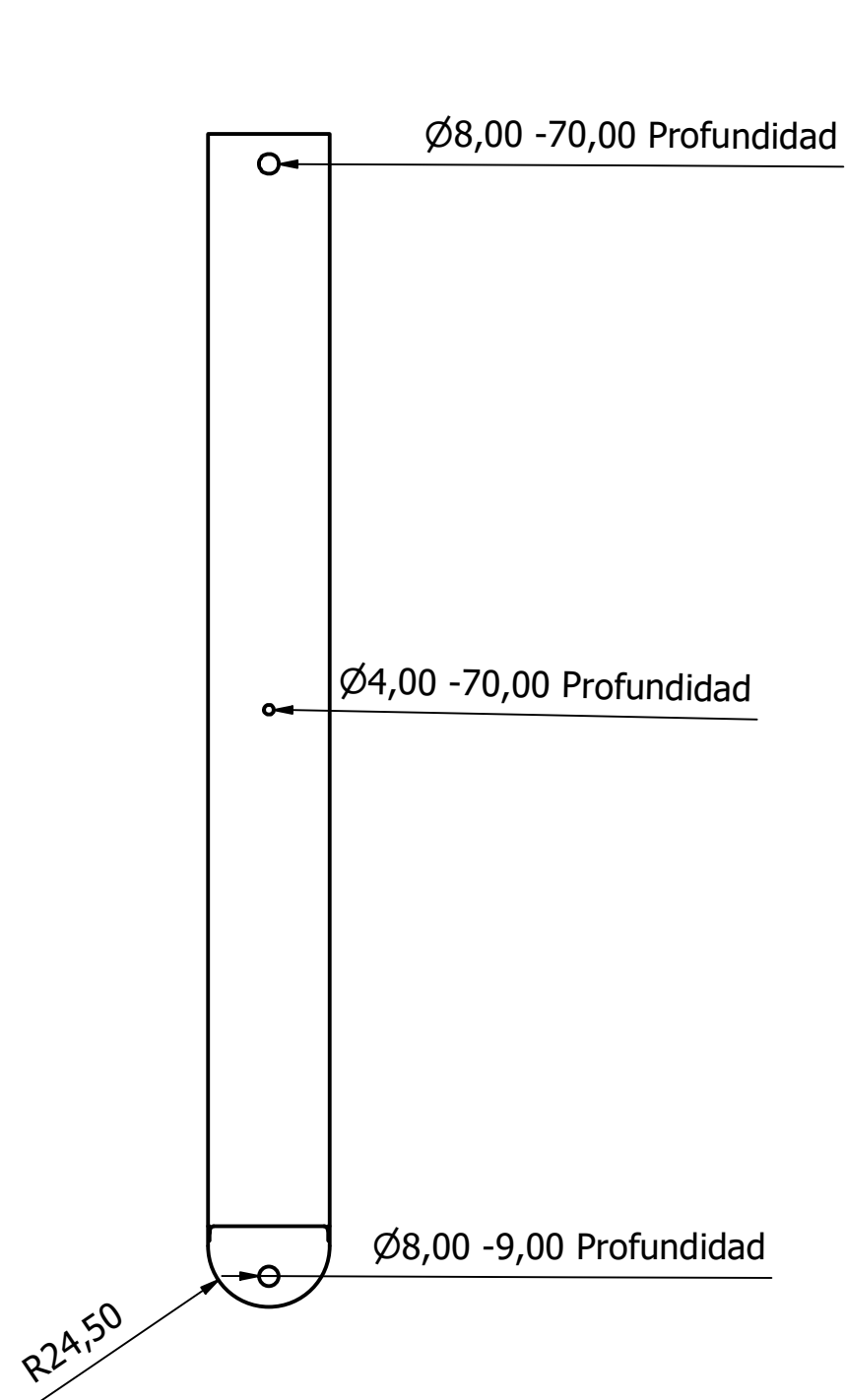
Observaciones		Fecha	Nombre	Soporte del trípode superior		
	Dib.	8/8/24	Marcos Ortega			
	Rev.					
	Apr.					
	Esc. 11:9	Estructura de apoyo			ABS	
						
