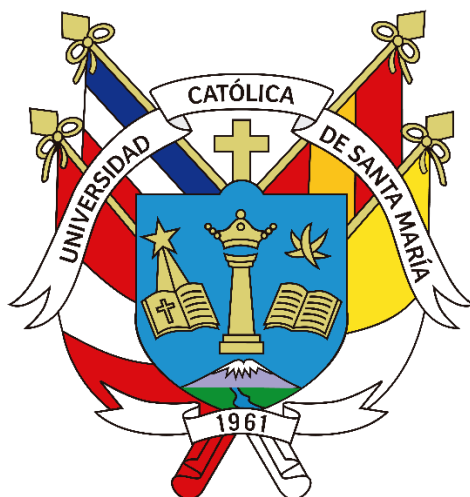


**Universidad Católica de Santa María**  
**Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales**  
**Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica**  
**Eléctrica y Mecatrónica**



**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE TURBINA EÓLICA  
HORIZONTAL A ESCALA PARA APLICACIÓN EN BAJA DEMANDA  
ELÉCTRICA”**

Tesis presentada por el Bachiller:

**Huaco Zanabria, Manuel Eduardo**

para optar el Título Profesional de:

**Ingeniero Mecánico Electricista**

Asesor:

**Dr. Gordillo Andia, Carlos Alberto**

**Arequipa - Perú**

**2024**

UCSM-ERP

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**  
**INGENIERIA MECANICA, MECANICA-ELECTRICA Y MECATRONICA**  
**TITULACIÓN CON TESIS**  
**DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR**

Arequipa, 20 de Octubre del 2022

**Dictamen: 002185-C-EPIMMEM-2022**

Visto el borrador del expediente 002185, presentado por:

**2012200111 - HUACO ZANABRIA MANUEL EDUARDO**

Titulado:

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE TURBINA EÓLICA HORIZONTAL A ESCALA  
PARA APLICACIÓN EN BAJA DEMANDA ELÉCTRICA**

Nuestro dictamen es:

**APROBADO**

**40102882 - CHANI OLLACHICA DEIDAMIA GIOVANNA  
DICTAMINADOR**



**40302702 - QUISPE CCACHUCO MARCELO JAIME  
DICTAMINADOR**



**40365965 - SIERRA VASQUEZ JULIO RAUL  
DICTAMINADOR**



# DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE TURBINA EÓLICA HORIZONTAL A ESCALA PARA APLICACIÓN EN BAJA DEMANDA ELÉCTRICA

## INFORME DE ORIGINALIDAD

17%

INDICE DE SIMILITUD

18%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

15%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	11%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
3	docplayer.es Fuente de Internet	1%
4	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	publicaciones.unpa.edu.ar Fuente de Internet	1%
6	Guzmán Sánchez Hamlet. "Selección de aerogeneradores", TESIUNAM, 2014 Publicación	1%
7	cybertesis.unmsm.edu.pe Fuente de Internet	1%

## DEDICATORIA

*Quiero dedicar esta tesis a mis padres, por su apoyo incondicional y sus palabras de aliento en todo este trayecto. Por último, quiero dedicar esta tesis a mi abuelo José Luis, por ser el ejemplo a seguir del cual aprendí tantas cosas y agradezco hoy en día. Gracias al apoyo y aliento incondicional de mi familia puedo culminar mi sueño.*



## AGRADECIMIENTOS

*En primer lugar, agradecer a todos los docentes que me acompañaron en este proceso.*

*A mis padres y abuelo José, por siempre haber creído en mí.*

*Finalmente, a mis amigos de la vida y de la facultad, por el apoyo diario.*



## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo demostrar que se puede proponer el diseño de una turbina eólica que suministre energía eléctrica para aplicaciones de baja demanda como hogares, pequeños talleres o negocios; como una alternativa al creciente uso de energías renovables como la energía solar. Este trabajo permitirá generar una base teórica y práctica para futuras aplicaciones reales en el ámbito nacional, sobre todo en zonas donde el acceso a corriente eléctrica por parte de las empresas de energía eléctrica no logra cubrir la demanda.

El prototipo a escala fabricado como forma de comprobación del diseño propuesto contiene las partes necesarias para poder realizar pruebas de funcionalidad en un entorno real o controlado. Para ello, se realizan simulaciones de funcionamiento básico tentativo para probar la respuesta de dos modelos de álabes que luego se implementan y se prueban en un entorno controlado con el fin de escoger aquel que presente una mejor respuesta a las variables de ingreso como el de la velocidad del viento y su dirección. El método de fabricación del prototipo es la fabricación digital (Impresión 3D, corte láser, etc) y las técnicas de fabricación tradicional.

Finalmente, la puesta de diseño a partir de las pruebas realizadas a la turbina a escala se escalará para cumplir los requerimientos energéticos a baja demanda eléctrica, para lo cual se tomará como referencia el consumo de una familia o un pequeño de taller de producción tradicional.

**Palabras claves:** Turbina eólica, fabricación digital, baja demanda eléctrica, energía renovable

## ABSTRACT

The present research work aims to propose and demonstrate the design of a wind turbine that could supply electrical energy for low-demand applications such as homes, small workshops or businesses; as an alternative to the increasing use of renewable energy like solar energy. This work will help create a theoretical and practical basis for future real applications at a national level, especially in areas where access to electricity by electrical power companies cannot reach demand.

The scale prototype manufactured as a form of verification of the proposed design contains the necessary parts to be able to perform functionality tests in a real or controlled environment. Tentative basic operating simulations are carried out to test the response of two blade models to be implemented and tested in a controlled environment in order to choose the one that presents a better response to the input variables, such as wind speed and direction. The prototype manufacturing method is digital manufacturing (3D printing, laser cutting, etc.) and traditional manufacturing techniques.

Finally, the design setting from the tests carried out on the turbine at scale will be incremented to meet the energy requirements at low electricity demand, for which the consumption of a family or a small traditional production workshop will be taken as a reference.

**Key words:** Wind turbine, digital fabrication, electric low demand, renewable energy.

## ÍNDICE GENERAL

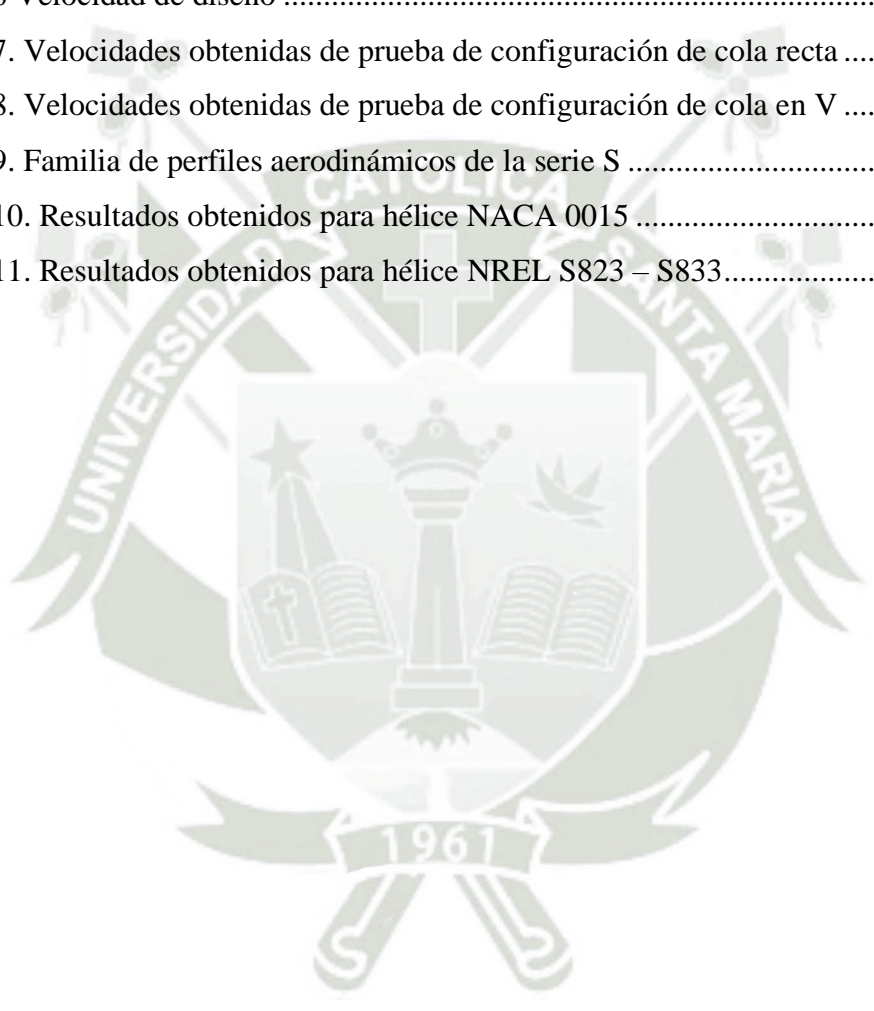
RESUMEN .....	V
ABSTRACT .....	VI
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO 1 PLANEAMIENTO TEÓRICO .....	3
1. PLANEAMIENTO TEÓRICO.....	4
1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	4
1.1.1. Identificación del problema .....	4
1.1.2. Enunciado del problema .....	4
1.1.3. Justificación de la investigación .....	4
1.2. OBJETIVOS .....	7
1.2.1. Objetivo general .....	7
1.2.2. Objetivos específicos .....	7
1.3. MARCO TEÓRICO .....	8
1.3.1. Antecedentes de la investigación .....	8
1.3.2. Energía eólica .....	9
1.3.3. Potencial eólico en el Perú.....	11
1.3.4. Turbulencia.....	17
1.3.5. Aerodinámica.....	18
1.3.6. Turbina de viento.....	30
1.4. HIPÓTESIS .....	35
CAPÍTULO 2 PLANTEAMIENTO DE LA OPERACIÓN .....	36
2. PLANTEAMIENTO DE LA OPERACIÓN .....	37
2.1. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS .....	37
2.1.1. Técnicas .....	37
2.1.2. Instrumentos .....	37
2.2. CAMPO DE VERIFICACIÓN .....	37
2.3. ALCANCES Y LIMITACIONES .....	38
2.3.1. Alcances.....	38
2.3.2. Limitaciones .....	38
2.3.3. Cronograma .....	39

CAPÍTULO 3 PRUEBA DE CONCEPTO .....	40
3. PRUEBA DE CONCEPTO .....	41
3.1. PARAMETROS DE DISEÑO .....	41
3.1.1. Selección de alternativas .....	41
3.1.2. Tipo de rotor .....	41
3.1.3. Número de álabes .....	41
3.1.4. Fuerzas que actúan sobre el alabe y rotor .....	42
3.1.5. Material de los álabes .....	42
3.1.6. Tipo de motor .....	43
3.1.7. Dimensionamiento del álabe .....	43
3.1.8. Potencia útil .....	44
3.1.9. Relación de velocidades de diseño .....	44
3.1.10. Coeficiente de potencia .....	45
3.1.11. Cálculo de potencia del viento .....	45
3.1.12. Media del cubo velocidades .....	46
3.1.13. Longitud del alabe .....	47
3.2. DISEÑO DEL DISPOSITIVO DE MONITOREO .....	48
3.2.1. Requerimientos de diseño .....	48
3.2.2. Sensor de corriente ACS712-30A .....	48
3.2.3. Sensor de lectura de RPMs TCRT5000 .....	50
3.2.4. Controlador de LCD 16x2 por I2C .....	52
3.2.5. Pantalla LCD 16x2 .....	54
3.2.6. Microcontrolador Arduino Pro Mini Strong .....	56
3.2.7. Calibración del dispositivo del monitoreo .....	59
3.3. DISEÑO DEL CIRCUITO DE ACONDICIONAMIENTO DE VOLTAJE .....	61
3.3.1. Simulación de motor interno de aerogenerador .....	61
3.3.2. Motor paso a paso 17HS4401 .....	64
3.3.3. Requerimientos de diseño .....	65
3.3.4. Circuito de adecuación de voltaje de salida .....	65
3.4. PROPUESTA DE TRANSMISIÓN CENTRAL Y BASE ROTATIVA .....	67
3.4.1. Propuesta de la torre base rotativa .....	67
3.4.2. Diseño de unidad motriz generadora .....	70
3.4.3. Propuesta de punta de rotación y punta porta hélices .....	74

3.4.4. Propuesta de sección intermedia de lectura de RPM.....	80
3.4.5. Propuesta del fuselaje .....	83
3.5. PROPUESTA DE DISEÑO PARA COLA.....	86
3.5.1. Propuesta de porta hélice para colas.....	86
3.5.2. Perfil de cola de estabilización .....	89
3.5.3. Perfil de hélices de rotación.....	106
CONCLUSIONES.....	126
RECOMENDACIONES .....	127
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	128
ANEXOS .....	134
ANEXO N° 1: ARDUINO PRO MINI STRONG .....	135
ANEXO N° 2: TCRT5000 .....	136
ANEXO N° 3: 17HS4401 .....	137
ANEXO N° 4: ACS712.....	138
ANEXO N° 5: LCD 16 X 2.....	139
ANEXO N° 6: LCD 16 X 2 - I2C .....	140
ANEXO N° 7: PLANOS MKIII DPOWER TURBINE – 50W.....	141
ANEXO N° 8: PROGRAMA DE MONITOREO DE CORRIENTE Y RPMS PARA AEROGENERADOR.....	150
ANEXO N° 9 PLANOS .....	154

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Velocidades promedio de vientos en varias regiones del Perú.....	12
Tabla 2 Potencial eólico del Perú 2008 .....	13
Tabla 3 Cronograma de Actividades .....	39
Tabla 4. Diagrama de cargas. Fuente: Propia.....	44
Tabla 5 Velocidades de diseño según el número de alabes.....	45
Tabla 6 Velocidad de diseño .....	46
Tabla 7. Velocidades obtenidas de prueba de configuración de cola recta .....	99
Tabla 8. Velocidades obtenidas de prueba de configuración de cola en V .....	105
Tabla 9. Familia de perfiles aerodinámicos de la serie S .....	111
Tabla 10. Resultados obtenidos para hélice NACA 0015 .....	121
Tabla 11. Resultados obtenidos para hélice NREL S823 – S833.....	125



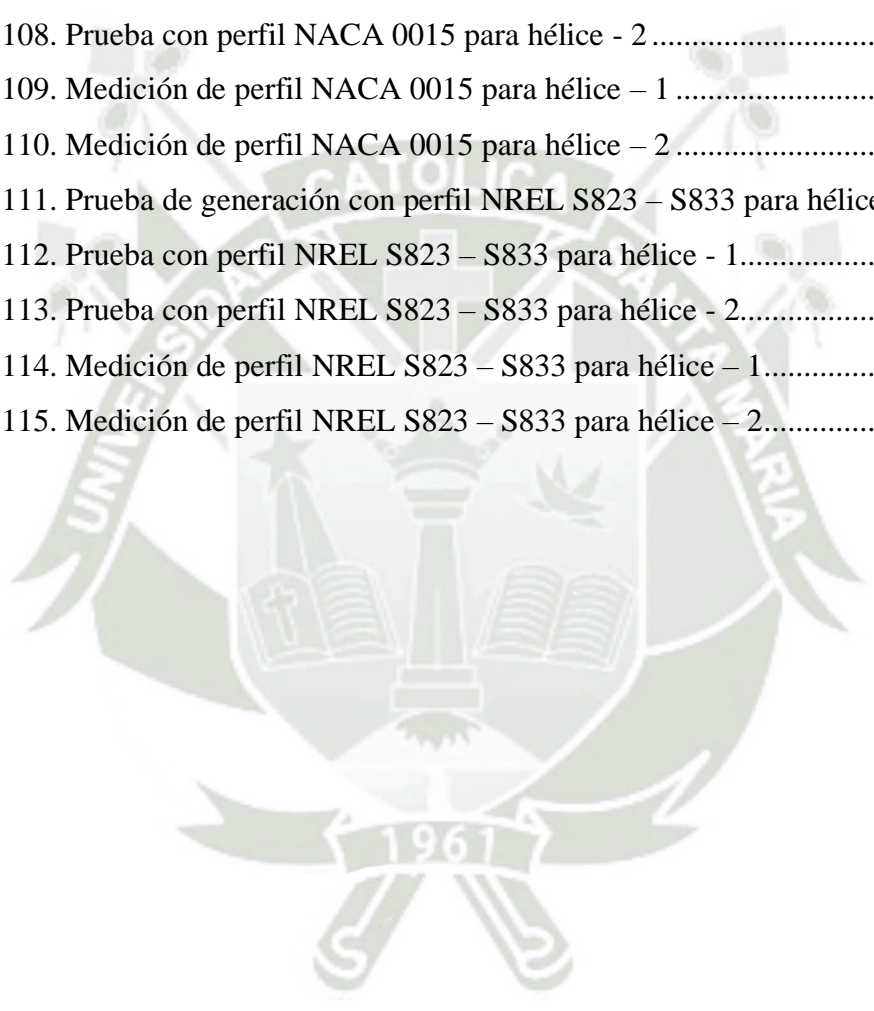
## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Prototipo de impresión 3D para turbina eólica .....	5
Figura 2 Prototipo de turbina de eje vertical .....	5
Figura 3 Prototipo de turbina eólica a escala.....	6
Figura 4 Evolución de la energía eólica .....	9
Figura 5 Grandes cinturones de viento .....	10
Figura 6 Mapa eólico del Perú año 2008.....	11
Figura 7 Velocidad del viento en Arequipa en invierno.....	15
Figura 8.....	15
Figura 9 Velocidad del viento en Arequipa en primavera.....	16
Figura 10 Velocidad del viento en Arequipa en verano .....	16
Figura 11 Flujo turbulento del viento por diferentes fuentes .....	17
Figura 12 Esquema de funcionamiento de un VEH en serie.....	18
Figura 13 Velocidad de viento y presión dentro de la corriente.....	20
Figura 14 Variación de coeficiente potencia y empuje vs coeficiente de velocidad.....	22
Figura 15 Modelo de pala.....	23
Figura 16 Perfil aerodinámico .....	24
Figura 17 Efecto de la fuerza de sustentación sobre perfil aerodinámico .....	24
Figura 18 Efecto Magnus .....	25
Figura 19 Flujo sobre perfil orientado.....	26
Figura 20 Velocidad del viento y sus componentes .....	27
Figura 21 Fuerza de sustentación y arrastre y sus componentes .....	27
Figura 22 Partes principales de generación de una turbina eólica.....	31
Figura 23 Detalle interno real de una turbina eólica .....	32
Figura 24 Diferentes modelos de turbinas eólicas verticales .....	33
Figura 25 Aerogenerador tripala.....	34
Figura 26 Aerogenerador tripala con rotor a sotavento .....	34
Figura 27 Fuerzas que actúan sobre el alabe y rotor .....	42
Figura 28 Referencias altitud, Fuente: Senamhi (2018).....	45
Figura 29 Sensor de efecto Hall ACS712 – 30A.....	49
Figura 30 Conexión del sensor de corriente ACS712 – 30A .....	50
Figura 31 Sensor de lectura de RPMs TCRT5000 - 1 .....	51
Figura 32 Sensor de lectura de RPMs TCRT5000 - 2.....	51

Figura 33. Conexión de sensor de lectura de RPMs TCRT5000.....	52
Figura 34. Controlador I2C para pantalla LCD16x2.....	53
Figura 35. Conexión del controlador I2C para pantalla LCD16x2 .....	54
Figura 36. Pantalla LCD16x2.....	55
Figura 37. Conexión de la pantalla LCD16x2 con controlador I2C.....	56
Figura 38. Microcontrolador Arduino Pro Mini Strong .....	56
Figura 39. Periféricos del microcontrolador Arduino Pro Mini Strong .....	57
Figura 40. Salidas y entradas del módulo.....	58
Figura 41. Procedimiento de calibración de corriente.....	59
Figura 42. Cinta reflectora para lectura en el eje del aerogenerador.....	60
Figura 43. Toma de lectura con tacómetro.....	60
Figura 44. MKIII DPower Turbine – 1.....	61
Figura 45. MKIII DPower Turbine – 2.....	62
Figura 46. Circuito de poder de la turbina.....	63
Figura 47. Modelo 3D de circuito de poder de la turbina.....	63
Figura 48. Modelo 3D de circuito de poder de la turbina y motor.....	64
Figura 49. Motor paso a paso 17HS4401 .....	65
Figura 50. Circuito de adecuación de voltaje .....	66
Figura 51. Modelo 3D de circuito de adecuación de voltaje.....	66
Figura 52. Ensamblaje de torre – 1.....	67
Figura 53. Ensamblaje de torre – 2.....	68
Figura 54. Propuesta de torre base rotativa .....	69
Figura 55. Características de la propuesta de torre base rotativa .....	70
Figura 56. Unidad motriz generadora – 1.....	70
Figura 57. Unidad motriz generadora – 2.....	71
Figura 58. Propuesta de unidad motriz generativa .....	72
Figura 59. Características de la propuesta de unidad motriz generativa .....	73
Figura 60. Línea de flujo supuesta por ángulo del fuselaje de la unidad motriz.....	74
Figura 61. Punta de rotación – 1.....	74
Figura 62. Punta de rotación - 2 .....	75
Figura 63. Punta de rotación - 3 .....	75
Figura 64. Propuesta de punta de rotación .....	76
Figura 65. Características de la propuesta de unidad motriz generativa .....	77
Figura 66. Propuesta de punta porta hélice.....	78

Figura 67. Características de la propuesta de punta porta hélice.....	79
Figura 68. Línea de flujo supuesta por ángulo del fuselaje de la punta porta hélice.....	80
Figura 69. Sección intermedia de lectura de RPM .....	81
Figura 70. Propuesta de sección intermedia de lectura de RPM .....	82
Figura 71. Características de la propuesta de sección intermedia de lectura de RPM .....	83
Figura 72. Propuesta de fuselaje para sección intermedia.....	83
Figura 73. Línea de flujo supuesta por ángulo del fuselaje en el cuerpo .....	84
Figura 74. Características de la propuesta de fuselaje para sección intermedia.....	84
Figura 75. Cola de estabilización .....	86
Figura 76. Propuesta de cola de estabilización – configuración 1.....	87
Figura 77. Propuesta de cola de estabilización – configuración 2.....	88
Figura 78. Características de los perfiles NACA .....	89
Figura 79. Perfil NACA 0015 de referencia.....	90
Figura 80. Propuesta de perfil NACA 0015 para cola de estabilización.....	91
Figura 81. Características de la propuesta de perfil NACA 0015 para cola.....	92
Figura 82. Perfil NACA 0018 de referencia.....	93
Figura 83. Propuesta de perfil NACA 0018 para cola de estabilización.....	93
Figura 84. Características de la propuesta de perfil NACA 0018 para cola.....	94
Figura 85. Prueba con perfil NACA 0015 para cola – configuración 1 .....	95
Figura 86. Prueba con perfil NACA 0018 para cola – configuración 1 .....	96
Figura 87. Prueba con perfil NACA para cola – configuración 1 - 1.....	97
Figura 88. Prueba con perfil NACA para cola – configuración 1 - 2.....	97
Figura 89. Medición de perfil NACA para cola – configuración 1 - 1.....	98
Figura 90. Medición de perfil NACA para cola – configuración 1 - 2.....	98
Figura 91. Prueba con perfil NACA 0015 para cola – configuración 2 .....	101
Figura 92. Prueba con perfil NACA 0018 para cola – configuración 2 .....	102
Figura 93. Prueba con perfil NACA para cola – configuración 2 - 1.....	103
Figura 94. Prueba con perfil NACA para cola – configuración 2 - 2.....	103
Figura 95. Medición de perfil NACA para cola – configuración 2 - 1.....	104
Figura 96. Medición de perfil NACA para cola – configuración 2 - 2.....	104
Figura 97. Hélices montadas en aerogenerador.....	106
Figura 98. Perfil NACA 0015 de referencia.....	107
Figura 99. Propuesta de perfil NACA 0015 para hélice de aerogenerador .....	108
Figura 100. Características de la propuesta de perfil NACA 0015 para hélice.....	110

Figura 101. Perfil NREL S822 .....	112
Figura 102. Perfil NREL S823 .....	112
Figura 103. Perfil NREL S833 .....	113
Figura 104. Propuesta de perfil S823 – S833 – S822 para hélice de aerogenerador.....	114
Figura 105. Características de propuesta de perfil NREL S823 – S833 – S822 .....	116
Figura 106. Prueba de generación con perfil NACA 0015 para hélice .....	118
Figura 107. Prueba con perfil NACA 0015 para hélice - 1 .....	119
Figura 108. Prueba con perfil NACA 0015 para hélice - 2 .....	119
Figura 109. Medición de perfil NACA 0015 para hélice – 1 .....	120
Figura 110. Medición de perfil NACA 0015 para hélice – 2 .....	120
Figura 111. Prueba de generación con perfil NREL S823 – S833 para hélice.....	122
Figura 112. Prueba con perfil NREL S823 – S833 para hélice - 1.....	123
Figura 113. Prueba con perfil NREL S823 – S833 para hélice - 2.....	123
Figura 114. Medición de perfil NREL S823 – S833 para hélice – 1.....	124
Figura 115. Medición de perfil NREL S823 – S833 para hélice – 2.....	124



## INTRODUCCIÓN

La energía eólica alcanzó en el año 2017 según la Asociación Mundial de la Energía Eólica una potencia eléctrica de 539 291 GWatt y esta tendencia sigue en crecimiento, aunque este tipo de generación sólo cubra e 5% de la demanda mundial de electricidad. Esta producción está asociada a las turbinas de viento, que son turbomáquinas compuestas de un rotor, en el cual se instalan álabes que se posicionan respecto al eje de la turbina de forma horizontal o vertical, y que convierten la energía cinética del viento en energía mecánica en el rotor y finalmente en energía eléctrica a partir de un generador acopado al sistema. (Centurion, 2019)

Dentro de las turbinas pequeñas de viento, estas presentan características respecto a las grandes las cuales pueden ser:

- Álabes fijos.
- Superficie rotatoria hacia arriba.
- Presencia de alas laterales para prevenir sobre-rotación.

A este tipo de turbinas les afectan factores que influyen en su rendimiento como:

- Altura de la torre.
- Diámetro del rotor.
- Posición del eje de la turbina de viento.
- Confiabilidad y calidad de viento. (Cárdenas, 2016)

Además, estas turbinas según la posición de sus álabes pueden ser horizontales o verticales.

La identificación idónea del sistema adecuado puede permitir el aprovechamiento máximo del recurso eólico, y los estudios o análisis de perfiles aerodinámicos pueden definir la forma óptima que permitan satisfacer las características y especificaciones necesarias para los parámetros de dicha región. Estos son factores que intervienen en el aprovechamiento máximo energético y que se enumeran de la siguiente manera:

- Ubicación.
- Geometría de la turbomáquina.
- Perfil del álabe y sus dimensiones.
- Calidad del recurso eólico que se dispone en la zona.

Finalmente, es fundamental el estudio constructivo y del funcionamiento básico de este tipo de turbinas que podrían permitir una mayor difusión del uso de este tipo de generación eléctrica de forma domiciliaria o para uso rural. (Centurion, 2019)

El presente trabajo de investigación está constituido por capítulos, en los cuales se desarrollan cada uno de la siguiente manera:

En el capítulo uno se establece la metodología que se desarrollará para la investigación, la problemática, se identificará tanto el objetivo principal como los objetivos secundarios, los alcances, y se verificará la existencia de limitaciones para el desarrollo. En el capítulo dos se desarrolla el marco teórico, donde se relacionan conceptos básicos de energías renovables, desarrollo y construcción de turbinas eólicas, y sus aplicaciones. En el capítulo tres se explica la ingeniería de diseño, los requerimientos de diseño, diseño de la turbina eólica y la simulación del mismo, y selección de dos modelos de álabe. En el capítulo cuatro se realiza la implementación de un modelo de turbina a escala y se escoge el modelo de hélice a utilizar en base a los modelos estudiados en el capítulo anterior, esto en base a una prueba para comprobar la mejor respuesta a la inferencia de flujos de aire a diferentes velocidades y direcciones. En el capítulo cinco se propone el diseño mejorado de la turbina que se ajuste a las necesidades propuestas en un capítulo anterior, y los cálculos básicos necesarios para su implementación. Finalmente, se llega a las conclusiones de factibilidad de aplicación y recomendaciones finales que servirán para modificaciones y futuros diseños. (Bojorquez, 2018)



# **CAPÍTULO 1**

## **PLANEAMIENTO TEÓRICO**

## 1. PLANEAMIENTO TEÓRICO

### 1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1.1. Identificación del problema

Falta en el mercado nacional de propuestas de turbinas eólicas para baja demanda como puede ser una casa o un pequeño taller. Además, la ausencia de actores en la industria nacional que diseñe y fabrique este tipo de productos o parte de ellos. Todo esto dentro del marco de la transformación tecnológica y energética propuesta por el Estado peruano. (Bojorquez, 2018)

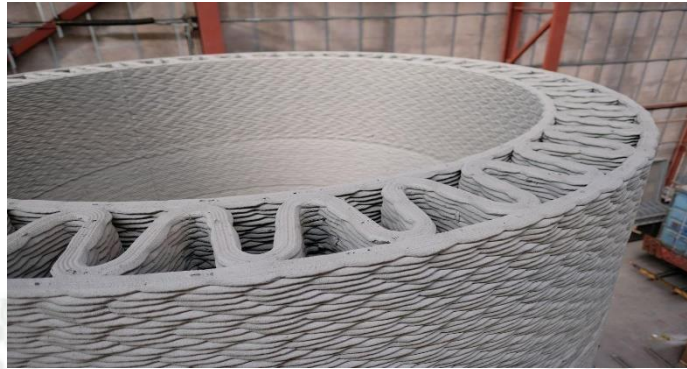
#### 1.1.2. Enunciado del problema

Se puede proponer el diseño de una turbina eólica que se pueda usar en aplicaciones de baja demanda eléctrica y comprobarlo a partir de la experimentación y prueba de un prototipo a escala construido usando métodos de fabricación digital.

#### 1.1.3. Justificación de la investigación

Los últimos dos años, y con énfasis a consecuencia de la pandemia del COVID-19 y las restricciones de movilidad normal, la adquisición de vehículos eléctricos personales como scooters y bicicletas ha empezado a escalar. Este tipo de movilidad tiene grandes ventajas en comparación de los vehículos tradicionales y el transporte público, sobre todo para los jóvenes en la etapa universitaria o que recién ingresan en el mercado laboral, por los siguientes motivos. (Acevedo & Morales, 2020)

La empresa General Electric está desarrollando una turbina eléctrica de 200 m de alto usando la tecnología de la impresión 3D tanto como una fuente de diseño como de construcción. Este proceso ya lo ha alcanzado en una menor escala la empresa RCAM Technologies, a través de un prototipo culminado en octubre del 2019 y que puede ver su estado comercial y producción para el año 2023.

**Figura 1****Prototipo de impresión 3D para turbina eólica****Fuente: General Electric, (2023)**

El uso de tecnologías de construcción ha permitido proyectar que una turbina de 160 m de alto pueda generar hasta 5 MW en comparación de los 2 MW que permite una turbina de 84 metros de alto, que es el estándar comercial actual. Es por ello, que la empresa de construcción 3D COBOD se encuentra trabajando en el desarrollo de bases de 10 a 80 m de altura. Algunas personas alrededor del mundo han podido implementar diferentes modelos de turbinas eólicas usando fabricación digital moderna; por ejemplo, las turbinas eólicas de eje vertical que poseen menos partes y pueden trabajar con vientos de diferentes direcciones, fáciles de implementar y mejorar. (General Electric, 2023)

**Figura 2****Prototipo de turbina de eje vertical****Fuente: Jiménez, (2019).**

De igual manera, se han podido implementar turbinas tradicionales de 50 watts de poder; particularmente, este tipo de modelos pueden ser optimizados o aumentar su capacidad de generación si se modifican las hélices.

**Figura 3**  
**Prototipo de turbina eólica a escala**



**Fuente: Jiménez, (2019).**

Finalmente, se puede utilizar la impresión 3D y materiales de fácil acceso para poder construir una turbina modificable de fácil acceso y difusión. De igual manera este tipo de modelos pueden ser escalados o modificados para poder obtener diferentes prestaciones según a la demanda eléctrica, pero con limitaciones.

## 1.2. OBJETIVOS

### 1.2.1. Objetivo general

Diseñar e implementar un prototipo conceptual de una turbina eólica para aplicación en baja demanda eléctrica.

### 1.2.2. Objetivos específicos

- Definir los requerimientos básicos para diseñar el prototipo.
- Simular la turbina eólica a diferentes velocidades de flujo de aire.
- Diseñar la turbina eólica horizontal a escala con dos diferentes modelos de aspas.
- Implementar el prototipo conceptual con los dos diferentes modelos de aspas.
- Desarrollar el sistema de adquisición de datos y muestra de datos.
- Comprobar la respuesta del prototipo a los dos modelos de aspas.
- Proponer mejoras al prototipo.

### 1.3. MARCO TEÓRICO

#### 1.3.1. Antecedentes de la investigación

En noviembre del año 2018 se presenta la tesis Planteamiento de un parque eólico marino en la costa peruana: regiones de Ica, Piura y La Libertad por el autor Miguel Ángel Bojórquez Chávez, en la Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú. En ella se plantea la implementación de un parque eólico marino como fuente de generación eléctrica limpia para suplir la demanda de los hogares peruanos y que contribuya a la disminución las emisiones de CO<sub>2</sub> y pueda cumplir las propuestas de los tratados internacionales de la COP. (Bojorquez, 2018)

En el año 2019 se presenta la tesis Análisis aerodinámico y simulación computacional de un elemento de álabe de una turbina eólica pequeña para el aprovechamiento eólico en Reque por el autor Jimmy Alfredo Centurión Elera, en la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Perú. En ella se presenta la factibilidad técnica de la implementación de aerogeneradores de bajo costo en el distrito de Reque por contar con un recurso eólico de 7.32 m/s y el análisis aerodinámico del álabe con 3 perfiles de dichas turbinas. (Centurion, 2019)

En marzo del año 2016 se presenta la tesis Simulación y control de una turbina eólica para generación de energía eléctrica” por la autora Jesica Patricia Cárdenas Rios, en la Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú. En ella se presenta el diseño de un sistema de control difuso eficiente de una turbina eólica, en base a las características de los componentes, potencial energético eólico del aerogenerador y un modelo matemático no lineal. (Cárdenas, 2016)

En junio del año 2009 se presenta la tesis Energía eólica y diseño de control de voltaje y frecuencia para un convertidor de potencia con topología CA/CD-CD/CD-CD/CA por el autor Marco Antonio Morales Caporal, en el Instituto Politécnico Nacional, México. En ella se realiza un estudio a la respuesta de un sistema de control de frecuencia y voltaje de un sistema de generación eólica usando convertidores de dos niveles. (Morales, 2009)

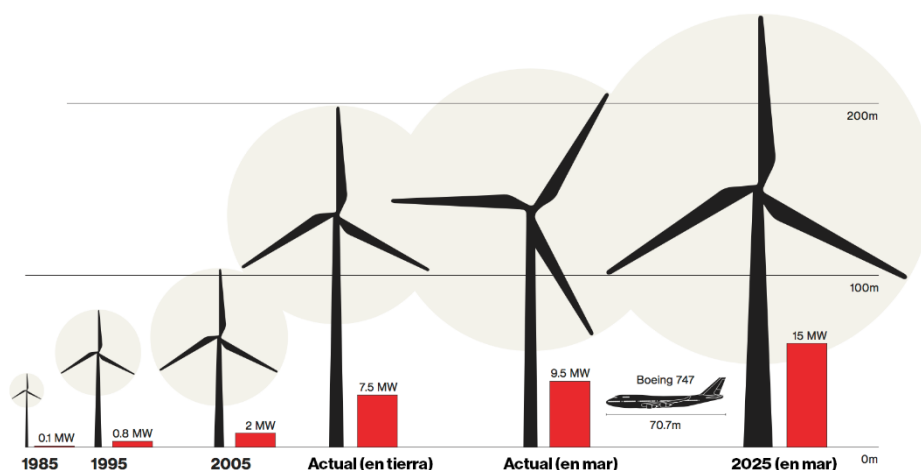
### 1.3.2. Energía eólica

El 2% de la energía que llega a la Tierra y es producida por el sol es transformada en energía cinética, donde la masa de aire en movimiento es energía cinética que se puede transformar en energía eléctrica, donde la incidencia del viento que choca contra las palas de una aeroturbina genera un trabajo mecánico de rotación que es aprovechado por un generador para producir energía eléctrica. Donde la energía aprovechada depende principalmente de tres factores.

- **Velocidad del viento incidente:** La energía cinética del viento aumenta proporcional al cubo de la velocidad de movimiento. (Morales, 2009)
- **Densidad del aire:** La energía cinética aumenta proporcionalmente a la masa por volumen de aire.
- **Área barrida por el rotor:** A mayor aire captado es mayor energía cinética aprovechada.

Aunque las palas de la turbina logren extraer una cantidad enorme de energía cinética, por la teoría de Límite de Berz sólo puede aprovecharse como máximo el 59% de la energía que llega al rotor, pero en la realidad sólo puede aprovecharse efectivamente hasta el 40% de la energía acumulada en el viento. (Bojorquez, 2018)

**Figura 4**  
**Evolución de la energía eólica**

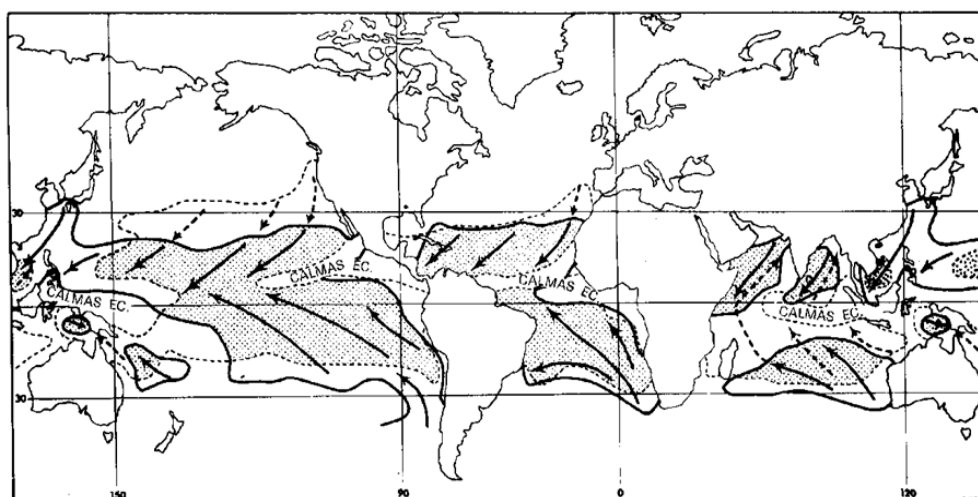


**Fuente: Aleida, Beltrán, (2021).**

### 1.3.2.1. Variabilidad del viento

Es bueno considerar, que los modelos meteorológicos permiten establecer un punto de referencia en la predicción de las zonas con una mayor incidencia de viento; sin embargo, el promedio de error de producción hasta ahora llega de 30 a 60% y es muy difícil bajar esta ratio, es por eso, que la utilización de parques de producción es una alternativa a la disminución de dicho porcentaje. Por lo tanto, los movimientos e intensidad de las corrientes del viento que son el insumo necesario por parte de las aeroturbinas son afectados por accidentes geográficos, vegetación, cambios de estaciones, temperaturas y el efecto Coriolis. Muchas veces se utiliza la distribución de Weibull para estimar los regímenes de viento en un lugar concreto, donde la función de distribución expresa las probabilidades que la velocidad máxima del viento, no exceda un valor límite durante un periodo determinado. (Suau de castro, 2014)

**Figura 5**  
**Grandes cinturones de viento**

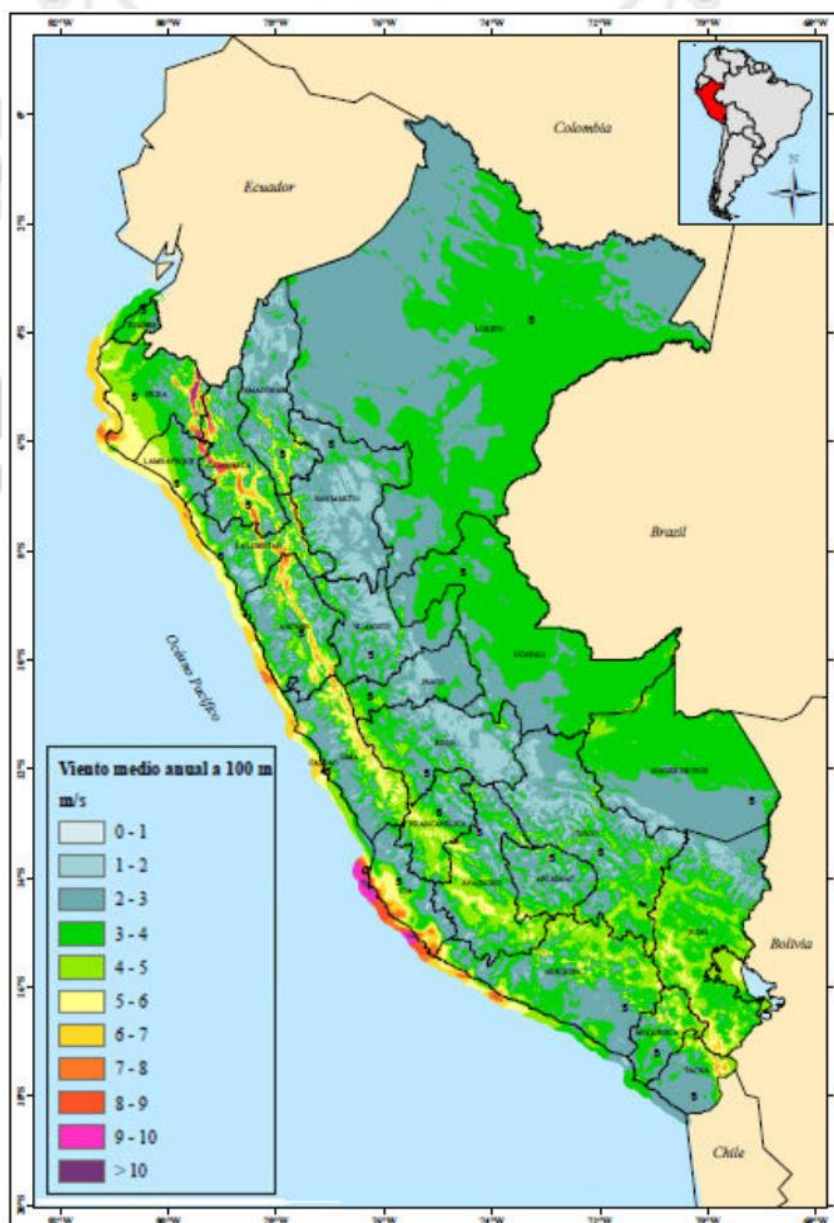


**Fuente: Suau de castro, (2014).**

### 1.3.3. Potencial eólico en el Perú

En el Perú, contamos con un mapa eólico de velocidad promedio del viento a intervalos de tiempo específicos y alturas establecidas para diferentes regiones del país. De este mapa podemos observar que la región de la costa y especialmente el departamento de Ica presenta las mayores velocidades de vientos con un promedio mayor a los 10 m/s. (Ministerio de Energía y Minas del Perú, 2016)

**Figura 6**  
**Mapa eólico del Perú año 2008**



**Fuente: Ministerio de Energía y Minas del Perú, (2016).**

En la siguiente tabla, se presenta las velocidades promedio del viento que se tomaron durante un año 2000 por parte del SENAMHI, en diferentes regiones y pisos altitudinales del Perú.