Toler.	Unidades: Milímetros					
Rug.					Pág. 38 de 47	



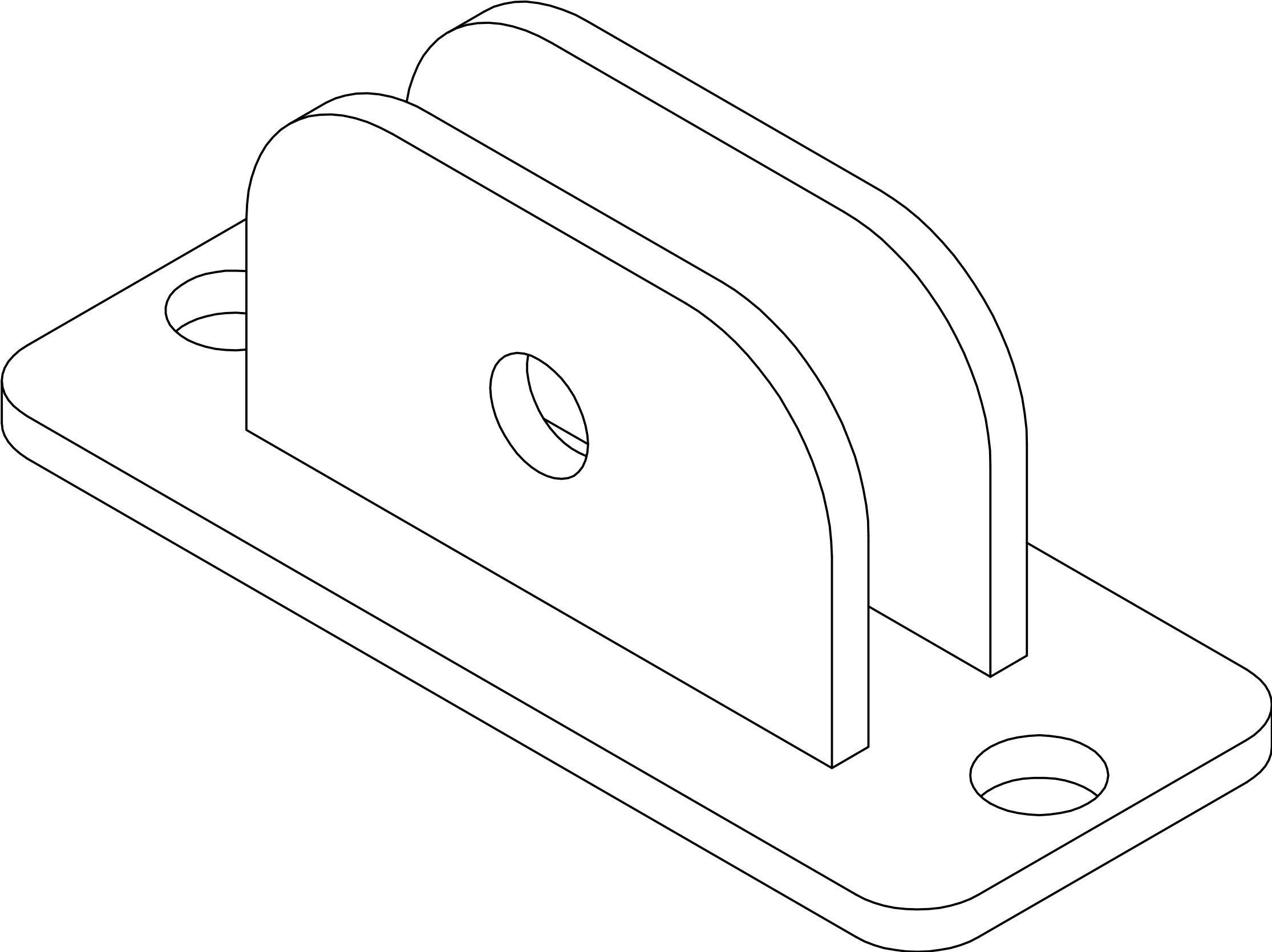
Observaciones		Fecha	Nombre	Soporte del trípode superior	 FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS APLICADAS MEGA - ELECTRONICAS BO. 000.000.001.001.001.001.001
	Dib.	8/8/24	Marcos Ortega		
	Rev.				
	Apr.				
	Esc.	Estructura de apoyo			ABS
					Unidades: Milímetros
	Toler.				
Rug.	Pág. 39 de 47				