**Tabla 1**  
**Velocidades promedio de vientos en varias regiones del Perú**

<b>Lugar</b>	<b>Región</b>	<b>Altitud (msnm)</b>	<b>Velocidad media (m/s)</b>	<b>Energía producible (kW/año)</b>
Tumbes	Tumbes	25	2.6	252
Talara	Piura	50	8.5	4993
Piura	Piura	46	4.0	642
Chiclayo	Lambayeque	27	5.1	1281
Trujillo	La Libertad	33	5.0	1243
Chimbote	Ancash	11	5.5	1157
Aeropuerto	Lima	13	3.4	507
Laguna Grande	Ica	10	6.5	2465
Marcona	Ica	31	6.4	2329
Pta. Atico	Arequipa	20	6.7	2701
Pta. de Coles	Moquegua	50	5.0	1223

**Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, (2021).**

Según el Ministerio de Energía y Minas, el Perú tiene un potencial eólico total de 22 450 MW aprovechables por la red eléctrica peruana, pero se debe considerar que el Atlas Eólico elaborado por el MEM empleó criterios limitados y ubicaciones específicas, en base a esto, algunas condicionantes que se tomaron fueron:

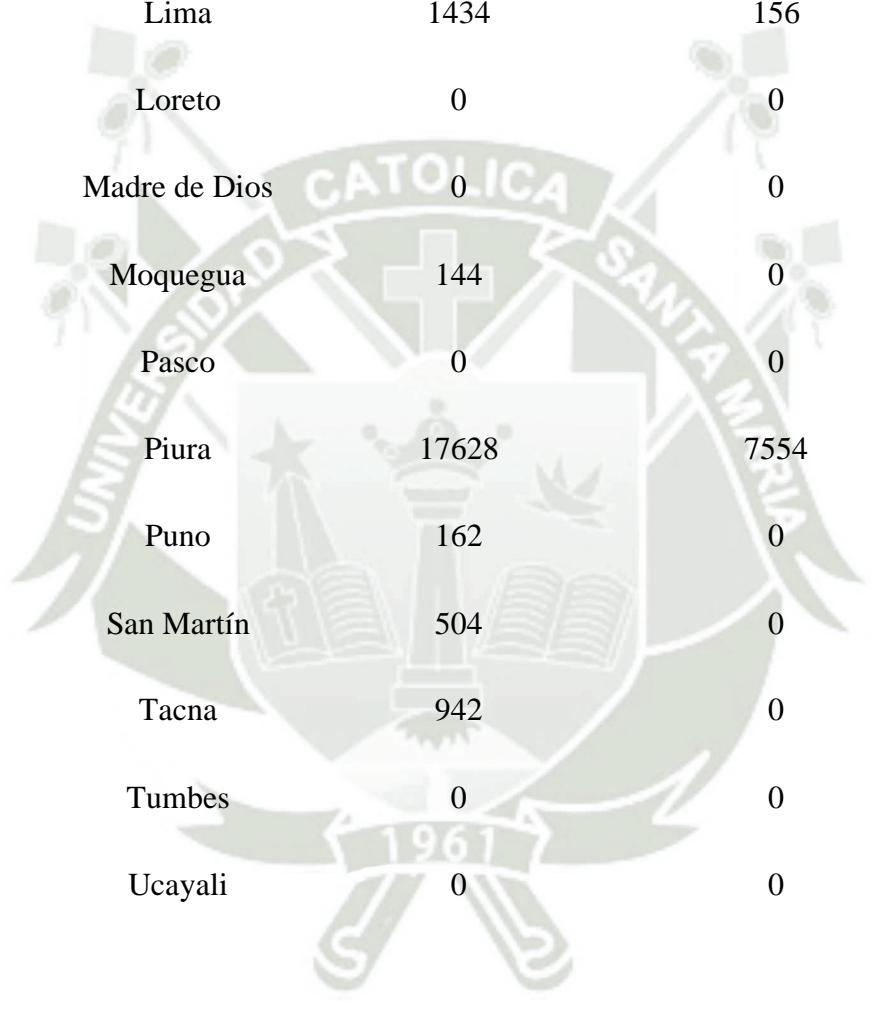
- Altitud de 3000 msnm a más.
- Pendiente igual a 20% o mayor.
- Ubicación perteneciente a un centro urbano o casco urbano de una ciudad.
- Deben encontrarse dentro de la zona ríos, quebradas o lagos. (Ministerio de Energía y Minas del Perú, 2016)

### 1.3.3.1. Potencial eólico disponible en Arequipa

En la siguiente tabla, se muestra el potencial eólico del Perú dividido por regiones con enfoque de potencia total y potencia que puede ser aprovechada.

**Tabla 2**  
**Potencial eólico del Perú 2008**

<b>Lugar</b>	<b>Potencia Total (MW)</b>	<b>Potencia Aprovechable (MW)</b>
Amazonas	1380	6
Ancash	8526	138
Apurímac	0	0
Arequipa	1992	1158
Ayacucho	114	0
Cajamarca	18360	3450
Callao	0	0
Cuzco	0	0
Huancavelica	0	0
Huánuco	54	0



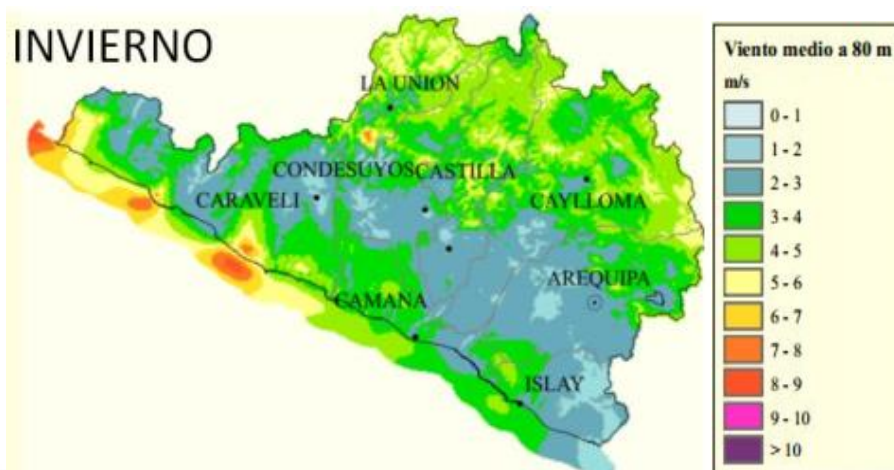
Ica	18360	9144
Junín	48	0
La Libertad	4596	282
Lambayeque	2880	564
Lima	1434	156
Loreto	0	0
Madre de Dios	0	0
Moquegua	144	0
Pasco	0	0
Piura	17628	7554
Puno	162	0
San Martín	504	0
Tacna	942	0
Tumbes	0	0
Ucayali	0	0

**Fuente: Ministerio de Energía y Minas del Perú, (2016).**

En base a esto, la región de Arequipa tiene un potencial eólico aprovechable de 1158 MW con una velocidad de viento promedio de alrededor de 6 m/s.

**Figura 7**

**Velocidad del viento en Arequipa en invierno**



Fuente: Ministerio de Energia y Minas del Perú, (2016).

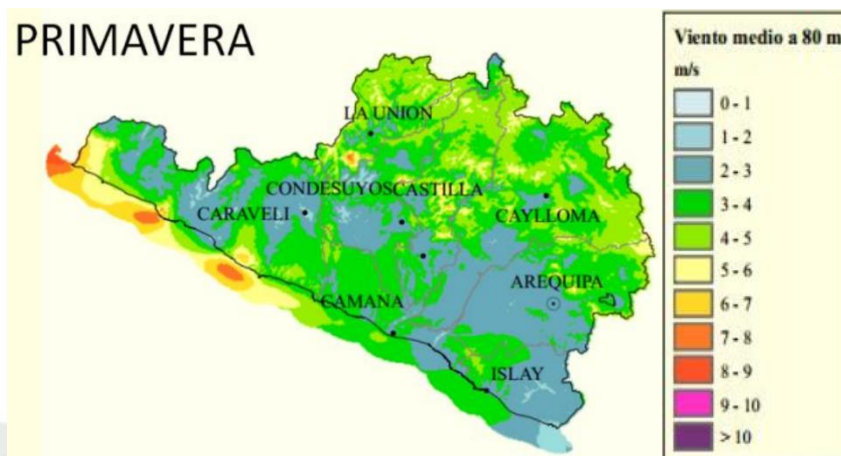
**Figura 8**

**Velocidad del viento en Arequipa en otoño**



Fuente: Ministerio de Energia y Minas del Perú, (2016).

**Figura 9**  
**Velocidad del viento en Arequipa en primavera**



Fuente: Ministerio de Energia y Minas del Perú, (2016).

**Figura 10**  
**Velocidad del viento en Arequipa en verano**



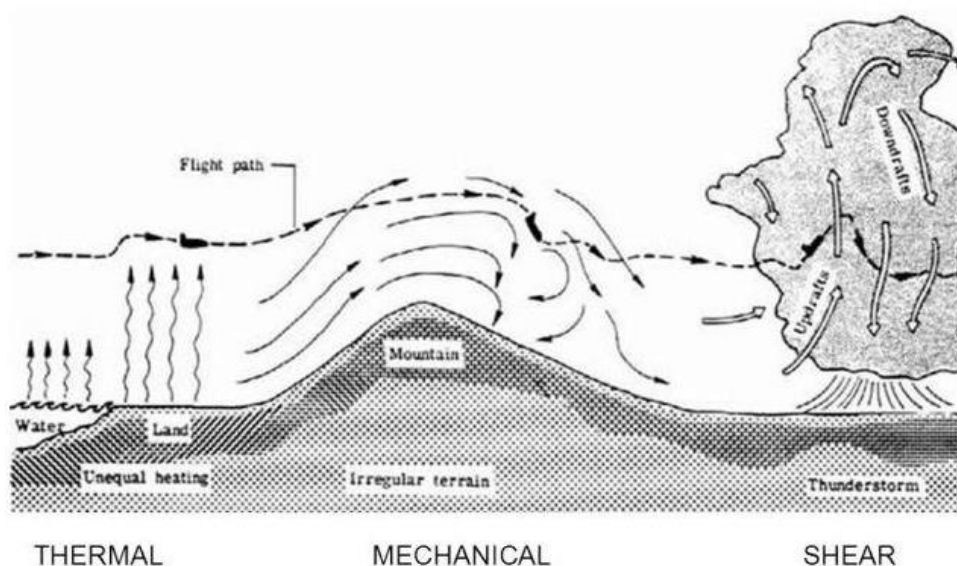
Fuente: Ministerio de Energia y Minas del Perú, (2016).

### 1.3.4. Turbulencia

A consecuencia de la rugosidad de terreno y las variaciones de la temperatura de una zona, desplazamiento de corrientes de aire particular de una zona, que no son uniformes ni lineales, crean turbulencia. Donde se entiende que la turbulencia son aquellas fluctuaciones rápidas y caóticas de las magnitudes del fluido en movimiento. Este tipo de flujo afecta el trabajo de los aerogeneradores ya que se provocan cargas adicionales, tensiones y vibración que afecta la estabilidad mecánica de la estructura y su resistencia. Además, las corrientes de viento fuerte inesperados producen giros bruscos del aerogenerador y variaciones fuerte de la energía que pudieran afectar al sistema eléctrico al cual se encuentre conectado el mismo. Es por ello, que para la parte de modelado se considera hacerlo bajo flujo turbulento para ver como este afecta el rotor en funcionamiento y por lo general se utilizan las ecuaciones de Navier-Stokes. (Suau de castro, 2014)

**Figura 11**

**Flujo turbulento del viento por diferentes fuentes**



**Fuente: Suau de castro, (2014)**

### 1.3.5. Aerodinámica

Según el autor Ignacio Da Rica de la Cavada, la aerodinámica es el estudio de las fuerzas que el viento relativo ejerce sobre un obstáculo sumergido en él. Donde la resistencia aerodinámica es la componente de la fuerza sobre el obstáculo en la dirección y sentido del viento relativo, y que son causados reducidamente a la presión y rozamiento. (Da Riva De La Cavada, 1991)

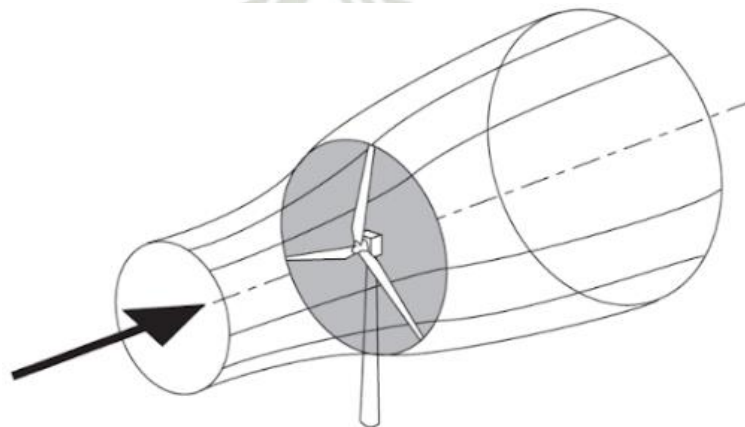
La resistencia tiene un origen viscoso y que al ensancharse y desprenderse la capa límite, se modifica la distribución de las presiones y se genera una fuerza desaceleradora. En el caso de la capa límite turbulenta, esta es mayor a la capa límite laminar que se vuelve inestable cuando el perfil de velocidades uniforme presenta un punto de inflexión y mayor gradiente cerca de la pared. (Centurion, 2019)

#### 1.3.5.1. Teoría del disco actuador

En esta teoría se recurre a un modelo simplificado del rotor eólico que explica cómo se produce el intercambio energético entre el viento que atraviesa el aerogenerador y las paletas. Donde se considera que la turbina ideal se constituye de un número infinito de palas que se representa por medio de un disco de espesor nulo e igual área de barrida al girar, que se conoce como disco actuador. (Suau de castro, 2014)

**Figura 12**

**Esquema de funcionamiento de un VEH en serie**



**Fuente: Burton y otros, (2011).**

La hipótesis toma en cuenta los siguientes puntos:

- Movimiento estacionario.
- Flujo incompresible.
- Velocidad inducida unidimensional y uniforme.
- Fluido no viscoso.
- Estela no giratoria.

La diferencia de masa que atraviesa la sección se calcula como:

$$dm = \rho(A)(U) dt$$

Donde:

- m: Masa de aire
- $\rho$ : Densidad del aire
- A: Área de la sección
- U: Velocidad del aire
- t: Tiempo

La energía cinética del viento es:

$$dE_c = \frac{1}{2} (\rho)(A)(U^3) dt$$

Donde:

- $E_c$ : Energía cinética del viento
- $\rho$ : Densidad del aire
- A: Área de la sección
- U: Velocidad del aire
- t: Tiempo

La potencia del viento por lo tanto es:

$$P_v = \frac{1}{2} (\rho)(A)U^3$$

Donde:

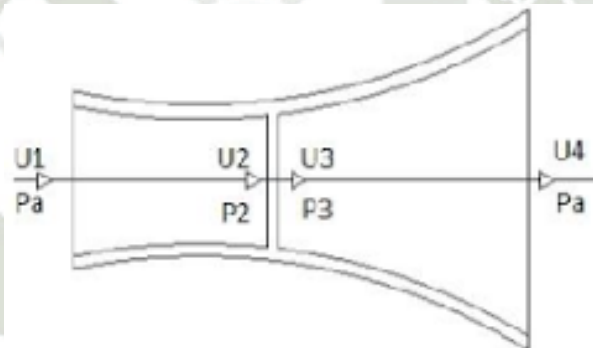
- $P_v$ : Potencia del viento
- $\rho$ : Densidad del aire
- $A$ : Área de la sección
- $U$ : Velocidad del aire

Al considerarse un flujo de aire uniforme dentro de un tubo, podemos la ley de conservación de masa para las distintas secciones del tubo que se calcula de la siguiente manera:

$$\rho(A_1)(u_1) = \rho(A_2)(u_2) = \rho(A_3)(u_3) = \rho(A_4)(u_4)$$

**Figura 13**

**Velocidad de viento y presión dentro de la corriente**



**Fuente: Burton y otros, (2011).**

Donde se cumple que:

$$A_2 = A_3$$

En caso de las velocidades se cumple también:

$$u_2 = u_3$$

Según a la dirección del eje y la cantidad de movimiento se tiene:

$$F = \rho(A_1)(u_1)u_1 - \rho(A_4)(u_4)u_4$$

Frente al frenado del viento que ejerce fuerza sobre el disco actuador se produce un intercambio de energía, donde:

$$F = A_2(P_2 - P_3)$$

Donde:

- $A_2$ : Área de la sección 2.
- $P_2$ : Fuerza de acción del viento en el área 2.
- $P_3$ : Fuerza de frenado en el área 3.

Y aplicando la ecuación de Bernulli tenemos:

$$P_1 + \frac{1}{2}(\rho)u_1^2 = P_2 + \frac{1}{2}(\rho)u_2^2$$

$$P_3 + \frac{1}{2}(\rho)u_3^2 = P_4 + \frac{1}{2}(\rho)u_4^2$$

Donde:

- $u_i$ : Velocidad del viento en la sección i.
- $P_i$ : Fuerza en la sección i.
- $\rho$ : Densidad del aire

Considerando que:

$$P_1 = P_4$$

Se obtiene que la fuerza del viento sobre la turbina es:

$$F = \frac{1}{2}(\rho)A_2(u_1^2 - u_4^2)$$

Se deduce que la velocidad del aire en la sección del disco actuador es:

$$u_2 = u_3 = \frac{u_1 + u_4}{2}$$

Por lo tanto, tenemos un coeficiente de empuje de:

$$F = C_T \frac{1}{2}(\rho)(A)U^2$$

Donde:

- F: Fuerza del viento.
- $C_T$ : Coeficiente de empuje.
- $\rho$ : Densidad del aire.
- A: Área de la sección.

- U: Velocidad del aire.

Para el caso del coeficiente de potencia, tenemos que la potencia total es:

$$P = C_p \frac{1}{2} (\rho)(A)U^3 = C_p(P_v)$$

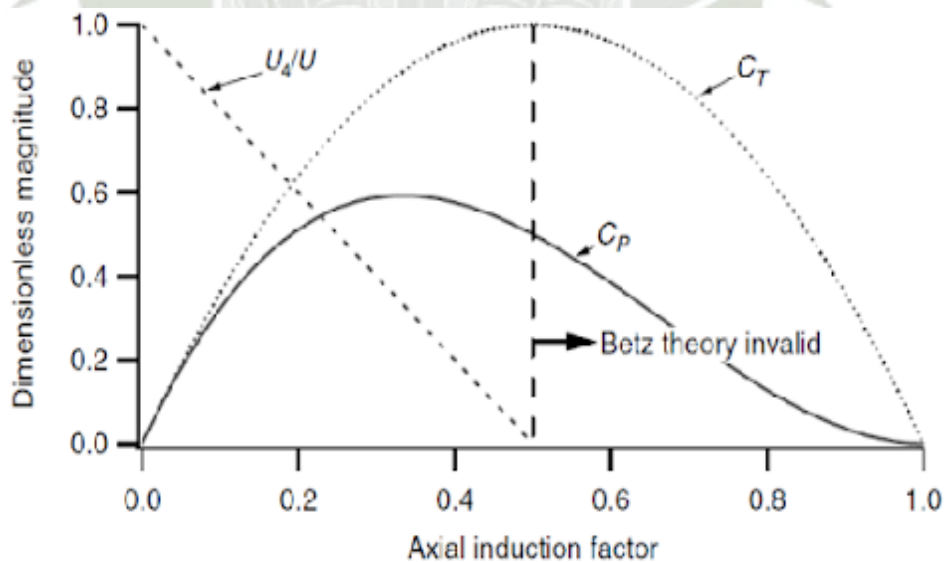
Donde:

- P: Potencia del sistema.
- $C_p$ : Coeficiente de potencia
- $\rho$ : Densidad del aire
- A: Área de la sección
- U: Velocidad del aire

Y en base a la gráfica siguiente, tenemos que el valor máximo del coeficiente de potencia es 57.29% que es conocido como límite de Betz.

**Figura 14**

**Variación de coeficiente potencia y empuje vs coeficiente de velocidad**

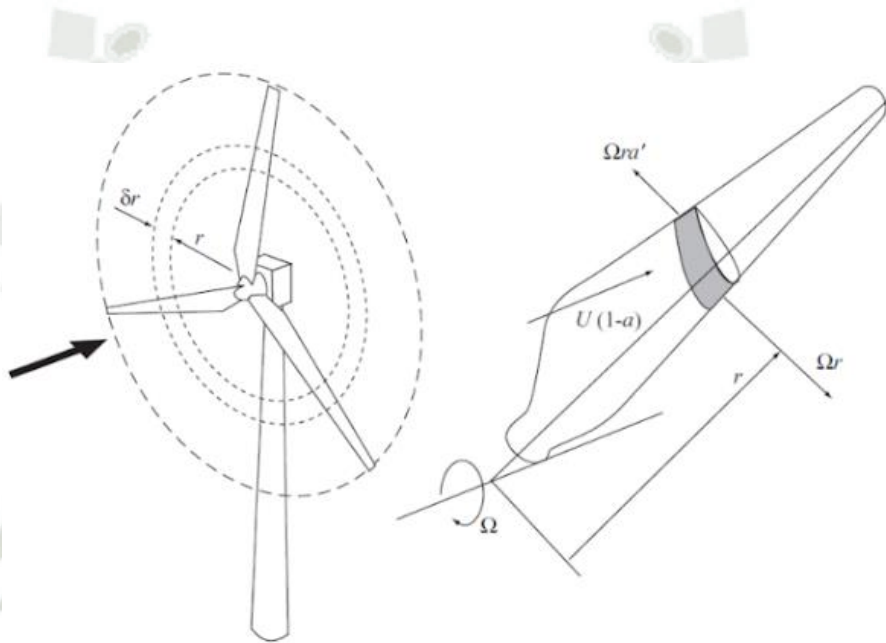


**Fuente: Burton y otros, (2011).**

### 1.3.5.2. Teoría del elemento pala

“Se considera un modelo con una pala de superficie de espesor diferencial para ver los efectos que produce el viento sobre el perfil aerodinámico y las fuerzas que actúan sobre la superficie total de la pala” (Burton y otros, 2011).