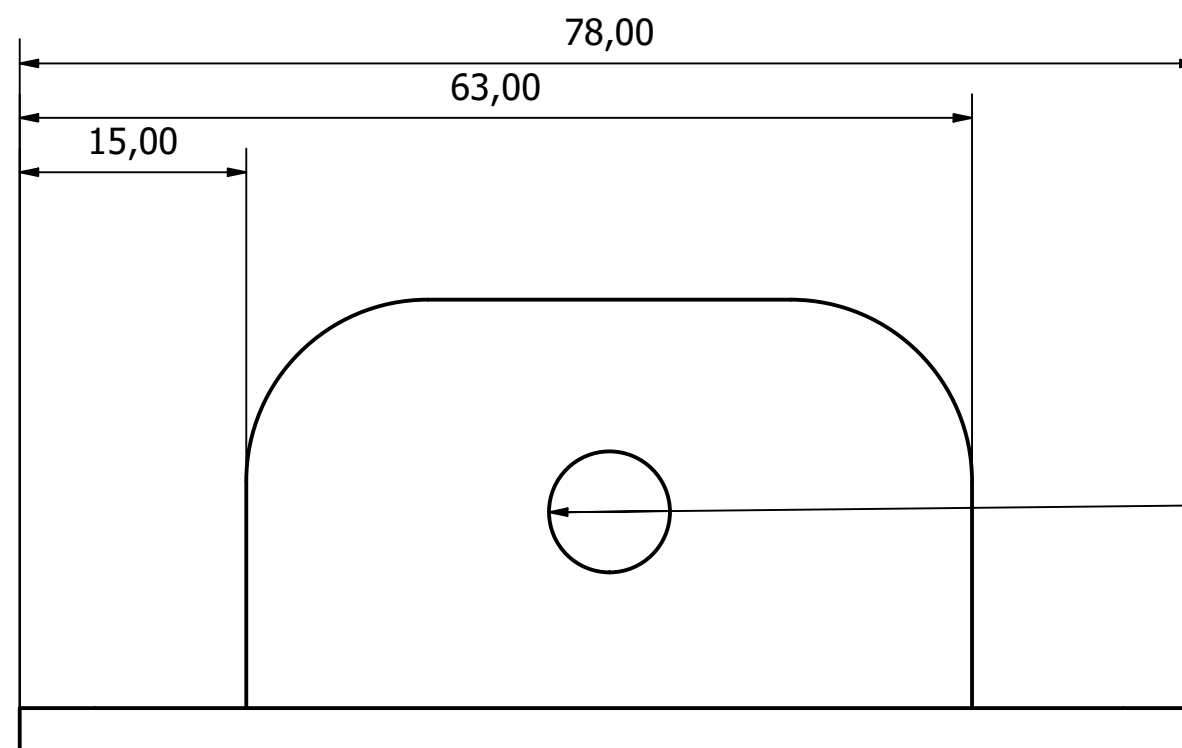
Observaciones		Fecha	Nombre	Patas del trípode	
	Dib.	8/8/24	Marcos Ortega		
	Rev.				
	Apr.				
	Esc.	Estructura de apoyo			Aluminio
1 : 1					
	Unidades: Milímetros				
Toler.	Pág. 40 de 47				
Rug.					



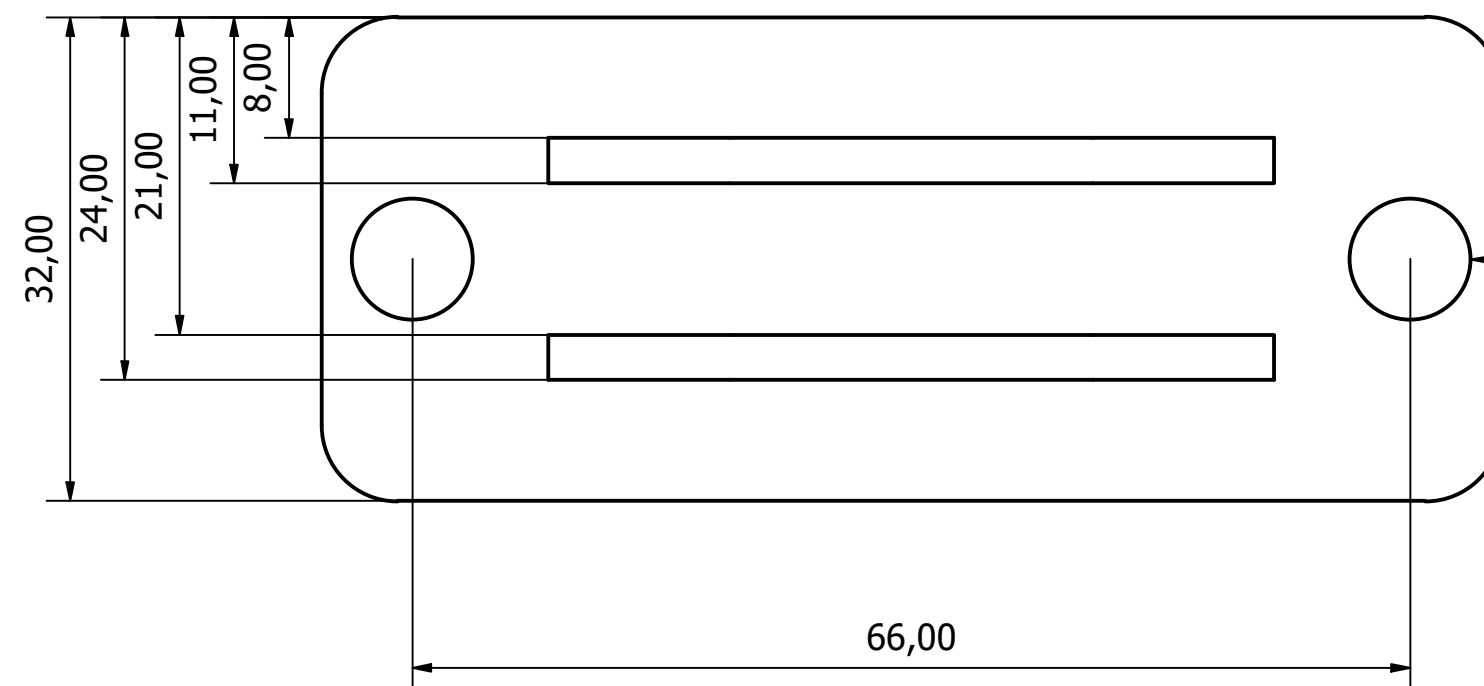
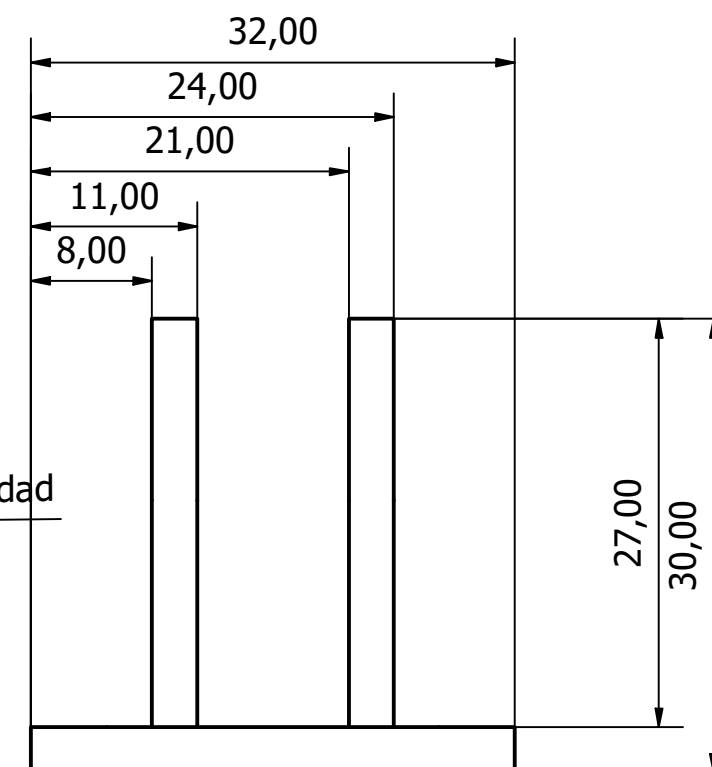
Observaciones		Fecha	Nombre	Patas del trípode	FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS APLICADAS MECA - ELECTRONICAS BO. 86. 88. 90. 92. 94. 96. 98
	Dib.	8/8/24	Marcos Ortega		
	Rev.				
	Apr.				
	Esc.	Estructura de apoyo			Aluminio
1 : 3					
	Unidades: Milímetros				
Toler.					
Rug.					Pág. 41 de 47