**Figura 15**  
**Modelo de pala**

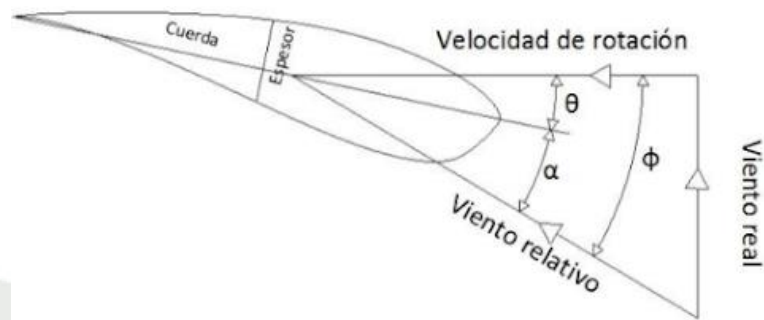


**Fuente: Burton y otros, (2011).**

Donde el perfil guarda los siguientes elementos:

- **Cuerda:** Línea que une los puntos más alejados del perfil.
- **Espesor:** Distancia entre el borde superior e inferior del perfil perpendicular a la cuerda.
- **Ángulo de ataque ( $\alpha$ ):** Ángulo que se forma entre la cuerda y la velocidad relativa de incidencia del viento sobre el perfil.
- **Ángulo de paso ( $\theta$ ):** Ángulo formado entre la cuerda del perfil con el plano de acción de la velocidad de rotación de la pala.
- **Ángulo de flujo ( $\phi$ ):** Ángulo formado entre la velocidad relativa del viento y el plano de acción de la velocidad de rotación de la pala. (Suau de castro, 2014)

**Figura 16**  
**Perfil aerodinámico**



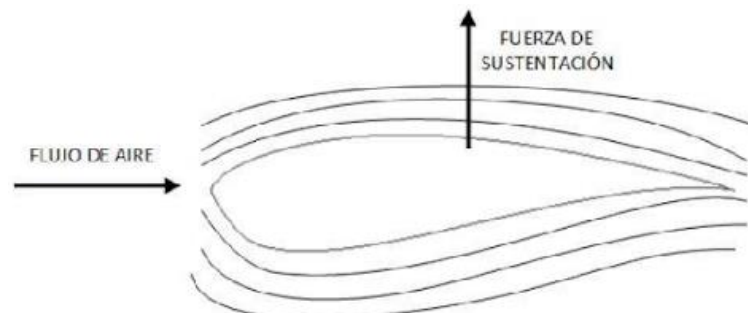
**Fuente: Burton y otros, (2011).**

La fuerza de sustentación es una respuesta al desplazamiento de un objeto a través de un fluido, y que es afectado por la forma del objeto, posición y régimen de giro del objeto cuando se encuentra en movimiento. Donde la velocidad del fluido aumenta y la presión disminuye, por lo que en una pala se busca una gran diferencia de presiones que permita obtener una fuerza de sustentación muy grande. Los diferentes casos que presenta la sustentación son. (Burton y otros, 2011)

- **Perfil asimétrico y ángulo de ataque igual a cero:** En este modelo las partículas de aire cuando entran en contacto con el perfil aerodinámico se separan, y la velocidad de las partículas en la parte superior adquieren una velocidad mayor que las que se encuentren en la parte inferior que genera una fuerza vertical de empuje por la diferencia de presiones. (Suau de castro, 2014)

**Figura 17**

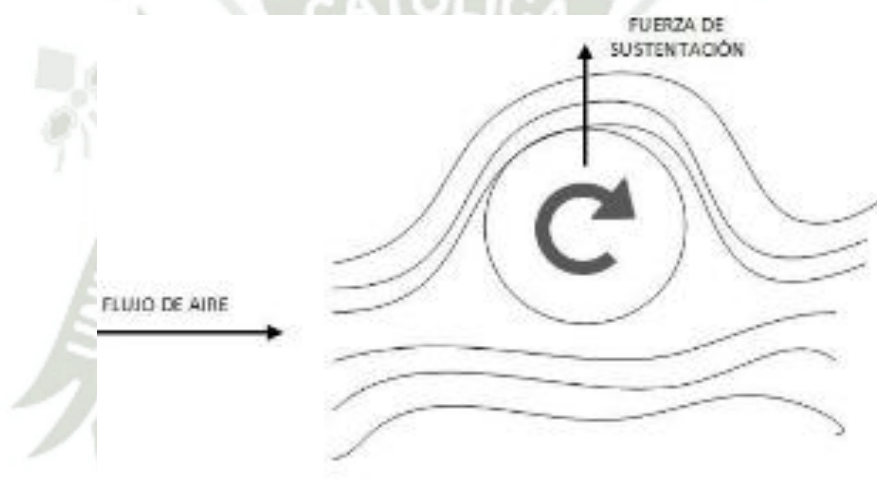
**Efecto de la fuerza de sustentación sobre perfil aerodinámico**



**Fuente: Burton y otros, (2011).**

- **Perfil simétrico y ángulo de ataque diferente a cero:** Este tipo de modelo tiene un comportamiento similar al descrito en el anterior.
- **Efecto Magnus:** En este tipo de modelo, la superficie gira sobre su eje de rotación, y en función del sentido de giro el fluido es frenado en una cara y acelerado en la cara opuesta y que genera una trayectoria en forma parabólica. (Suau de castro, 2014)

**Figura 18**  
**Efecto Magnus**



**Fuente: Burton y otros, (2011).**

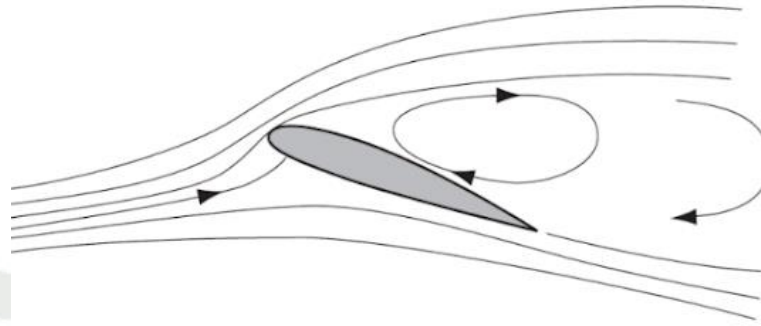
El coeficiente de sustentación está dado por:

$$C_L = \frac{L}{\frac{1}{2}(\rho)(A)U^2}$$

Donde:

- L: Fuerza de sustentación.
- $C_L$ : Coeficiente de sustentación.
- $\rho$ : Densidad del aire.
- A: Área de la sección.
- U: Velocidad del aire.

**Figura 19**  
**Flujo sobre perfil orientado**



**Fuente: Burton y otros, (2011).**

El coeficiente de arrastre está dado por:

$$C_L = \frac{D}{\frac{1}{2}(\rho)(A)U^2}$$

Donde:

- D: Fuerza de arrastre.
- $C_L$ : Coeficiente de arrastre.
- $\rho$ : Densidad del aire.
- A: Área de la sección.
- U: Velocidad del aire.

El factor de calidad aerodinámica del perfil está dado por la siguiente relación:

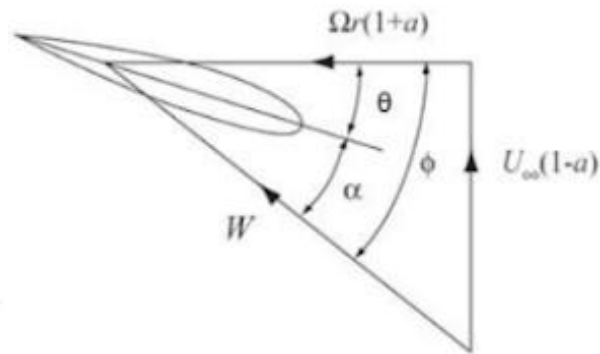
$$\varepsilon = \frac{C_D}{C_L}$$

Donde la relación debe ser alrededor de 0.01 para considerar que el perfil es bueno.

Las relaciones que se dan entre los diferentes componentes la fuerza de sustentación y arrastre, par y potencia que es provocada por el viento sobre el rotor se relacionen en base a las variables tales como el ángulo de incidencia del viento, intensidad del viento y características geométricas del perfil.

**Figura 20**

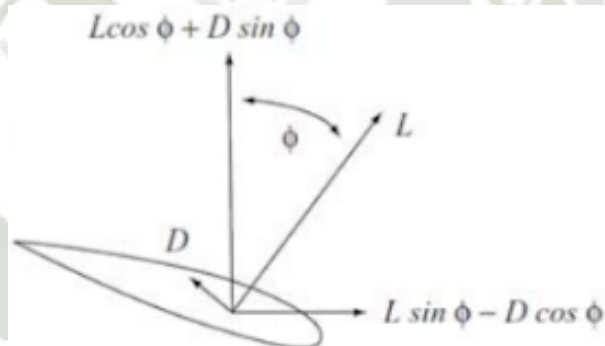
**Velocidad del viento y sus componentes**



**Fuente: Burton y otros, (2011).**

**Figura 21**

**Fuerza de sustentación y arrastre y sus componentes**



**Fuente: Burton y otros, (2011).**

En base a las gráficas anteriores, la fuerza tangencial está dada por:

$$dF_t = (D \cos \phi + L \sin \phi)(N)dr$$

Donde:

- $F_t$ : Fuerza tangencial.
- $D$ : Fuerza de arrastre.
- $L$ : Fuerza de sustentación.
- $N$ : Número de palas.
- $r$ : Radio efectivo de la pala.

La fuerza normal está dada por:

$$dF_n = (D * \sin \sin \phi - L * \cos \cos \phi)(N)dr$$

Donde:

- $F_n$ : Fuerza normal.
- D: Fuerza de arrastre.
- $\Phi$ : Ángulo de ataque.
- L: Fuerza de sustentación.
- N: Número de palas.
- r: Radio efectivo de la pala.

La fuerza normal en base a la fuerza de sustentación y fuerza de arrastre está dada por:

$$dF_n = \frac{1}{2}(\rho)(c)(N)U^2(C_L * \cos \cos \phi + C_D * \sin \sin \phi)dr$$

Donde:

- $F_n$ : Fuerza normal.
- $C_D$ : Coeficiente de arrastre.
- $C_L$ : Coeficiente de sustentación.
- $\rho$ : Densidad del aire.
- $\Phi$ : Ángulo de ataque.
- c: Superficie alar.
- U: Velocidad del aire.
- N: Número de palas.
- r: Radio efectivo de la pala.

La fuerza tangencial en base a la fuerza de arrastre y fuerza de sustentación está dada por:

$$dF_t = \frac{1}{2}(\rho)(c)(N)U^2(C_L * \sin \sin \phi - C_D * \cos \cos \phi)dr$$

Donde:

- $F_n$ : Fuerza normal.

- $C_D$ : Coeficiente de arrastre.
- $C_L$ : Coeficiente de sustentación.
- $\Phi$ : Ángulo de ataque.
- $\rho$ : Densidad del aire.
- $c$ : Superficie alar.
- $U$ : Velocidad del aire.
- $N$ : Número de palas.
- $r$ : Radio efectivo de la pala.

El par ejercido sobre el rotor está dado por:

$$dM = \frac{1}{2} (\rho)(c)(N)U^2(C_L * \sin \phi - C_D * \cos \phi)(r)dr$$

Donde:

- $M$ : Par sobre el rotor.
- $C_D$ : Coeficiente de arrastre.
- $C_L$ : Coeficiente de sustentación.
- $\rho$ : Densidad del aire.
- $\Phi$ : Ángulo de ataque.
- $c$ : Superficie alar.
- $U$ : Velocidad del aire.
- $N$ : Número de palas.
- $r$ : Radio efectivo de la pala.

La potencia está dada por:

$$dP = \frac{1}{2} (\omega)(\rho)(c)(N)U^2(C_L * \sin \phi - C_D * \cos \phi)(r)dr$$

Donde:

- $P$ : Potencia de la turbina.
- $\omega$ : Revoluciones por segundo.

- $C_D$ : Coeficiente de arrastre.
- $C_L$ : Coeficiente de sustentación.
- $\Phi$ : Ángulo de ataque.
- $\rho$ : Densidad del aire.
- $c$ : Superficie alar.
- $U$ : Velocidad del aire.
- $N$ : Número de palas.
- $r$ : Radio efectivo de la pala. (Burton y otros, 2011)

### 1.3.6. Turbina de viento

“Las turbinas de viento son dispositivos que se diseñan para convertir energía cinética del viento en energía mecánica rotatoria que luego se transforma en energía eléctrica luego por medio de un generador” (Monge & Alzamora, 2021).

Las partes principales de una turbina son:

#### 1.3.6.1. Aspas o palas

“Son alas similares a los perfiles de avión contruidos de materiales como el poliéster o epoxy reforzado con fibra de vidrio” (Monge & Alzamora, 2021).

#### 1.3.6.2. Rotor

Es el conjunto construido a partir de las palas y el buje de unión. Y que tiene la función de transformar la energía cinética del viento en energía mecánica de rotación, donde la relación del área barrida por el rotor es directamente proporcional a la producción energética. Estos pueden ser de dos tipos: de paso variable, de paso fijo, de velocidad variable y de velocidad constante. (Monge & Alzamora, 2021)

#### 1.3.6.3. Generador

“Es la parte encargada de transformar la energía mecánica en energía eléctrica alterna; este puede ser un generador sincrónico proporciona energía de mayor calidad, pero es caro y complejo constructivamente o asincrónico de mayor uso” (Paredes & Villavicencio, 2019).

#### 1.3.6.4. Multiplicador

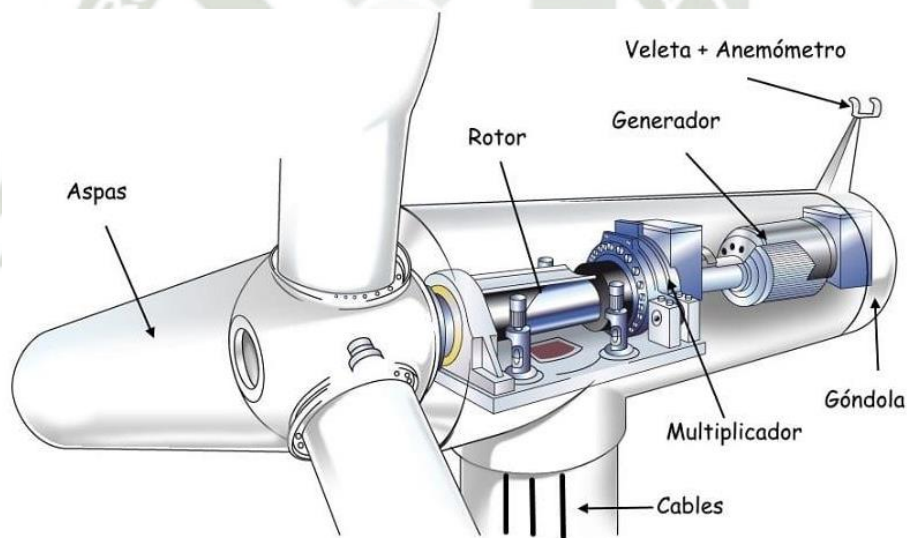
Es la parte encargada de multiplicar la velocidad de giro del rotor (generalmente lento) bajo los requerimientos del generador (Para una turbina de 1500 kW la velocidad de giro del rotor va de 10 a 20 RPM y se transforma a 1500 RPM). (Paredes & Villavicencio, 2019)

#### 1.3.6.5. Góndola

“Es la estructura que guarda los dispositivos que transforman la energía mecánica de rotación a energía eléctrica. En su parte externa cuentan con anemómetros y una veleta para la obtención de los datos de control” (Paredes & Villavicencio, 2019).

**Figura 22**

#### **Partes principales de generación de una turbina eólica**



**Fuente: Centurion, (2019).**

#### 1.3.6.6. Torre

“Soporta la góndola y el rotor construidas a partir de una estructura tubular de acero. Hay otras versiones poco comunes a partir de una armadura de acero soldado” (Paredes & Villavicencio, 2019).

### 1.3.6.7. Controlador electrónico

Es el computador que se encarga de controlar las condiciones de funcionamiento mediante el análisis de señales por los sensores que miden la temperatura, presiones, velocidad del viento, dirección del viento, tensiones e intensidades eléctricas y la vibración de las diferentes partes. (Paredes & Villavicencio, 2019)

### 1.3.6.8. Sistemas hidráulicos

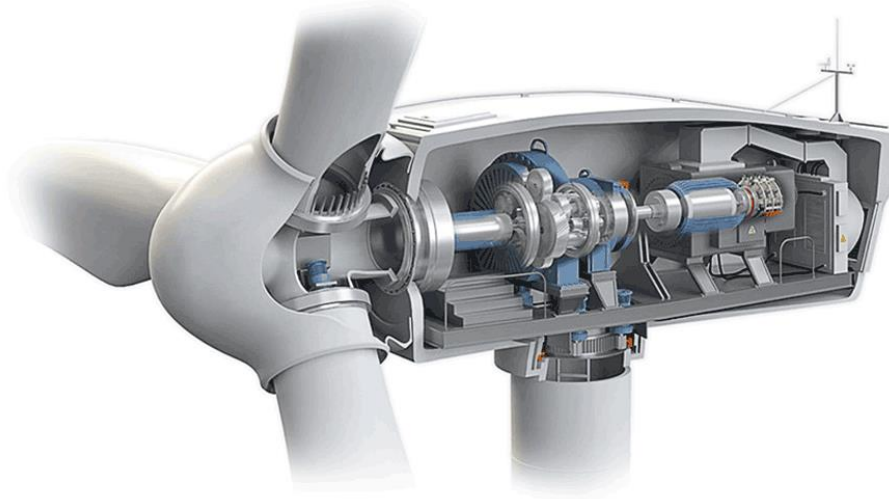
“Es un elemento auxiliar que permite el accionar el giro de las palas sobre su eje, el frenado del rotor o de la góndola” (Paredes & Villavicencio, 2019).

### 1.3.6.9. Sistemas de orientación

“Recogen la data de la veleta y coloca el rotor de manera perpendicular al viento” (Paredes & Villavicencio, 2019).

**Figura 23**

**Detalle interno real de una turbina eólica**



**Fuente: Centurion, (2019).**

### 1.3.6.10. Turbina de viento de eje vertical o Darrieus

En este tipo de turbinas, el eje del rotor se encuentra en posición vertical, y donde el generador y los dispositivos de transmisión se localizan a nivel de tierra. Además, tienen la particularidad de capturar el viento en múltiples direcciones y de no necesitar un sistema de orientación de las palas. Su desventaja es que sólo se puede usar para potencias bajas y con corrientes de viento de velocidad reducida por las palas en forma de C, necesita un área extensa de terreno de operación y un sistema para arrancar. (Centurion, 2019)

**Figura 24**

**Diferentes modelos de turbinas eólicas verticales**



**Fuente: Alave y otros, (2022).**

### 1.3.6.11. Potencial eólico disponible en Arequipa

“Este tipo de turbinas tienen el eje del rotor en posición horizontal, y en la parte superior se ubica la góndola con las partes principales de transformación energética tales como el generador, aspas y rotor” (Bojorquez, 2018).

#### 1.3.6.11.1. Aerogenerador monopala, bipala, tripala o multipala

“Por evolución de los aerogeneradores actualmente se usan con mayor extensión los tripala por su mayor estabilidad, además que permite ahorrar material de construcción y es menos pesado lo que quita complejidad al sistema” (Bojorquez, 2018).

**Figura 25**  
**Aerogenerador tripala**



Fuente: Vicente y otros, (2018).

#### 1.3.6.11.2. Aerogenerador con rotor a sotavento

La construcción más extendida de los aerogeneradores tienen el rotor a barlovento (delante de la góndola) para que ningún elemento pueda frenar el viento o crear turbulencia, en cambio este tipo de aerogeneradores lo ubican en la parte trasera para que funcione como veleta y se oriente más fácilmente la góndola en dirección al viento sin necesidad de mayor cantidad de dispositivos. Su restricción se encuentra en la capacidad de potencia que es mucho menor a la de un generador con rotor a barlovento. (Vicente y otros, 2018)

**Figura 26**  
**Aerogenerador tripala con rotor a sotavento**



Fuente: Vicente y otros, (2018).

#### 1.4. HIPÓTESIS

Es plausible el diseño e implementación de un prototipo de turbina eólica horizontal con dos modelos de aspas para realizar comparaciones de respuesta a diferentes velocidades de flujo de aire que permitan proponer un diseño aplicable a soluciones de baja demanda eléctrica.





## **CAPÍTULO 2**

# **PLANTEAMIENTO DE LA OPERACIÓN**

## 2. PLANTEAMIENTO DE LA OPERACIÓN

### 2.1. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

#### 2.1.1. Técnicas

Las técnicas usadas para el desarrollo de esta propuesta son:

##### 2.1.1.1. Documental

“Se recolectará información de libros, revistas indexadas, papers acorde a los temas de energía renovables y turbinas eólicas” (Hernández y otros, 2010).

##### 2.1.1.2. Monumental

“Se implementará una turbina eólica horizontal a escala con dos modelos de aspas son un sistema de adquisición de datos, y una interfaz de control y muestra de datos” (Hernández y otros, 2010).

#### 2.1.2. Instrumentos

Algunos de los instrumentos usados son:

- Software de programación de bajo nivel como Arduino IDE o C.
- Lenguajes de programación para interfaces gráficas como Python o Processing.
- Programa de CAD como Solidworks o Autodesk Inventor.
- Software de simulación como Ansys o Autodesk Mechanical
- Componentes e instrumentos para prototipado e implementación.

### 2.2. CAMPO DE VERIFICACIÓN

- Campo

La investigación pertenece a las ciencias físicas y formales.

- Área

El área corresponde a la ingeniería mecánica eléctrica.

- Línea

La línea de investigación corresponde a las energías renovables, fabricación digital y máquinas eléctricas.

- Diseño  
El diseño es experimental.
- Periodo  
El periodo es prospectivo. (Aleida, Beltrán, 2021)

## 2.3. ALCANCES Y LIMITACIONES

### 2.3.1. Alcances

Para el proyecto de tesis, se consideran los siguientes alcances:

- El diseño e implementación de un prototipo de una turbina eólica horizontal a escala.
- Se realizarán simulaciones para predecir el comportamiento de la turbina a diferentes velocidades de viento.
- Se compararán dos modelos de turbinas eólicas horizontales a escala.
- Se implementará un banco de pruebas para dichas turbinas.
- Prueba de concepto a partir de la adquisición de datos y el despliegue de los mismos en un software de computadora.
- Propuesta de mejora del prototipo. (Hernández y otros, 2010)

### 2.3.2. Limitaciones

Para el presente proyecto de tesis, se consideran las siguientes limitaciones:

- Las simulaciones de comportamiento estarán sujetas a medir las fuerzas sobre las aspas y el giro.
- Las diferencias entre las turbinas a ser comparadas estarán sujetas a la forma de las aspas.
- El banco de pruebas estará enfocado en obtener una respuesta de los modelos a escala a diferentes velocidades de flujo de aire.
- La escala de la turbina estará sujeto a las limitaciones de las dimensiones del motor base.
- El software se limitará a la adquisición de datos y mostrar los mismos en una GUI básica.

- El modelo se implementará en base a motores o materiales que se puedan encontrar en el mercado nacional.
- La electrónica de adquisición de datos se implementará en base a los elementos que se pueden encontrar en el mercado nacional.

### 2.3.3. Cronograma

El cronograma de actividades propuesto es el que se muestra a continuación:

**Tabla 3**  
**Cronograma de Actividades**

<b>CRONOGRAMA</b>							
<b>Plazo</b>	<b>6 meses</b>						
<b>Item</b>	<b>Actividades</b>	<b>Mes 1</b>	<b>Mes 2</b>	<b>Mes 3</b>	<b>Mes 4</b>	<b>Mes 5</b>	<b>Mes 6</b>
1	Revisión bibliográfica y teórica de los temas relacionados	x					
2	Definir los requerimientos básicos para diseñar el prototipo	x					
3	Simular la turbina eólica a diferentes velocidades de flujo de aire		x				
4	Diseñar la turbina eólica horizontal a escala con dos diferentes modelos de aspas			x			
5	Implementar el prototipo conceptual con dos diferentes modelos de aspas			x	x		
6	Desarrollar el sistema de adquisición de datos y visualización de datos				x		
7	Comprobar la respuesta del prototipo a los dos modelos de aspas				x	x	
8	Proponer mejoras al prototipo					x	
9	Documentación					x	x

**Fuente: Elaboración propia**



**CAPÍTULO 3**  
**PRUEBA DE CONCEPTO**

### 3. PRUEBA DE CONCEPTO

#### 3.1. PARAMETROS DE DISEÑO

##### 3.1.1. Selección de alternativas

Para elaborar el diseño del aerogenerador, es necesario seguir una secuencia de pasos que implica la selección meticulosa de cada uno de sus componentes. Este proceso incluye determinar el tipo de rotor, establecer la relación de velocidades de diseño (TSR), decidir el número de álabes, elegir el perfil aerodinámico, seleccionar el material, definir el sistema de orientación, especificar el tipo de torre, optar por un generador, elegir un inversor y determinar la necesidad de incorporar baterías.

##### 3.1.2. Tipo de rotor

El aerogenerador empleado se caracteriza por ser de tipo horizontal. Este tipo de diseño presenta notables ventajas, entre las cuales se destaca la variabilidad de los extremos de las palas, permitiendo que estas adopten el ángulo óptimo para captar la máxima cantidad de energía eólica. Además, su mecanismo de transmisión es más sencillo y ofrece un rendimiento superior en comparación con los aerogeneradores de eje vertical. También se destaca la proximidad del generador a los álabes, lo que mejora la eficiencia y facilita la construcción, posibilitando su aplicación en una amplia gama de situaciones, desde sistemas aislados de baja potencia hasta instalaciones en grandes parques eólicos. Por estas razones, los aerogeneradores de eje horizontal son ampliamente utilizados en la industria. Además, el movimiento rotacional generado se transmite al generador, encargado de producir la energía eléctrica. En relación con la orientación del viento, se ha diseñado un rotor a barlovento, es decir, orientado hacia la dirección predominante del viento.

##### 3.1.3. Número de álabes

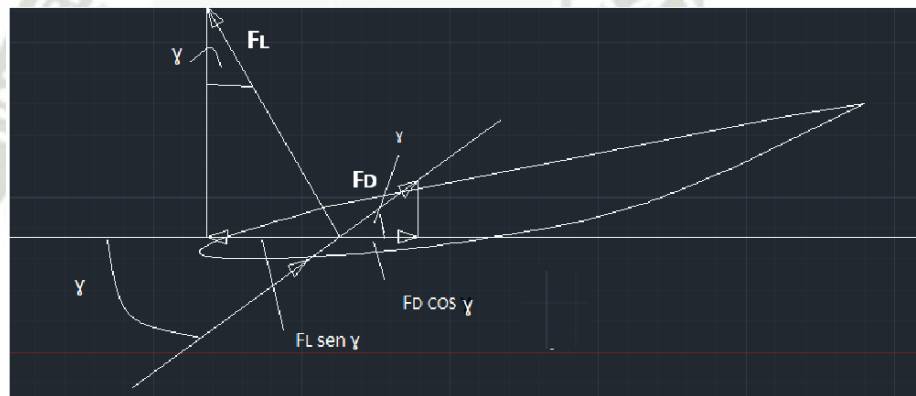
La configuración del diseño incluye la implementación de tres álabes con perfiles aerodinámicos específicos. La elección de este número de álabes se fundamenta en sus ventajas destacadas, como la facilitación de un giro suave y uniforme, la generación de un torque adecuado para el funcionamiento del

generador, y la limitación significativa de vibraciones o movimientos bruscos. La utilización de un número impar de palas en los aerogeneradores se justifica para minimizar las cargas cíclicas y la fatiga de los materiales. Además, los sistemas con tres palas han demostrado ser la opción más estable y equilibrada desde una perspectiva dinámica, superando a las configuraciones con una sola pala o dos palas, y mostrándose económicamente más eficientes que aquellos con mayor cantidad de palas.

#### 3.1.4. Fuerzas que actúan sobre el alabe y rotor

La fuerza de sustentación, expresada como  $FL$ , se orienta en una dirección que es perpendicular a la velocidad relativa del viento, al mismo tiempo que la fuerza de resistencia persiste en una dirección paralela a la velocidad relativa del aire.

**Figura 27 Fuerzas que actúan sobre el alabe y rotor; Fuente: Propia**



En situaciones donde se mantiene una relación constante, se logra un equilibrio entre la fuerza motriz ( $FL \text{ sen } \gamma$ ) y la fuerza resistente ( $Fd \text{ cos } \gamma$ ), respectivamente.

#### 3.1.5. Material de los álabes

Las palas deben ser de fabricación sencilla y poseer una resistencia estructural adecuada para soportar las elevadas cargas a las que estarán expuestas. La selección de materiales es crucial para la fabricación, ya que la durabilidad de las palas y sus propiedades estructurales dependen en gran medida de dicha

elección. Es esencial que el material de las palas pueda adaptarse a las variaciones en la velocidad del viento.

En la fabricación de las palas, se suelen utilizar materiales como madera, aluminio, acero y, más recientemente, materiales compuestos como poliéster o resina epóxica reforzada con fibra de vidrio o carbono. Las palas de aluminio y aleaciones de acero, aunque son utilizadas en turbinas muy pequeñas, son pesadas y propensas a la fatiga. Por lo tanto, se prefieren materiales más ligeros con propiedades mecánicas adecuadas a lo largo de su vida útil, como la madera y los materiales compuestos.

Además, se exploran materiales poliméricos, plásticos, fibras y resinas, que ofrecen buena resistencia a la fatiga, aunque su costo es elevado. A pesar de esto, presentan la ventaja de ser ligeros e insensibles a la corrosión.

### **3.1.6. Tipo de motor**

Los motores paso a paso o steppers son motores de gran precisión en control de posicionamiento, razón por la cual son muy utilizados en sistemas CNC, impresoras 3D, fresadoras CNC, robótica de precisión. Son un tipo especial de motor que recibe su nombre por su forma de funcionamiento en la que el eje de salida gira en pasos o saltos definidos, esto debido a su diseño de bobinas o fases independientes y el eje con múltiples polos. La rotación completa del eje está dividida en un número fijo de pasos, en este caso 200 pasos de  $1.8^\circ$  cada uno, lo que permite desarrollar aplicaciones de control de posición y velocidad de gran precisión y repetitividad sin la necesidad de retroalimentación(encoders), siempre que el dimensionamiento sea el adecuado. Para el control de motores paso a paso es necesario una combinación de hardware(driver) y software específica que permita la activación secuencial correcta de las fases del motor pap.

### **3.1.7. Dimensionamiento del álabe**

Para el dimensionamiento se comenzará con las dimensiones características del álabe, en el cual se involucran varios parámetros de interés, como se detalla a continuación:

$P_u$  = Potencia útil

$\eta_g$  = Rendimiento del aerogenerador

$\rho$  = Densidad del aire

$\langle v^3 \rangle$  = Media del cubo de velocidades

$C_p$  = Coeficiente de potencia

### 3.1.8. Potencia útil

Al ser este un trabajo más abocado al tema de ver las diferentes respuestas de nuestra turbina eólica con diferentes tipos de aspas solamente se tomará una potencia base para una posible aplicación en una pequeña vivienda. Dicha potencia base nos servirá para los diferentes cálculos correspondientes.

**Tabla 4. Diagrama de cargas. Fuente: Propia**

Descripción de la carga	#Cargas	Potencia Unitaria (W)	Potencia total (W)	Horas del consumo (hr/día)	Energía total (W · hr/ día)
Refrigeradora	1	40	40	24	959
Televisor	1	100	100	3	300
Radio	1	10	10	4	40
Computadora	1	100	100	2	200
Plancha	1	1000	1000	0.5	500
Iluminación	6	12	72	19.2	230.4
<b>TOTAL</b>			<b>1322</b>		<b>2229.4</b>

Aplicando el Factor de simultaneidad del 50%:

$$P_{min} = P_t * F. S. = 1.322 \text{ kW} * 0.5 = 0.661 \text{ kW}$$

Por lo tanto, la potencia mínima que debe suministrar el sistema de energía eólica es de aproximadamente 700 W.

### 3.1.9. Relación de velocidades de diseño

La relación de velocidades de diseño ( $\lambda$ ) se escoge en función del número de álabes. A partir de los datos de la Tabla 4 y con base en la selección de tres álabes  $B = 3$ , corresponde un valor de la velocidad de diseño igual a 7 ( $\lambda = 7$ ).

**Tabla 5 Velocidades de diseño según el número de alabes.**

$\lambda$	Nº de palas
1	6 – 20
2	4 – 12
3	3 – 6
4	2 – 4
5 – 8	2 – 3
8 – 15	1 – 2

**Fuente: Aguilar, Cristóbal (2017)**

### 3.1.10. Coeficiente de potencia

Se asume un valor de  $C_p = 0.42$  como parámetro base de diseño para un rotor de eje horizontal.

### 3.1.11. Cálculo de potencia del viento

Como ya se ha determinado anteriormente, la fórmula para obtener la potencia del viento dependiendo de la velocidad es:

$$P_{eolica} = \frac{1}{2} \rho A v^3 \quad \text{Ec. 1}$$

Pero como sabemos que el área por el que va a pasar el viento que estamos analizando es circular, podemos colocar la fórmula en términos del diámetro.

Para determinar la densidad del aire, primero necesitamos algunos datos brindados por el Mapa Climático del Perú de SENAMHI.



**Figura 28 Referencias altitud, Fuente: Senamhi (2018)**

En la Figura podemos observar que la altura es menor a 1700 m.s.n.m., que para simplificar cálculos se tomará esta medida. En cuanto a la temperatura se trabajará con un promedio de 18.5°C siendo esta la temperatura promedio. La humedad relativa será de 50% como un valor promedio al año.

Para estos datos, usando la Psicrometría, la densidad del aire es de:

$$\text{Altitud} = 1700 \text{ m}, \quad T_{\text{bulbo seco}} = 18.5 \text{ }^{\circ}\text{C}, \quad \text{HR} = 50\%$$

$$\rho = 0.9728 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

### 3.1.12. Media del cubo velocidades

De acuerdo a un estudio preliminar realizado en el período octubre 2020 – enero 2021, en la ciudad de Arequipa se tiene una velocidad eficaz promedio de 6,47 m/s

Los datos a partir de los cuales se estableció la media se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 6 Velocidad de diseño**

Meses	Velocidad eficaz (m/s)
Octubre	5,86
Noviembre	6,39
Diciembre	7,17
Enero	5,87
Febrero	7,17
Marzo	6,43
Abril	6,46
Mayo	7,55
Junio	1,99
Julio	8,54
Agosto	7,52
Septiembre	6,64

Fuente: Senamhi , 2021

$$v^3 = (6.47)^3$$

$$v^3 = 270,84 \frac{m^3}{s^3}$$

### 3.1.13. Longitud del alabe

$$R = \left[ \frac{2 * P_u}{\pi(n_m)(n_g) * C_p * \rho(v^3)} \right]^{0.5} \quad \text{EC. 2}$$

Donde:

R = radio (m)

C<sub>p</sub> = coeficiente de potencia.

P<sub>u</sub> = Potencia útil

η<sub>g</sub> = 0,7 como parámetro base de diseño.

η<sub>m</sub> = 1,0 debido a que el generador va conectado directamente al eje de la turbina por

ser un generador de imanes permanentes.

C<sub>p</sub> = 0,42 como parámetro base de diseño para un rotor de eje horizontal.

ρ = 0,9728 kg/m<sup>3</sup> Densidad media del aire en Arequipa

{v<sup>3</sup>} = 270,84 m<sup>3</sup>/s<sup>3</sup>

$$R = \left[ \frac{2 * P_u}{\pi(n_m)(n_g) * C_p * \rho(v^3)} \right]^{0.5}$$

$$R = \left[ \frac{2 * 700}{\pi(1)(0.7) * 0.42 * 0.9728(270.84^3)} \right]^{0.5}$$

$$R = 2.30m$$

## 3.2. DISEÑO DEL DISPOSITIVO DE MONITOREO

### 3.2.1. Requerimientos de diseño

Las características del dispositivo de monitoreo de RPM y generación eléctrica son las siguientes:

- Medición de las RPM generadas por parte del aerogenerador.
- Medición de la generación eléctrica mediante el consumo de corriente aplicado a una carga.
- Procesamiento y almacenamiento de datos y señales obtenidos por parte de sensores.
- Interfaz humano - máquina que muestren las señales y datos procesados.

Es por ello, que se deben seleccionar y diseñar los siguientes componentes:

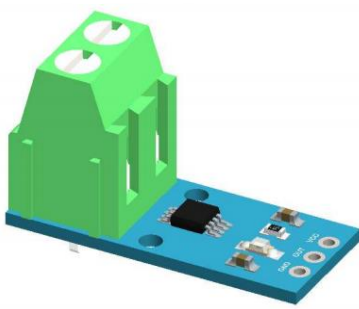
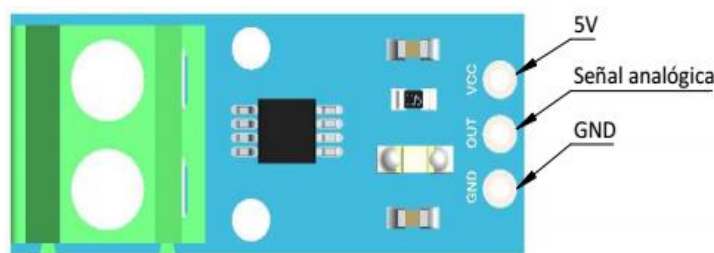
- Sensor de medición de RPM.
- Sensor de medición de generación eléctrica mediante el monitoreo de consumo de corriente de una carga.
- Controlador para almacenamiento y procesamiento de datos y señales.
- Pantalla para interfaz humano - máquina.

### 3.2.2. Sensor de corriente ACS712-30A

Es el sensor encargado de medir la carga producida por el aerogenerador, el modelo usado es el ACS712 que es un sensor de corriente de efecto Hall que realiza las mediciones del campo magnético que se produce por la inducción que circula por la línea de medición. (Rodríguez y otros, 2018)

Figura 29

## Sensor de efecto Hall ACS712 – 30A



Fuente: UNIT Electronics, (2023).

Las características del sensor son las siguientes:

- Rango de medición ( $I_p$ ):  $\pm 30$  A.
- Voltaje de alimentación ( $V_{cc}$ ): 8V máximo.
- Voltaje nominal de alimentación ( $V_{cc}$ ): 5V.
- Sensibilidad: 66 mV/A.
- Voltaje unipolar de salida a corriente cero ( $V_{out}$ ): 2.5V.

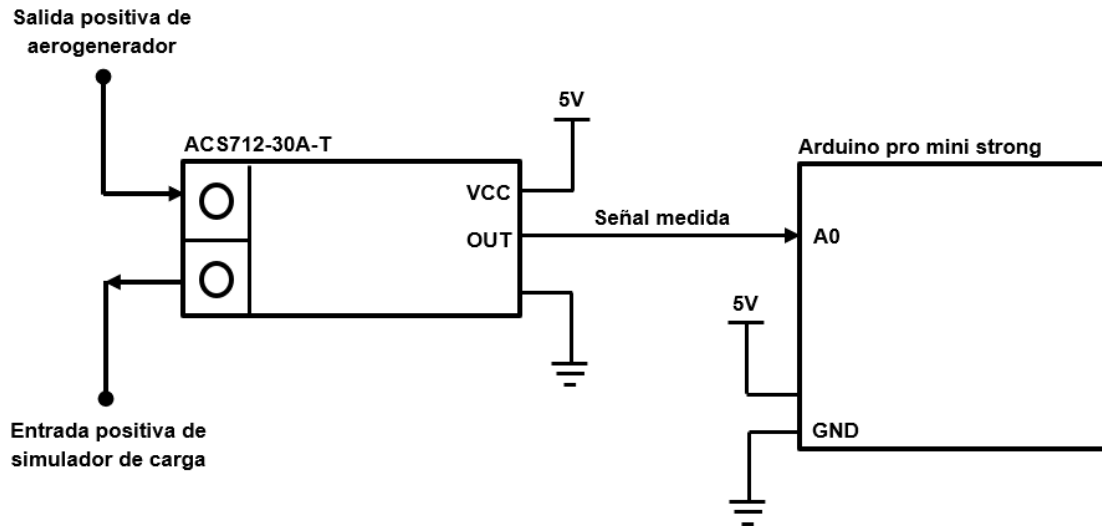
Por medio del sensor se medirá la corriente con una sensibilidad que genera un offset en la medición, por lo que la corriente real medida está dada por la siguiente fórmula.

$$I_{\text{medida} - \text{sensor}} = \frac{V_{\text{medida} - \text{sensor}} - 2.5}{\text{Sensibilidad}}$$

La conexión para el módulo de sensor con el microcontrolador se muestra en la siguiente figura. (Rodríguez y otros, 2018)

Figura 30

## Conexión del sensor de corriente ACS712 – 30A



Fuente: Elaboración propia

El punto medio de la lectura de corriente dentro del rango aceptado (0 a 5V) es 2.5V que corresponde a una corriente igual a 0A, a partir de dicho valor la corriente obtenida es proporcional de 0 a 30A. Por lo contrario, cuando la corriente obtenida es de 0 a -30A es directamente proporcional al rango del sensor de 2.5 a 0V. (Rodríguez y otros, 2018)

### 3.2.3. Sensor de lectura de RPMs TCRT5000

Es el sensor encargado de medir las revoluciones por minuto del aerogenerador por medio de un sensor óptico reflexivo, el cual a través de emitir una luz que rebota contra una superficie como una cinta reflexiva mide los pulsos generados; para lo cual se utiliza un fototransistor de recepción, un led emisor infrarrojo y un procesador de señal TCRT5000. (Rodríguez y otros, 2018)

**Figura 31**

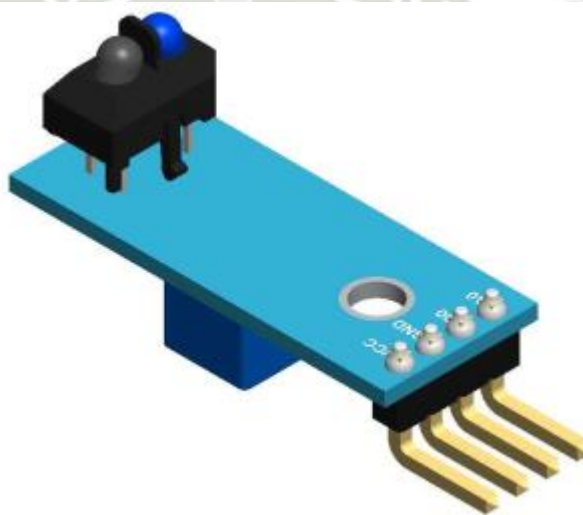
**Sensor de lectura de RPMs TCRT5000 - 1**



**Fuente: SAISAC Mecatronica, (2023).**

**Figura 32**

**Sensor de lectura de RPMs TCRT5000 - 2**



**Fuente: SAISAC Mecatronica, (2023).**

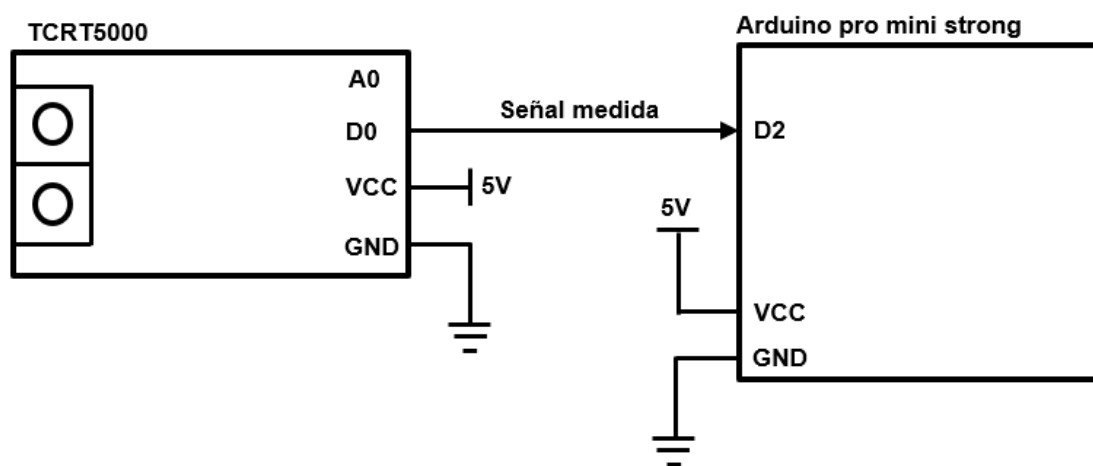
Las características eléctricas de dicho sensor son las siguientes:

- Voltaje de alimentación: 5 VDC.
- Receptor: Fototransistor.
- Emisor: Led infrarrojo.
- Longitud de onda: 950 nm.
- Rango de operación: 0.2 mm a 15 mm. (Rodriguez y otros, 2018)

La conexión del módulo de medición de RPMs se muestra en el siguiente diagrama.