Observaciones		Fecha	Nombre	Empeine del anclaje	
	Dib.	8/8/24	Marcos Ortega		
	Rev.				
	Apr.				
Esc.	4 : 1	Estructura de apoyo			Aluminio
					
Toler.	Unidades: Milímetros				
Rug.	Pág. 42 de 47				

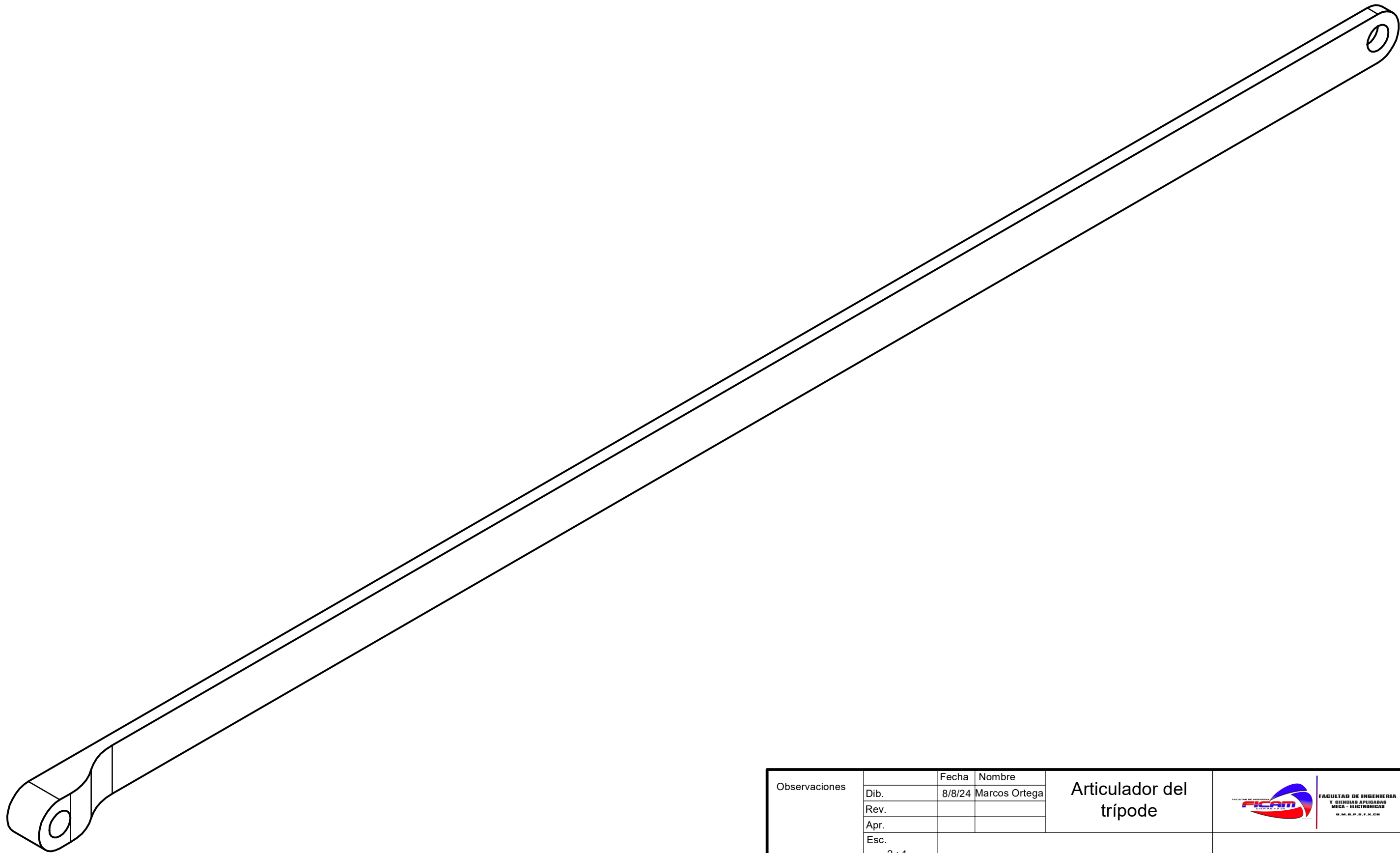


Ø8,00 -27,00 Profundidad

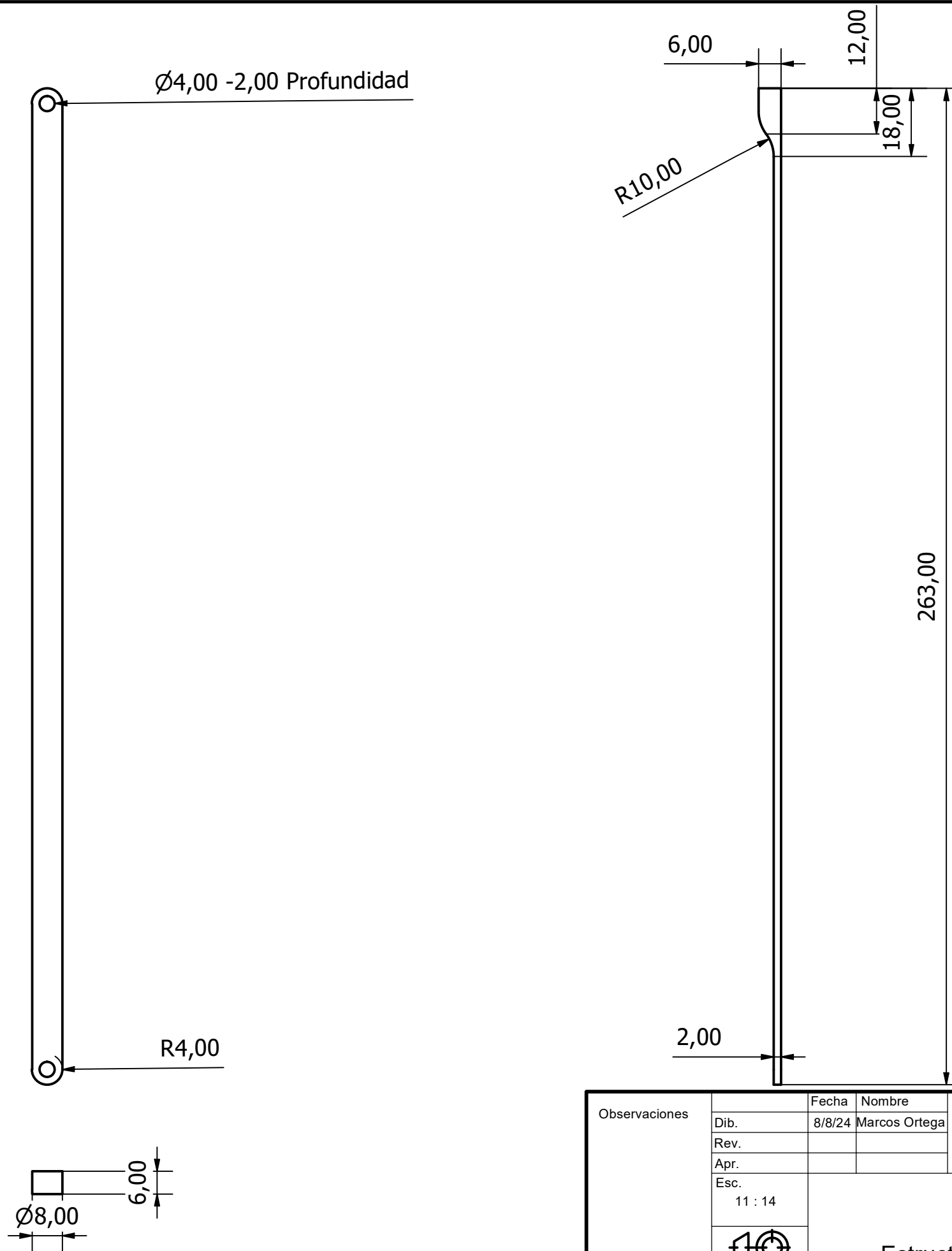