**Figura 33.**

**Conexión de sensor de lectura de RPMs TCRT5000**

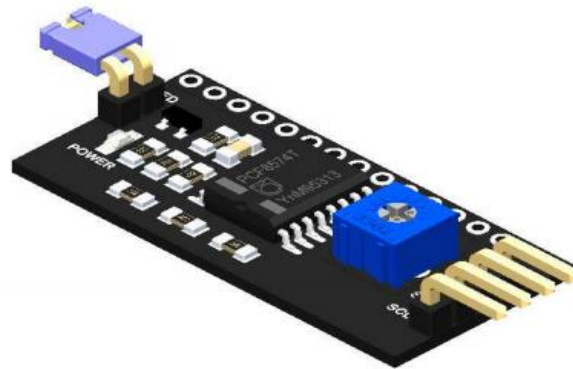


**Fuente: Elaboración propia.**

#### **3.2.4. Controlador de LCD 16x2 por I2C**

Un controlador PCF8574 utiliza comunicación I2C que permiten enviar los caracteres alfanuméricos en la pantalla LCD16x2 para lo cual se usan pines SDA y SCL para conectarse con el microcontrolador. En cuanto al contraste de pantalla, se usa un potenciómetro en el módulo; además, el led de iluminación trasera en pantalla se usa un jumper en el módulo. (Rodríguez y otros, 2018)

**Figura 34.**  
**Controlador I2C para pantalla LCD16x2**



**Fuente: SAISAC Mecatronica, (2023).**

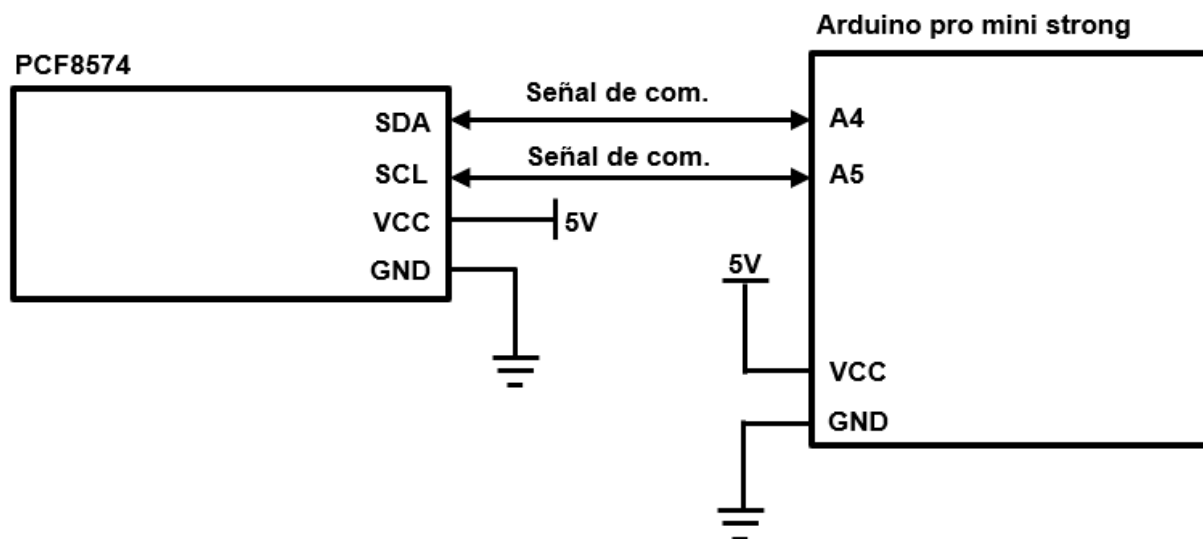
Las características eléctricas y de procesamiento del módulo son las siguientes:

- Voltaje de alimentación: 5V (máx. 5.5V).
- Caracteres: 16 (2 líneas).
- Controlador: PCF8574.
- Dirección I2C: 0x3F (También 0x27).
- Comunicación: Protocolo I2C.

La conexión del módulo se muestra en el siguiente diagrama. (Rodriguez y otros, 2018)

Figura 35.

## Conexión del controlador I2C para pantalla LCD16x2



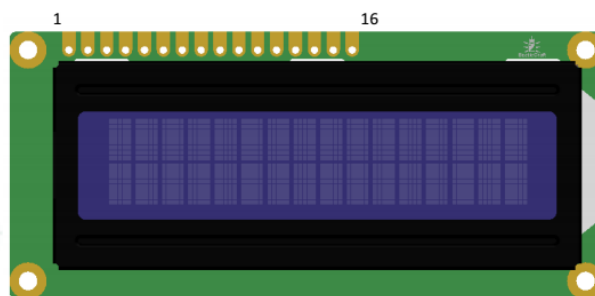
Fuente: Elaboración propia.

### 3.2.5. Pantalla LCD 16x2

Usaremos la pantalla LCD 16x2 para la visualización de los valores obtenidos en la lectura de los sensores para lo cual se utilizan dos líneas de 16 caracteres por cada una de estas. En la interfaz se presentarán los siguientes datos:

- Pantalla de inicialización.
  - Lectura de RPMs o velocidad angular del motor.
  - Lectura de corriente generada por parte del aerogenerador en amperios.
- (Rodríguez y otros, 2018)

**Figura 36.**  
**Pantalla LCD16x2**



PIN	NOMBRE	FUNCIÓN	PIN	NOMBRE	FUNCIÓN
1	VSS	0V	9	DB2	Bus de datos (8 bits)
2	VDD	5V	10	DB3	Bus de datos (8 bits)
3	V0	Voltaje de contraste	11	DB4	Bus de datos (4 bits)
4	RS	Selección de registro	12	DB5	Bus de datos (4 bits)
5	R/W	Leer / escribir	13	DB6	Bus de datos (4 bits)
6	E	Habilitar señal	14	DB7	Bus de datos (4 bits)
7	DB0	Bus de datos (8 bits)	15	BLA	Backligth 5V
8	DB1	Bus de datos (8 bits)	16	BLK	Backligth 0V

**Fuente: Rodriguez y otros, (2018).**

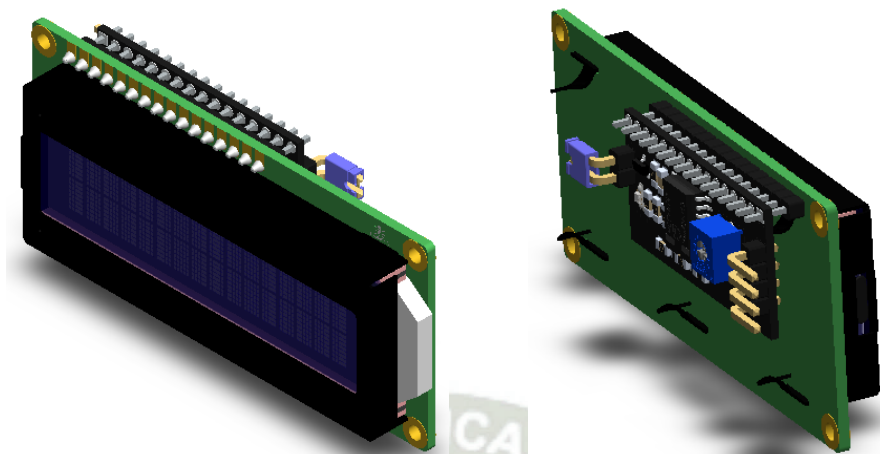
Las características eléctricas y de procesamiento del módulo son las siguientes:

- Voltaje de alimentación: 5V (máx. 5.5V).
- Caracteres: 16 (2 líneas).
- Consumo: 18mA.
- Potenciómetro para contraste 10kohm - 20koh.
- Datos de entrada.

La conexión de la pantalla al módulo controlador LCD 16x2 por I2C. (Rodriguez y otros, 2018)

**Figura 37.**

**Conexión de la pantalla LCD16x2 con controlador I2C**



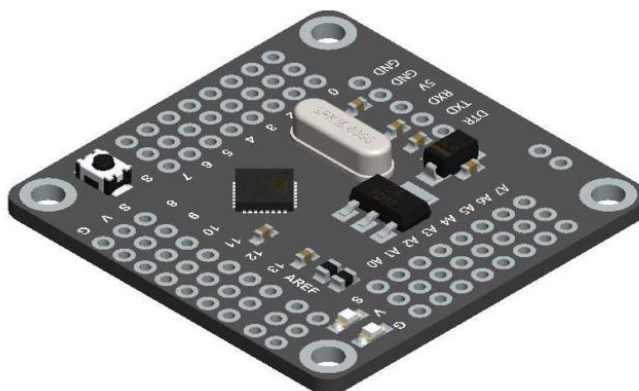
**Fuente: Rodriguez y otros, (2018).**

### **3.2.6. Microcontrolador Arduino Pro Mini Strong**

Es un microcontrolador basado en el módulo comercial Arduino UNO que usa un microcontrolador ATmega328 de 8 bits, que posee una velocidad de procesamiento de 16MHz, pero este posee pines agrupados en una salida de voltaje a 5V, GND y señal adecuados para sensores externos como los que vamos a aplicar en esta solución, similar al sensor shield usado por Arduino. El módulo se muestra en la figura siguiente. (Naylamp Mechatronics SAC, 2023)

**Figura 38.**

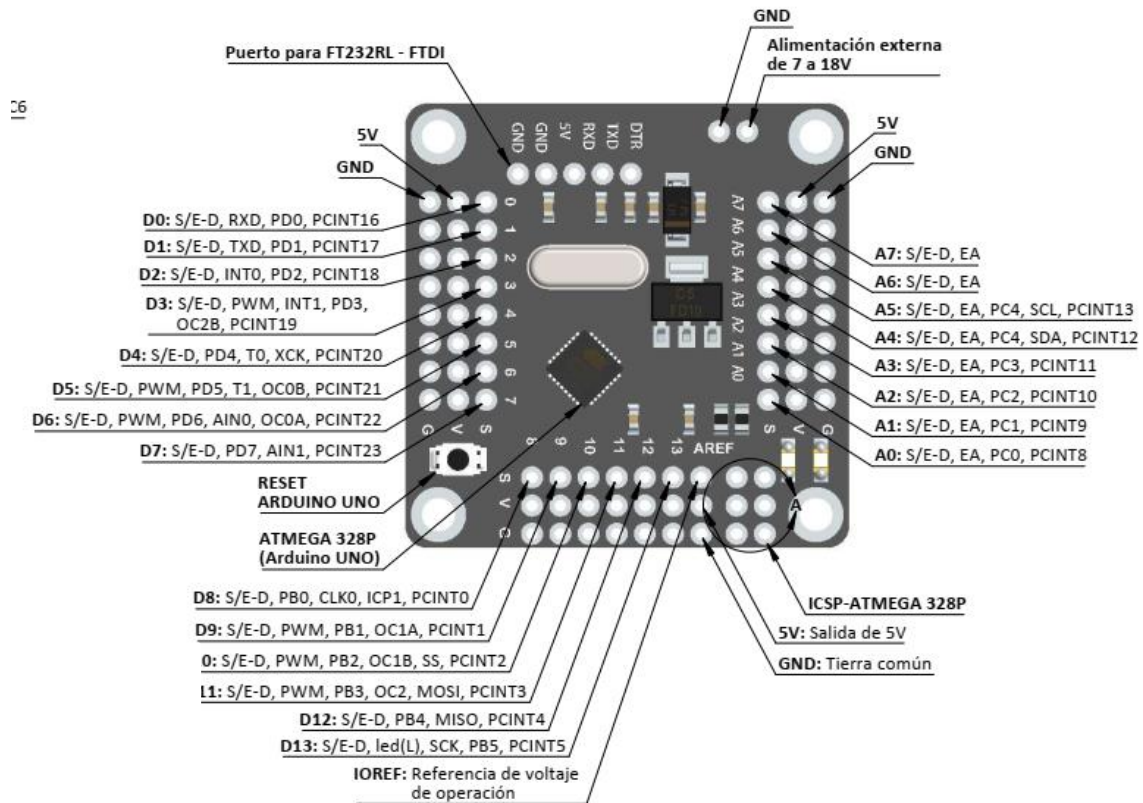
**Microcontrolador Arduino Pro Mini Strong**



**Fuente: Naylamp Mechatronics SAC, (2023).**

Figura 39.

Periféricos del microcontrolador Arduino Pro Mini Strong



Fuente: Naylamp Mechatronics SAC, (2023).

Las características eléctricas y de procesamiento del módulo son las siguientes:

- Velocidad de reloj: 16MHz.
- Voltaje de trabajo: 5V.
- Voltaje de alimentación externo: 7 – 18V.
- Salidas / entradas digitales: 14.
- Salidas PWM: 6.
- Entradas analógicas: 6.
- Memoria Flash: 32 KB.
- Memoria SRAM: 2 KB.
- Memoria EEPROM: 1 KB.
- Corriente máxima absoluta por pin: 40mA.

- Corriente máxima del paquete entero: 200mA. (Rodríguez y otros, 2018)

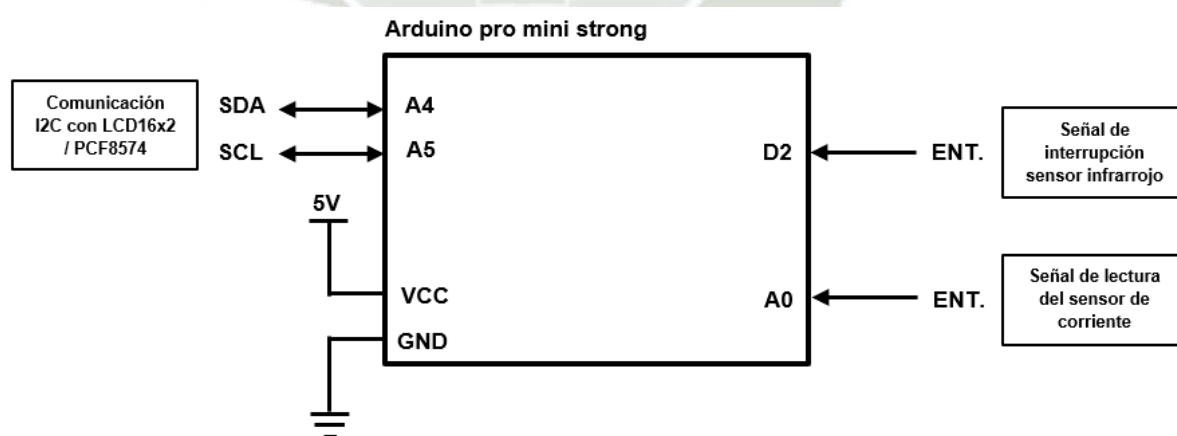
Los procesos que realizará el microcontrolador son:

- Procesamiento de la señal analógica de la corriente producida por el aerogenerador enviada del sensor ACS712 – 30A para su conversión y cálculo dentro del rango de -30 a 30A y la entrada analógica A0.
- Procesamiento de la señal digital obtenida de las RPMs por el giro del aerogenerador por parte del sensor TCRT5000, para lo cual se realizará un cálculo de la interrupción en el pin D2.
- Interfaz Humano-Máquina para lo cual usaremos el módulo PCF8574 por comunicación I2C y que será transmitida a la pantalla LCD 16x2 usando los pines de comunicación A4 y A5 (SDA y SCL). (Naylamp Mechatronics SAC, 2023)

La conexión del microcontrolador se muestra en el siguiente diagrama.

**Figura 40.**

**Salidas y entradas del módulo**



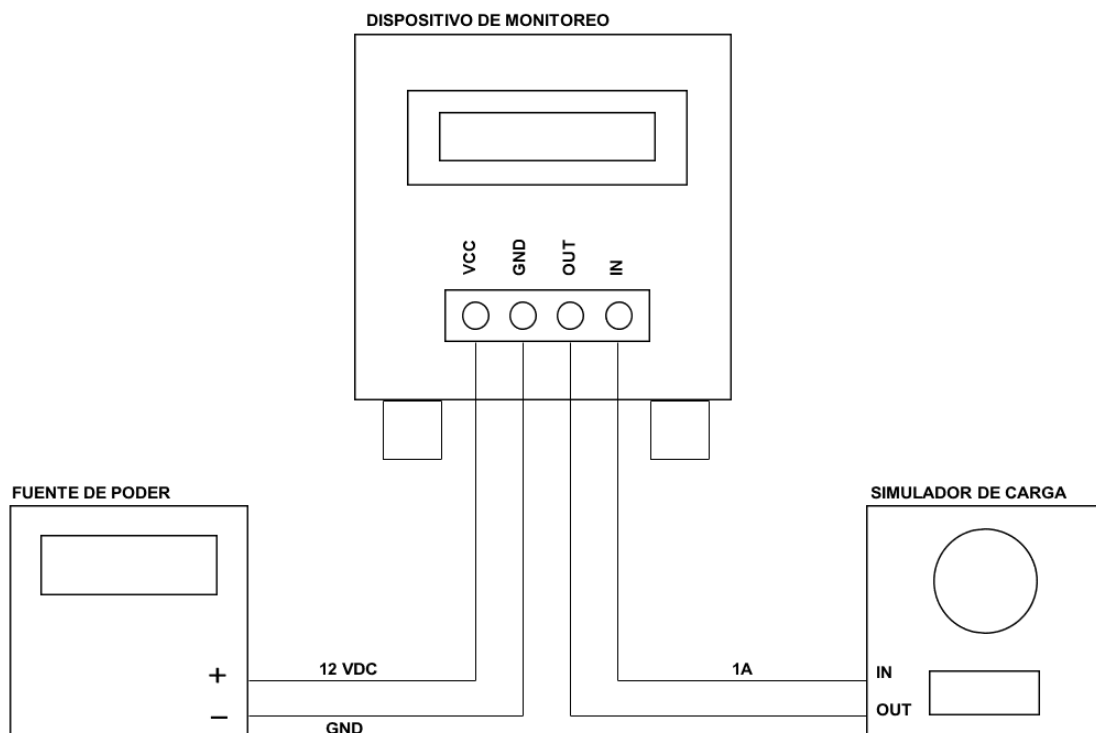
**Fuente: Elaboración propia.**

### 3.2.7. Calibración del dispositivo del monitoreo

Como parte del programa de calibración se considera un filtro pasa bajos, para lo cual se aplica un promedio de muestras. Otro factor adicional es el cálculo del offset o sensibilidad propia del sensor, para lo cual usaremos un simulador de carga y un procedimiento que ajuste estos valores de configuración tomando en consideración el acondicionamiento del circuito mostrado en la figura.

Figura 41.

#### Procedimiento de calibración de corriente

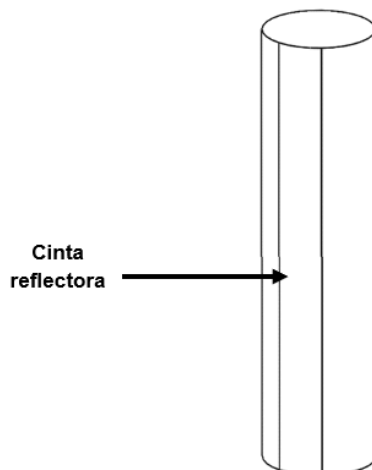


Fuente: Elaboración propia.

Se realiza una primera lectura del voltaje sin carga, lo mismo se hará con una carga de 1 amperio. Con estos valores obtenemos la sensibilidad propia del sensor la cual usaremos para colocar en el programa principal de monitoreo. En cuanto a la lectura de las RPMs generadas por el aerogenerador, debemos colocar una cinta en el eje del mismo, que permita reflejar la señal emitida por el led infrarrojo del sensor como se muestra en la figura.

**Figura 42.**

**Cinta reflectora para lectura en el eje del aerogenerador**

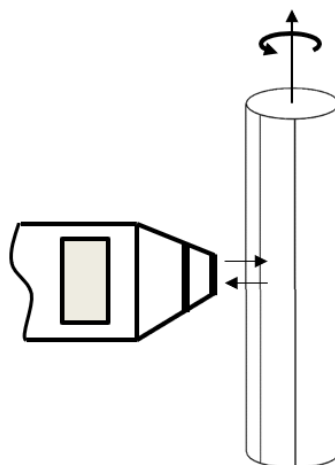


**Fuente: Elaboración propia.**

Para calibrar el valor propio de las RPMs debemos realizar un procedimiento similar al anterior, para lo cual, a partir del software y un tacómetro contratamos el valor obtenido en el software con el obtenido por el instrumento para ajustar el primer valor calculado por el microcontrolador.