Ø8,00 -3,00 Profundidad

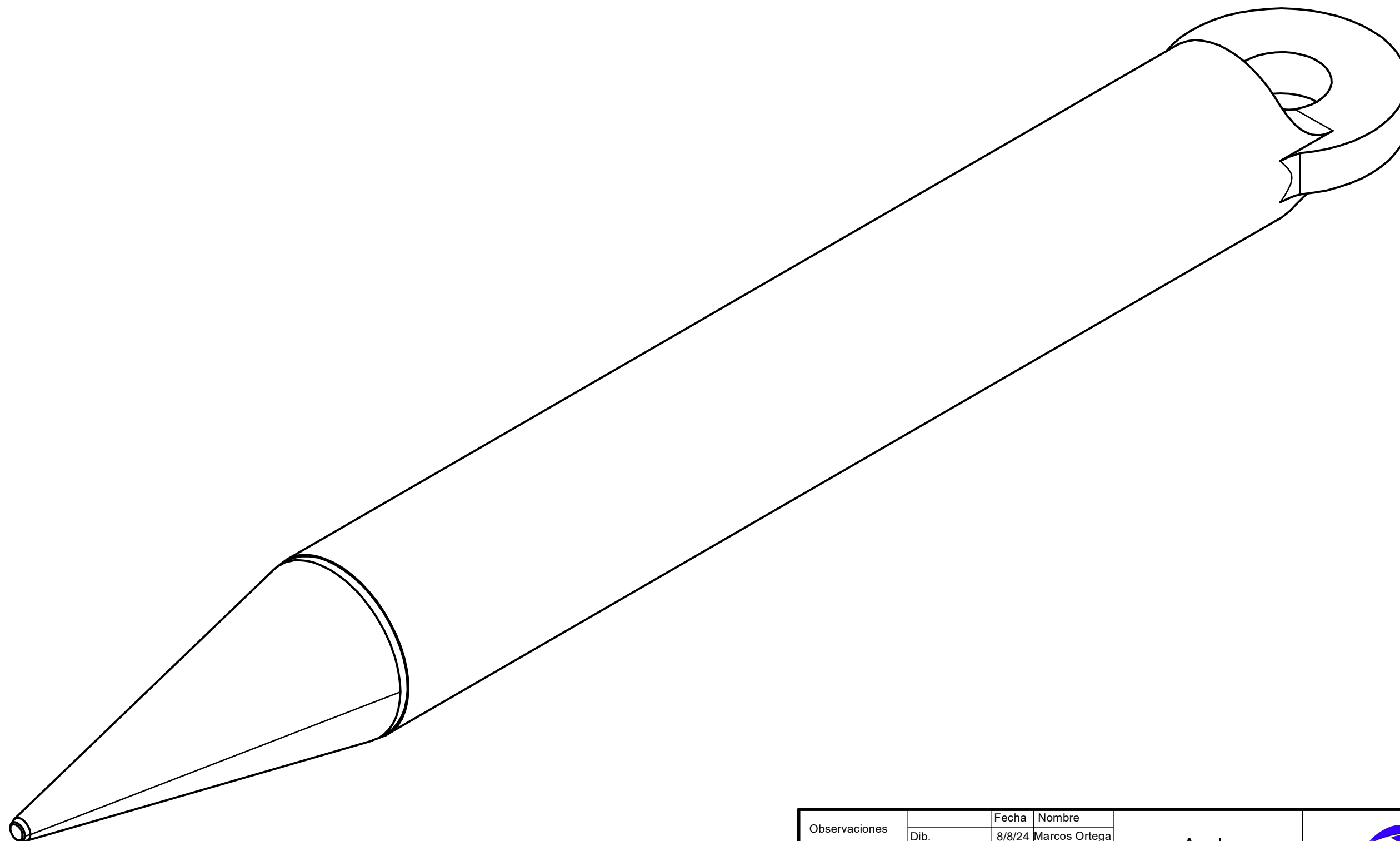
Observaciones		Fecha	Nombre	Empeine del anclaje	
	Dib.	8/8/24	Marcos Ortega		
	Rev.				
	Apr.				
	Esc.	Estructura de apoyo			Aluminio
2 : 1					
	Unidades: Milímetros				
Toler.					
Rug.	Pág. 43 de 47				