**Figura 43.**

**Toma de lectura con tacómetro**



**Fuente: Elaboración propia**

### 3.3. DISEÑO DEL CIRCUITO DE ACONDICIONAMIENTO DE VOLTAJE

#### 3.3.1. Simulación de motor interno de aerogenerador

Como solución se plantea la incorporación de un motor paso a paso bipolar comercial. Se ha considerado este tipo de motor como referencia a trabajos previos realizados por otros desarrolladores. En este caso, usamos como referencia el diseño de Daniel Davis llamado MKIII DPower Turbine de 50W de potencia. El modelo de la turbina desarrollada por Daniel se muestra en la siguiente figura.

**Figura 44.**  
**MKIII DPower Turbine – 1**



**Fuente: MakerBot Industries, LLC, (2023).**

**Figura 45.**  
**MKIII DPower Turbine – 2**

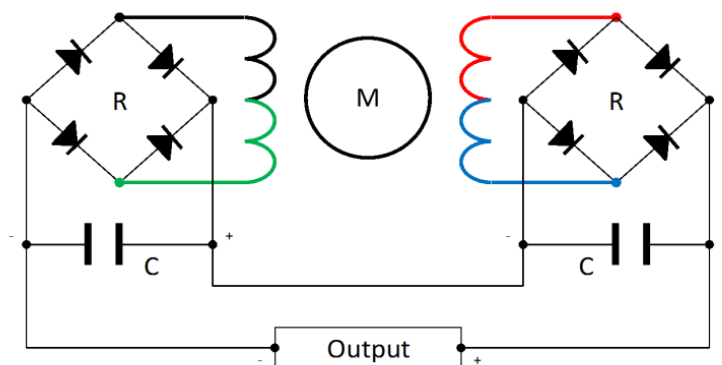


**Fuente: MakerBot Industries, LLC, (2023).**

A partir del modelo mostrado, tomamos como referencia el motor planteado, el cual es un motor paso a paso Nema 17 con un circuito de adecuación de voltaje de salida. En cuanto al circuito de adecuación de voltaje, se muestra el esquemático en la siguiente figura.

**Figura 46.**

**Circuito de poder de la turbina**



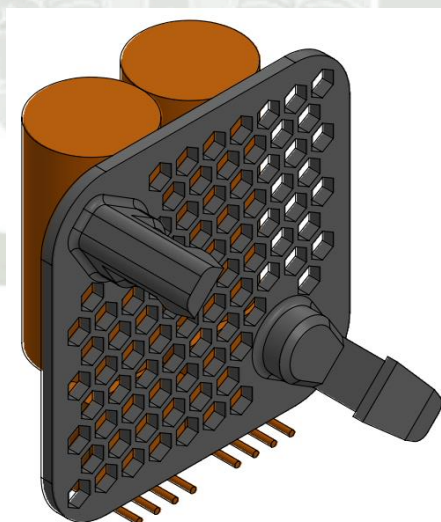
- |                              |   |                     |
|------------------------------|---|---------------------|
| <b>M</b> Stepper Motor       | NEMA17  |                     |
| <b>R</b> Full Wave Rectifier | Vishay VS-2KBP005, Bridge Rectifier, 2A 50V, 4-Pin D 44                           | Stock no.: 468-1603 |
| <b>C</b> Capacitor           | Panasonic 47007F 25 V dc Aluminium Electrolytic Capacitor, FC Radial Series 5000h | Stock no.: 315-0669 |

**Fuente: MakerBot Industries, LLC, (2023).**

El modelo 3D que corresponde al circuito eléctrico se muestra en la siguiente figura.

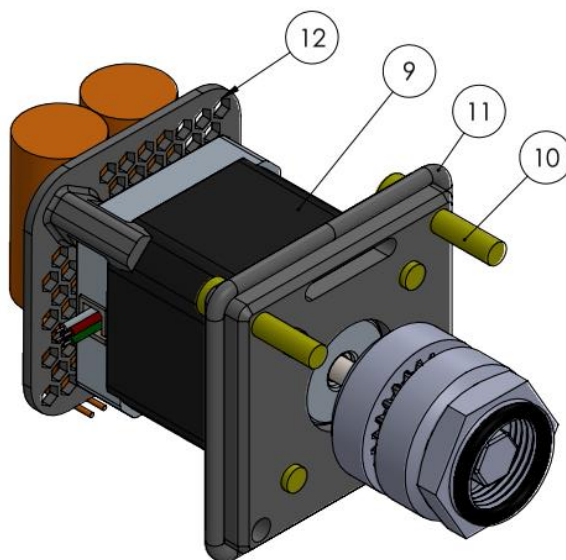
**Figura 47.**

**Modelo 3D de circuito de poder de la turbina**



**Fuente: MakerBot Industries, LLC, (2023).**

El modelo 3D completo del circuito y el motor montado que usamos de referencia se muestra en la siguiente figura.

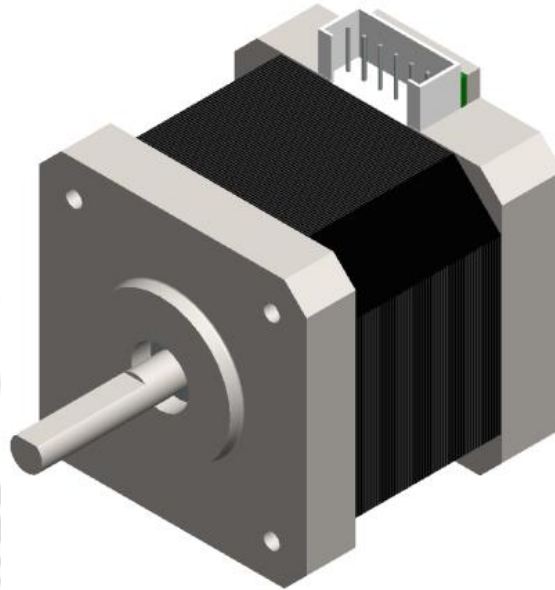
**Figura 48.****Modelo 3D de circuito de poder de la turbina y motor**

Fuente: MakerBot Industries, LLC, (2023).

**3.3.2. Motor paso a paso 17HS4401**

Usaremos como motor de simulación un motor paso a paso híbrido de 2 fases Nema 17. Las características eléctricas del motor son las siguientes:

- Ángulo de paso: 1.8 grados
- Largo del motor: 40 mm
- Corriente de consumo: 1.7 A
- Resistencia de la fase: 1.5 ohm
- Inductancia de la fase: 2.8 mH
- Torque mantenido: 40 N-cm
- Torque detenido: 2.2 N-cm
- Inercia del rotor: 54 g-cm<sup>2</sup>
- Peso del motor: 280 g. (Calle y otros, 2022)

**Figura 49.****Motor paso a paso 17HS4401**

**Fuente: Geek Factory, (2023).**

**3.3.3. Requerimientos de diseño**

Las características del dispositivo de acondicionamiento de la señal de salida del motor son las siguientes:

- Rectificación de señal producida por motor.
- Estabilización de voltaje de salida mediante filtro

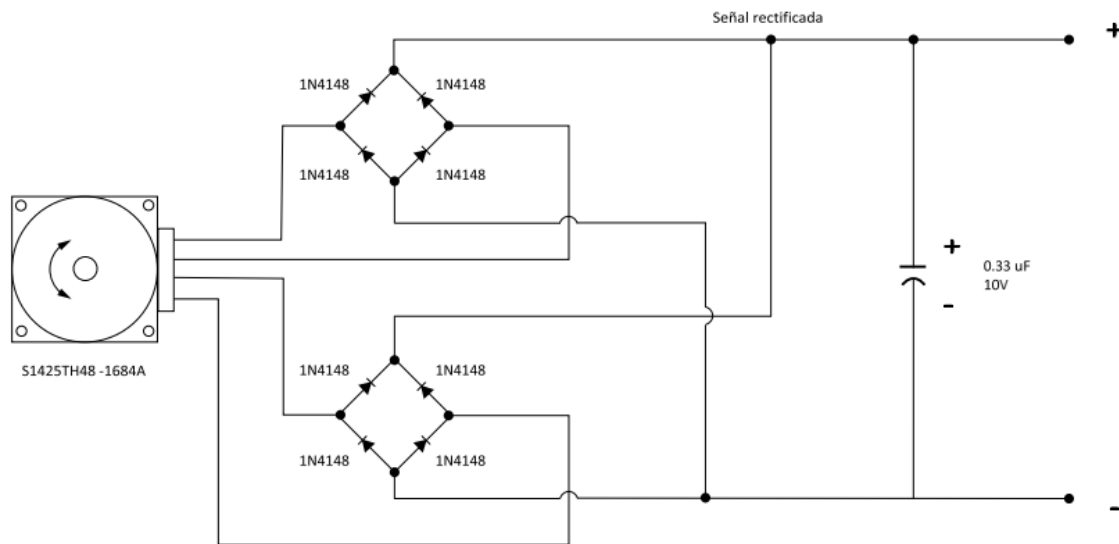
**3.3.4. Circuito de adecuación de voltaje de salida**

Para el circuito de adecuación de voltaje de salida se consideran los siguientes puntos:

- Colocar un puente de diodos por fase de motor que rectifique la señal de voltaje de salida a una de polaridad única.
- Colocar un capacitor que filtre la señal rectificada obtenida para mantenerla lo más estable posible.

El esquemático del circuito de adecuación de voltaje se muestra en la siguiente figura:

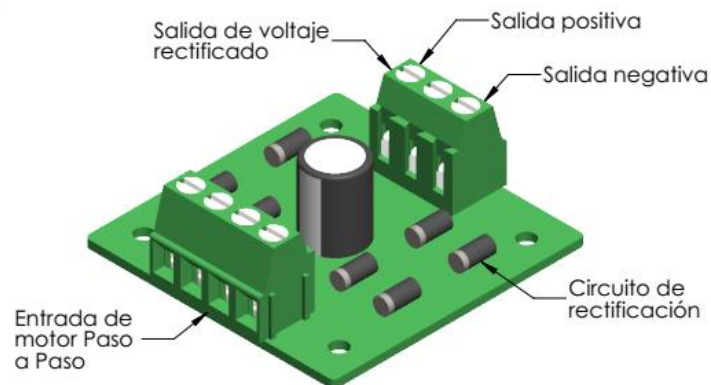
**Figura 50.**  
**Circuito de adecuación de voltaje**



**Fuente: Elaboración propia.**

El modelo 3D del circuito de adecuación de voltaje se muestra en la siguiente figura:

**Figura 51.**  
**Modelo 3D de circuito de adecuación de voltaje**



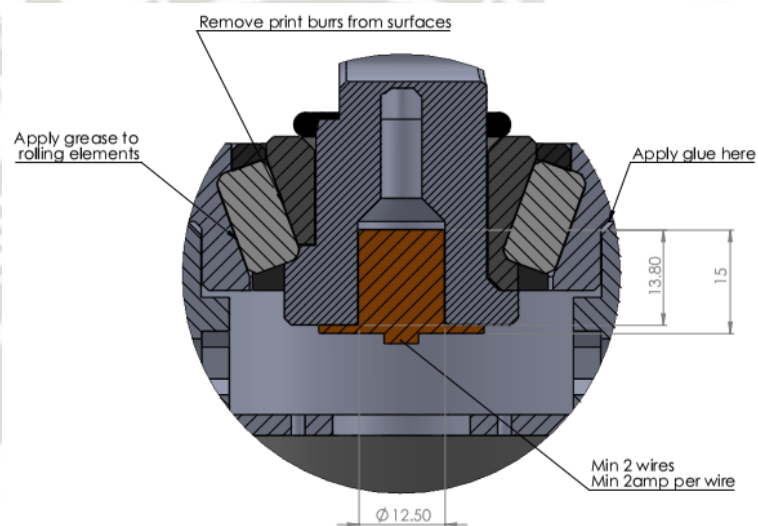
**Fuente: Elaboración propia.**

### 3.4. PROPUESTA DE TRANSMISIÓN CENTRAL Y BASE ROTATIVA

#### 3.4.1. Propuesta de la torre base rotativa

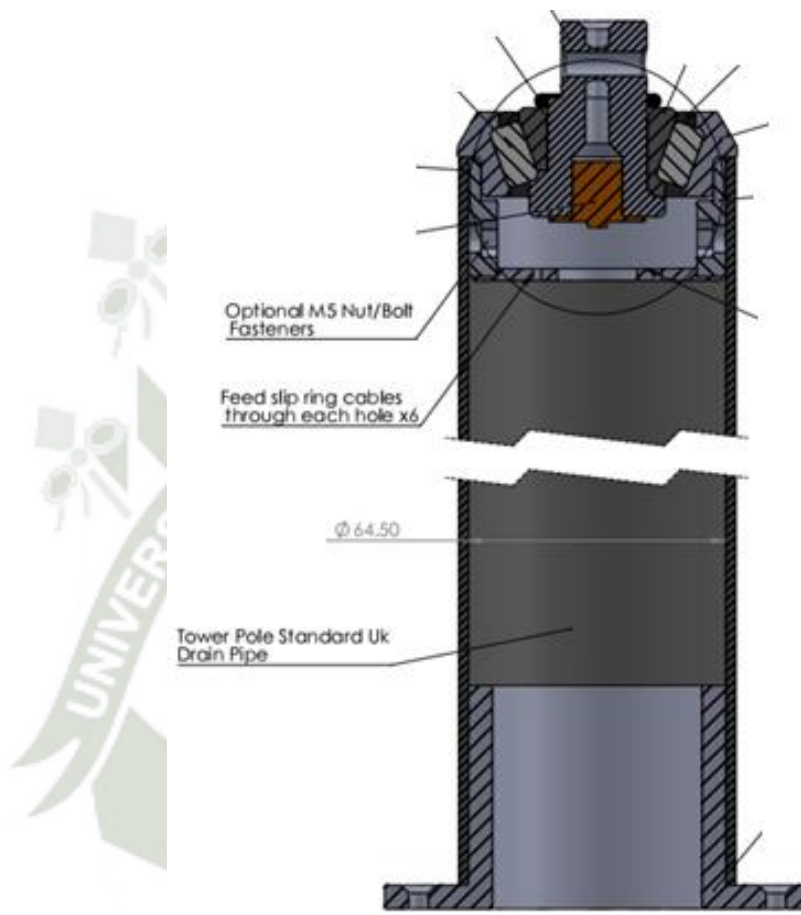
Para el diseño de la base, usamos como referencia el mismo modelo propuesto por Daniel Davis denominado MKIII DPower Turbine de 50W de potencia. Las partes principales de este modelo se muestran en las siguientes figuras.

**Figura 52.**  
**Ensamblaje de torre – 1**



**Fuente: MakerBot Industries, LLC, (2023).**

**Figura 53.**  
**Ensamblaje de torre – 2**



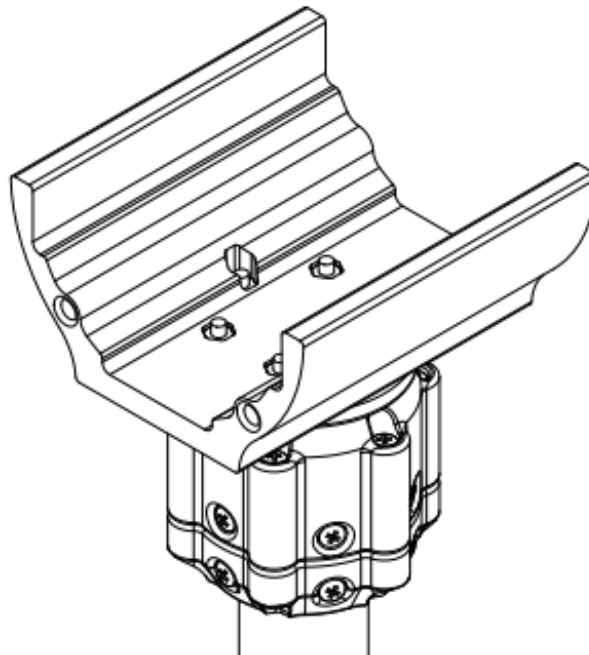
**Fuente: MakerBot Industries, LLC, (2023).**

Del modelo observamos las siguientes características:

- Un tubo que sirve de cuerpo soporte al mecanismo completo.
- Un rodamiento que cumple la función de soporte guía y alojamiento del eje de rotación.
- Un anillo de soporte que cumple de tapa al mecanismo de rotación.

En base a dicha información se plantea el siguiente diseño:

**Figura 54.**  
**Propuesta de torre base rotativa**



**Fuente: Elaboración propia**

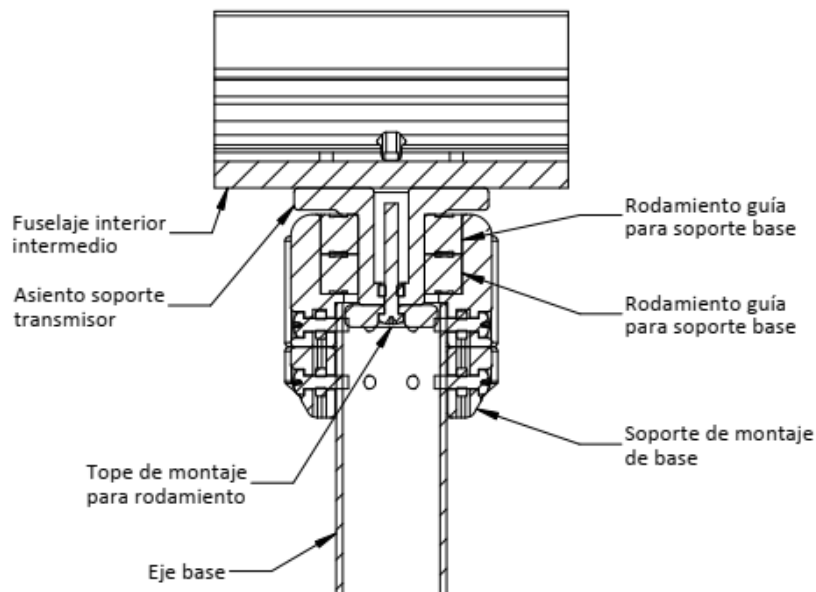
Las características del diseño son las siguientes:

- Un tubo de aluminio que sirva como soporte base de montaje del mecanismo de rotación.
- Rodamientos en la parte interior que sirvan como base soporte guía para el eje de rotación y base de alojamiento.
- Una tapa de soporte que sirva de unión de la torre base rotativa y el cuerpo intermedio del aerogenerador.
- Se usan pernos para poder montar el alojamiento del mecanismo con el tubo de aluminio.
- Se adiciona un asiento soporte que sirve de elemento intermedio de transmisión del movimiento de rotación transmitido a la base.
- Los componentes propuestos se fabrican con impresión 3D en material PLA para la implementación del prototipo.

La descripción de la torre base rotativa se muestra en la siguiente figura:

**Figura 55.**

**Características de la propuesta de torre base rotativa**



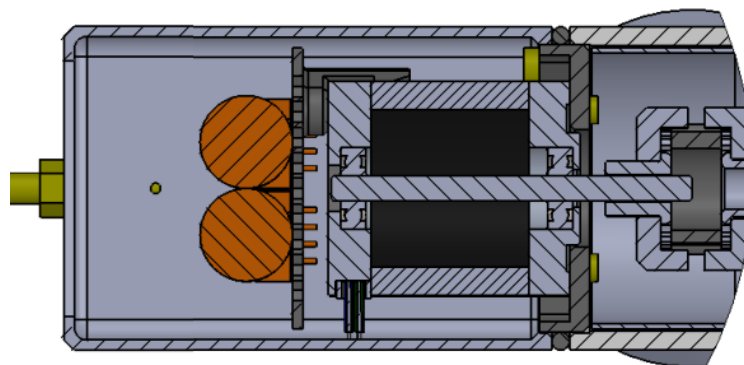
**Fuente: Elaboración propia**

**3.4.2. Diseño de unidad motriz generadora**

Para el diseño de la unidad motriz generadora, usamos como referencia el mismo modelo propuesto por Daniel Davis denominado MKIII DPower Turbine de 50W de potencia. Las partes principales de este modelo se muestran en las siguientes figuras.

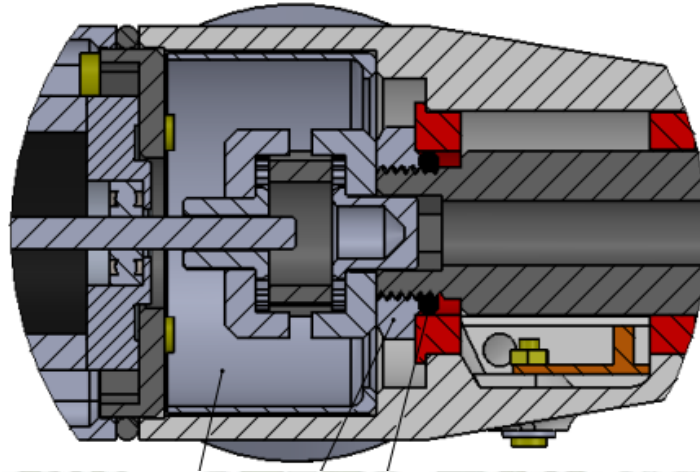
**Figura 56.**

**Unidad motriz generadora – 1**



**Fuente: MakerBot Industries, LLC, (2023).**

**Figura 57.**  
**Unidad motriz generadora – 2**



**Fuente: MakerBot Industries, LLC, (2023).**

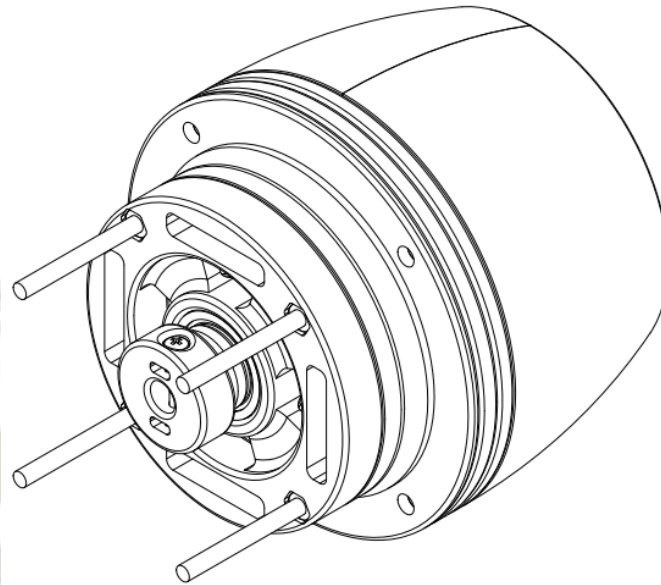
Del modelo observamos las siguientes características:

- Un fuselaje que funciona como soporte para el motor PaP y la cola que se usa para la estabilización trasera.
- Un espacio dentro del fuselaje para que se pueda colocar un circuito de adecuación de salida de voltaje generada por parte del motor PaP.
- Un fuselaje intermedio que sirve de alojamiento para el eje de transmisión que viene desde la punta de alojamiento para las hélices.