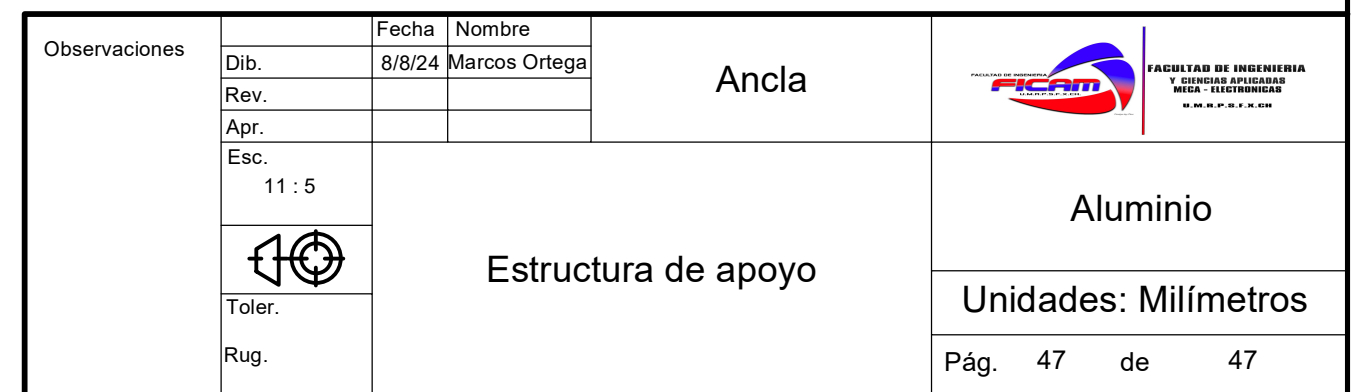
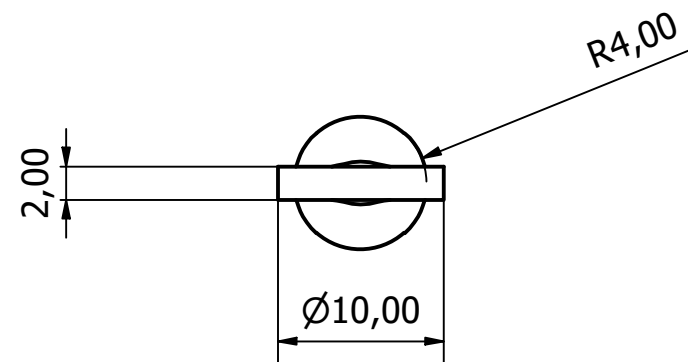
Observaciones		Fecha	Nombre	Articulador del trípode	
	Dib.	8/8/24	Marcos Ortega		
	Rev.				
	Apr.				
Esc.		Estructura de apoyo			Aluminio
2 : 1					
Toler.					Unidades: Milímetros
Rug.					Pág. 44 de 47



Observaciones	Fecha	Nombre	Articulador del trípode	
	8/8/24	Marcos Ortega		
	Esc.		Estructura de apoyo	Aluminio
	11 : 14			Unidades: Milímetros
				Pág. 45 de 47



Observaciones		Fecha	Nombre	Ancla	
	Dib.	8/8/24	Marcos Ortega		
	Rev.				
	Apr.				
Esc.	6 : 1	Estructura de apoyo			Aluminio
Toler.					
Rug.					
					Unidades: Milímetros
					Pág. 46 de 47



ANEXO C: COSTOS DE FABRICACIÓN

Plantilla de costos de material para las piezas						
Diseño de la parte mecánica de un aerogenerador eólico de eje vertical para el consumo de aparatos electrónicos de la agencia de turismo Tunkas Travel Bolivia						
N°	Descripción de los materiales	Unidad	Cantidad	C/Unitario Bs.	Total	Referencia
1	Tubo circular 48x42x3 mm (L = 3m)	Pza.	1	180	180	Alu stock
2	Tubo circular 24x21x1,5 mm (L = 3m)	Pza.	1	120	120	Alu stock
3	Barra rectangular de aluminio 15 x 4 mm (L= 3m)	Pza.	1	110	110	F Márquez da Silva S.A.
4	Queso de aluminio 1 kg.	Pza.	1	80	80	
5	bobina / rollo de 1Kgr. de HIPS - NYLON6	Pza.	6	225	1350	SK Bolivia impresiones 3D y maquinas CNC
6	bobina / rollo de 1Kgr. de PLA 1,75mm 1kg.	Pza.	3	215	645	SK Bolivia impresiones 3D y maquinas CNC
7	bobina / rollo de 1Kgr. De ABS 1,75mm 1kg.	Pza.	2	215	430	SK Bolivia impresiones 3D y maquinas CNC

8	Queso de teflón 1 kg.	Pza.	3	80	240	
9	Pernos y tuercas M3 - 0,5 x12	Pza.	16	3	48	A TODO PERNO
10	Pernos y tuercas M3 - 0,5 x16	Pza.	16	3,5	56	A TODO PERNO
11	Pernos y tuercas M3 - 0,5 x20	Pza.	16	4	64	A TODO PERNO
12	Rodamiento rígido de bolas 607	Pza.	2	170	340	SKF BOLIVIA
13	Tornillos M2,5-0,5X8	Pza.	8	1	8	A TODO PERNO
14	Pernos y tuercas M3,5 - 0,5 x8	Pza.	2	4	8	A TODO PERNO
15	Tornillos M2,9-0,5X13	Pza.	2	3	6	A TODO PERNO
16	Remache de cabeza avellanada 4x100	Pza.	6	7	42	A TODO PERNO
17	Módulos de carga	Pza.	3	40	120	JEB TECNOLOGÍA S.R.L
18	Arduino nano	Pza.	1	150	150	JEB TECNOLOGÍA S.R.L
19	Micro anemómetro	Pza.	1	90	90	JEB TECNOLOGÍA S.R.L

20	Puertos USB	Pza.	4	10	40	JEB TECNOLOGÍA S.R.L
21	Resistencia variable de 150Ω 1W	Pza.	1	4	4	JEB TECNOLOGÍA S.R.L
22	Resistencia fija de 1,5 KΩ 1W	Pza.	1	12	12	JEB TECNOLOGÍA S.R.L
23	Capacitor de 100 μF	Pza.	1	14	6	JEB TECNOLOGÍA S.R.L
24	Diodo 1N4007	Pza.	1	10	5	JEB TECNOLOGÍA S.R.L
25	Placa	Pza.	1	16	36	JEB TECNOLOGÍA S.R.L
				Bolivianos	4190 Bs	
				Dólares	601,14\$	

ANEXO E: DETALLES DE LA ENTREVISTA

ENTREVISTA SOBRE LA TRANSICIÓN HACIA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA DE LA EMPRESA DE TURISMO TUNKAS TRAVEL BOLIVIA

Objetivo: Analizar la información obtenida mediante la entrevista realizada a los representantes de la empresa de turismo Tunkas Travel Bolivia en la transición hacia la generación de energía eólica dentro el rubro que realizan. Se busca resaltar los beneficios de la energía eólica, las acciones concretas que la empresa está llevando a cabo para promover esta forma de energía renovable, los desafíos que enfrentan en este proceso y su visión a largo plazo en este campo.

Instrucciones: Lea cada una de las preguntas y responda

Entrevistador: Marcos Yeimar Ortega Mamani

Fecha: 30-03-2024

Nombre Corporativo: Tunkas Travel Bolivia S.R.L.

Actividad económica: Agencia de Turismo

- 1. ¿Podrían empezar por decirnos cuál es la opinión sobre la importancia de reducir los costos operativos mientras se mitiga el impacto ambiental?**

R. Creemos firmemente que es esencial para las empresas reducir sus costos operativos, pero no a expensas del medio ambiente. La sostenibilidad económica y ambiental debe ir de la mano en las decisiones empresariales.

- 2. ¿Qué desafíos consideran más significativos en relación con la generación de energía a través de la combustión de combustibles fósiles?**

R. Los costos fluctuantes de los combustibles y su impacto ambiental negativo, como las emisiones de gases de efecto invernadero y la contaminación atmosférica, son desafíos críticos que deben abordarse urgentemente.

- 3. ¿Cuáles podrían ser las razones por las cuales la empresa Tunkas Travel Bolivia optó por la generación de energía eólica en lugar de otras fuentes de energía renovable?"**

R. Consideramos la opción de utilizar un sistema de generación solar, una elección común entre muchas empresas de turismo. Sin embargo, buscamos diferenciarnos y apostar por la innovación. Por ello, optamos por la energía eólica. En los sectores donde operamos, los vientos suelen ser moderados durante la mayor parte del año, pero en las áreas específicas de nuestro enfoque turístico, tienden a ser un poco más fuertes. Creemos que esta decisión nos permite no solo distinguirnos, sino también aprovechar mejor los recursos naturales disponibles en nuestras áreas de operación.

4. ¿Cuáles cree que es el principal motivo por el que Tunkas Travel Bolivia ha decidido migrar hacia la generación de energía eólica?

R. La empresa reconoce la necesidad de reducir costos operativos y mitigar su impacto ambiental. La generación de energía eólica ofrece una solución limpia, renovable y económicamente viable para lograr estos objetivos.

5. ¿Cómo perciben el compromiso de Tunkas Travel Bolivia con la sostenibilidad y la responsabilidad ambiental en la industria del turismo?

R. Consideramos que su compromiso es muy positivo. Al liderar la transición hacia la generación de energía eólica, Tunkas Travel Bolivia establece un estándar más alto para la responsabilidad ambiental en el sector turístico.

6. ¿Cuál es su perspectiva sobre la integración de generadores eólicos con las operaciones turísticas para garantizar un suministro eléctrico confiable?

Es una excelente idea. La integración de generadores eólicos con las operaciones turísticas no solo garantiza un suministro eléctrico confiable, sino que también refuerza el compromiso de la empresa con la sostenibilidad ambiental.

7. ¿Qué característica de diseño mecánico tiene que tener el generador eólico?

R. El diseño mecánico ideal debe permitir un montaje y desmontaje sencillo del equipo de generación eólica. Debe estar diseñado con materiales livianos para facilitar su manejo. Además, es importante que sea versátil y capaz de funcionar

eficazmente en una variedad de velocidades del viento, manteniendo resistencia y ligereza.

8. ¿Qué capacidad de carga sé que requiere para el suministro de energía a los dispositivos de sus usuarios?

R. Para asegurar la carga de al menos tres dispositivos electrónicos, ya sea simultáneamente o por separado, con un enfoque de carga estándar. Es fundamental que el generador sea capaz de mantener una carga constante para satisfacer estas necesidades, especialmente durante los períodos de descanso de los turistas.