En base a dicha información se plantea el siguiente diseño:

**Figura 58.**

**Propuesta de unidad motriz generativa**



**Fuente: Elaboración propia**

Las características del diseño son las siguientes:

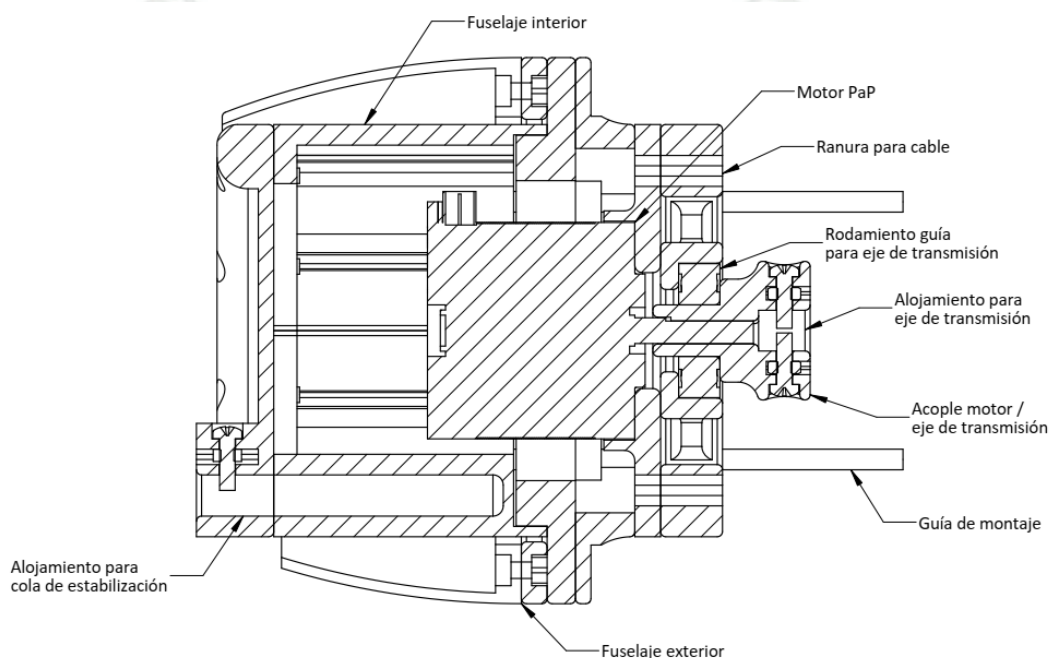
- Un fuselaje interior que sirva de soporte para el motor PaP y la guía soporte de rotación.
- Un soporte intermedio que sirve para alojamiento de un rodamiento que permite servir de guía de alineamiento del eje de rotación y el soporte que sirve de alojamiento para el eje de transmisión.
- Un alojamiento en la parte trasera del fuselaje para la cola que se usa para estabilización de la unidad.
- Un acople de motor que también sirve para alojamiento del eje de transmisión que llega hasta la punta que sirve de alojamiento de las hélices, punto donde comienza la rotación de la unidad.
- Unas ranuras en el fuselaje interior que sirven para que pasen los cables correspondientes al motor PaP.
- Un fuselaje exterior que sirve como guía al flujo de aire que recorre a lo largo del cuerpo principal del aerogenerador.
- Unas guías de montaje para ser ensamblado con la parte intermedia del

aerogenerador.

- Los componentes propuestos se fabrican con impresión 3D en material PLA para la implementación del prototipo.

**Figura 59.**

**Características de la propuesta de unidad motriz generativa**

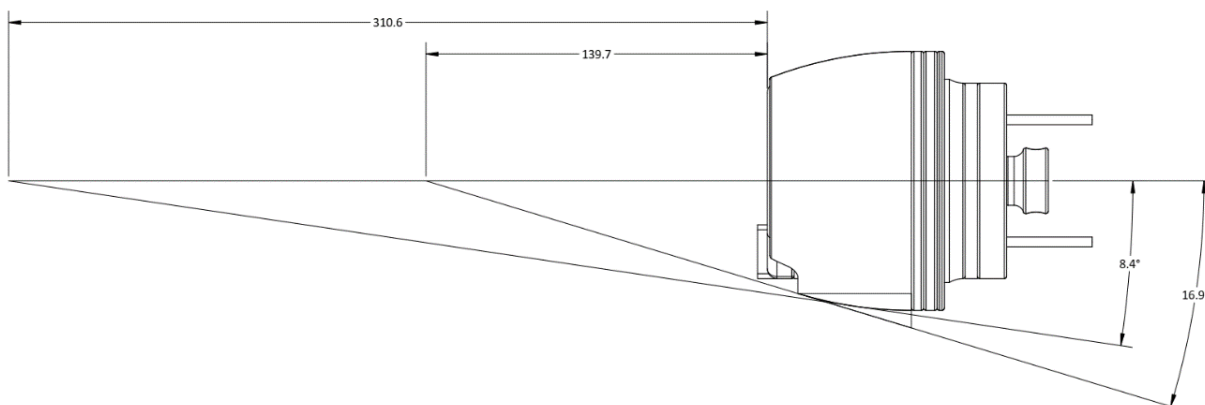


**Fuente: Elaboración propia**

En cuanto al fuselaje exterior, se considera una línea de construcción para que llegue a una cola ubicada a la parte final del aerogenerador de 15 a 32 cm donde pueda coincidir a la línea de construcción central. Estas características del ángulo propuesto para el fuselaje como el punto proyectado de la línea de flujo supuesta que podría formar el aire se muestran en la siguiente figura.

**Figura 60.**

**Línea de flujo supuesta por ángulo del fuselaje de la unidad motriz**



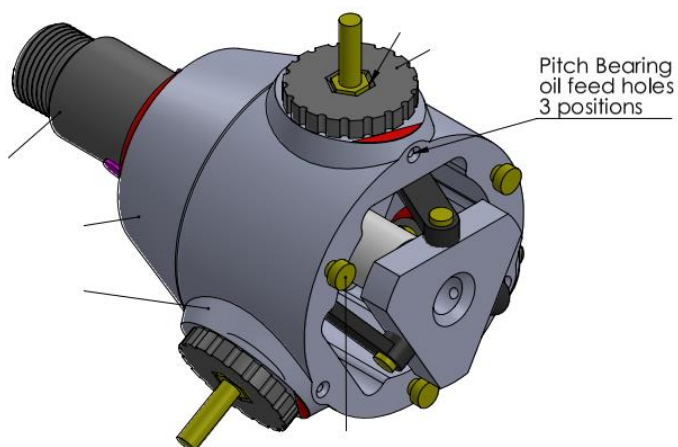
**Fuente: Elaboración propia**

### 3.4.3. Propuesta de punta de rotación y punta porta hélices

Para el diseño de punta de rotación y posicionamiento de hélices, usamos como referencia el mismo modelo propuesto por Daniel Davis denominado MKIII DPower Turbine de 50W de potencia. Las partes principales de este modelo se muestran en las siguientes figuras.

**Figura 61.**

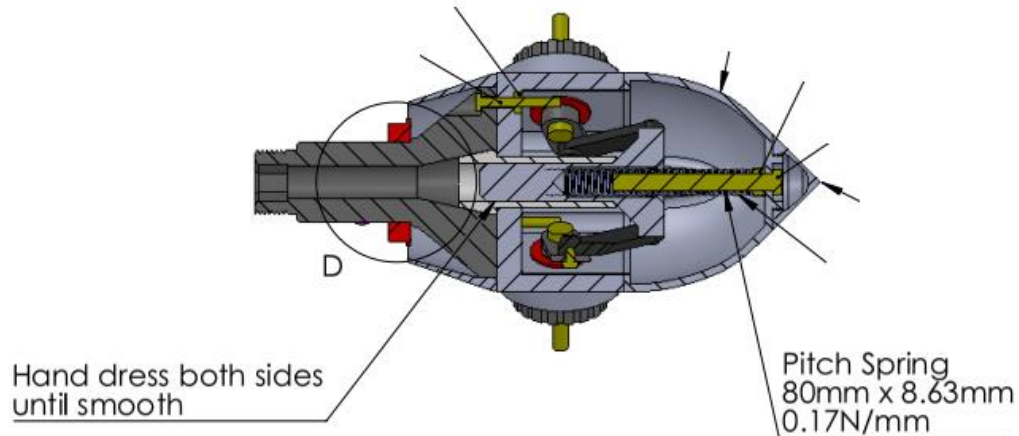
**Punta de rotación – 1**



Fuente: MakerBot Industries, LLC, (2023).

Figura 62.

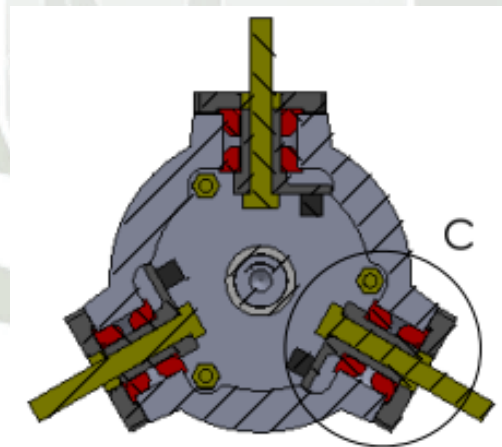
Punta de rotación - 2



Fuente: MakerBot Industries, LLC, (2023).

Figura 63.

Punta de rotación - 3



Fuente: MakerBot Industries, LLC, (2023).

Del modelo observamos las siguientes características:

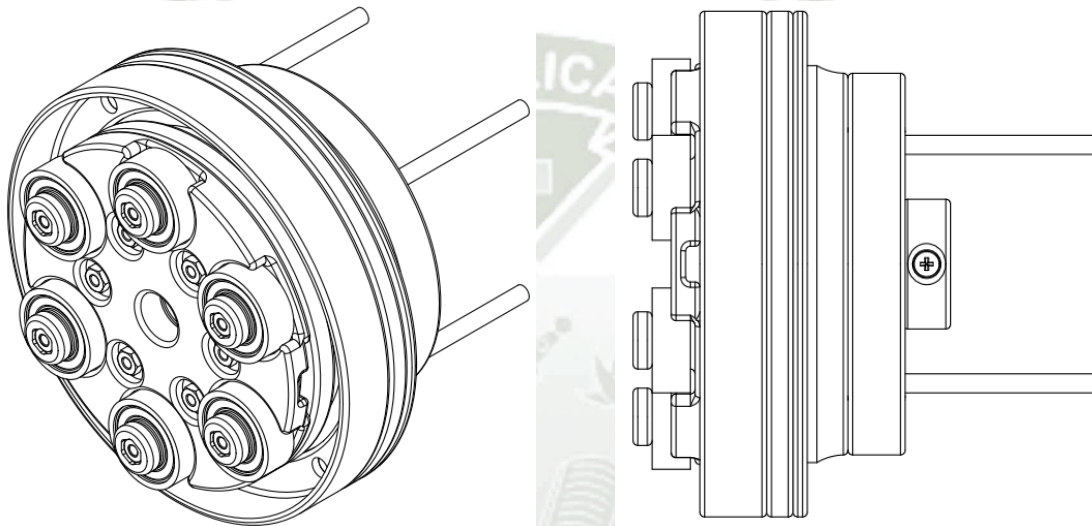
- Un componente que sirve de soporte y punto de transmisión de la rotación generada por las hélices que van acopladas al cuerpo de la punta de rotación.
- Unos alojamientos (3) que sirven para pernos que salen y son usados para poder instalar las hélices del aerogenerador.
- Un mecanismo interno que sirve para poder orientar en sincronización la

posición angular de las hélices respecto al eje central de construcción.

- Un punto de montaje para la punta que se usa como tapa aerodinámica.
- Un fuselaje de soporte al conjunto del mecanismo y la punta.
- Los componentes propuestos se fabrican con impresión 3D en material PLA para la implementación del prototipo.

En base a dicha información se plantea el siguiente diseño:

**Figura 64. Propuesta de punta de rotación**



**Fuente: Elaboración propia**

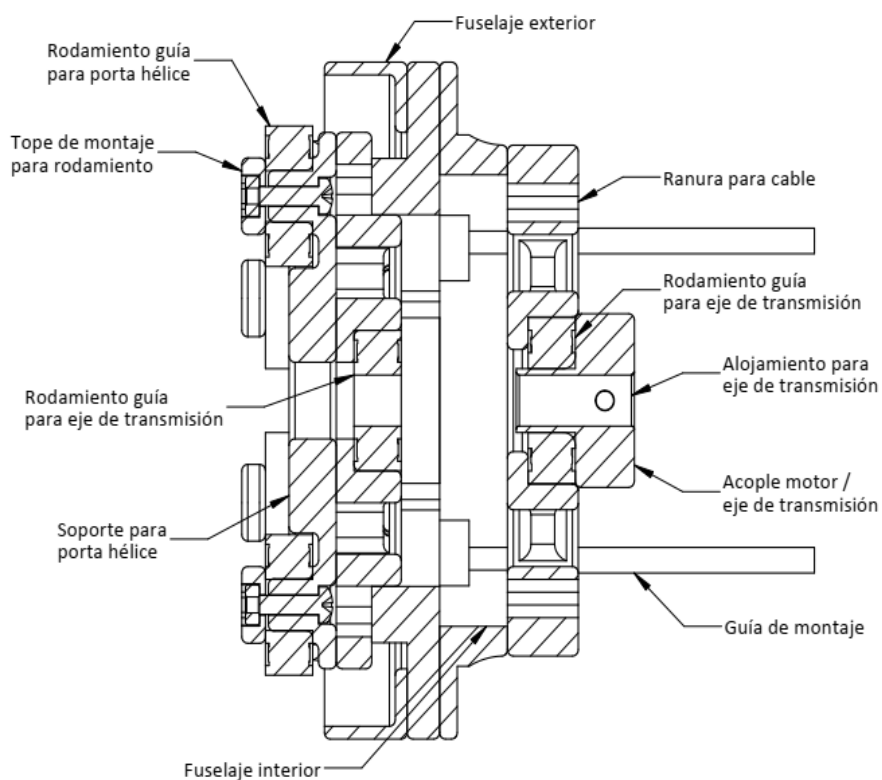
Las características del diseño son las siguientes:

- Un fuselaje interior que sirva de soporte para el motor PaP y la guía soporte de rotación.
- Un conjunto de rodamientos sirve de guía y apoyo para la punta rotativa, permiten un punto de contacto y asiento para que se dé la rotación.
- Un conjunto de tapas sirve de tope y posicionan los rodamientos en su lugar.
- Un componente de soporte sirve de elemento para realizar el montaje de las piezas y de alojamiento para un rodamiento central de guía y soporte para el acople del eje.
- Un acople de eje que sirve como alojamiento y pieza de montaje para el eje de transmisión de la punta rotativa al motor de generación.

- Los componentes propuestos se fabrican con impresión 3D en material PLA para la implementación del prototipo.

**Figura 65.**

**Características de la propuesta de unidad motriz generativa**

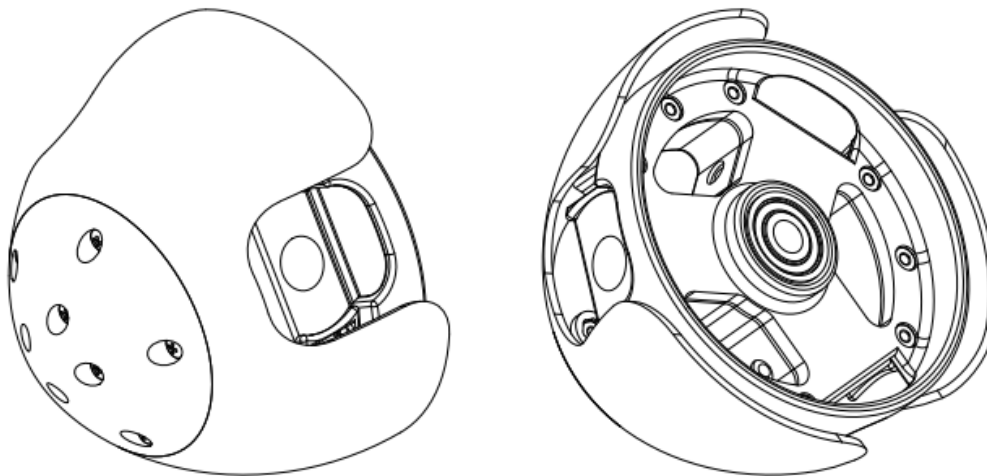


**Fuente: Elaboración propia**

En caso de la punta porta hélice se plantea el siguiente diseño:

**Figura 66.**

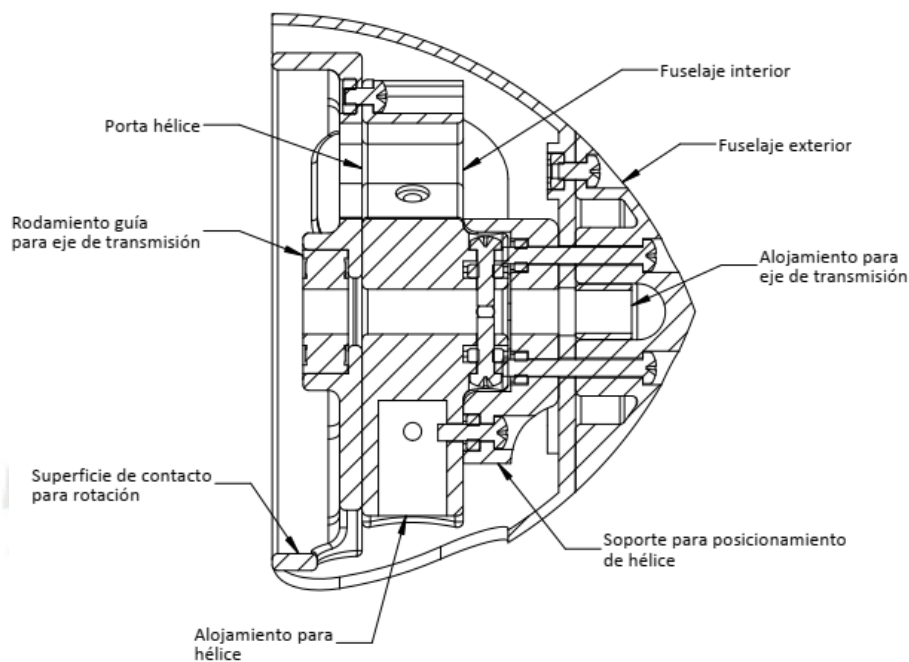
**Propuesta de punta porta hélice**



**Fuente: Elaboración propia**

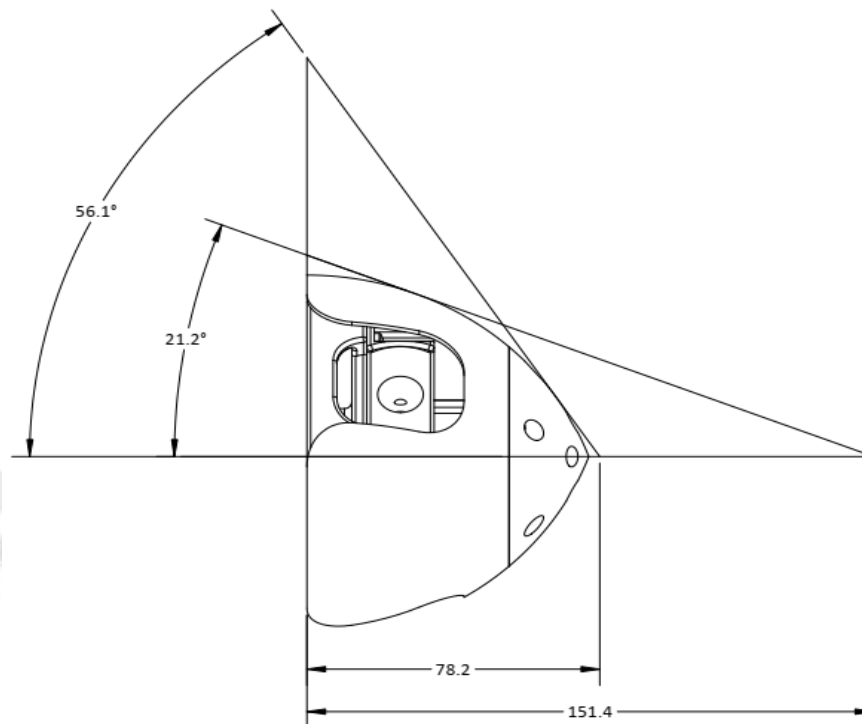
Las características del diseño son las siguientes:

- Un rodamiento sirve de guía para el eje que va desde el motor de generación hasta la punta rotativa.
- Se tiene un fuselaje interior que sirve como soporte y montaje para las hélices por medio de un alojamiento, además que posee un perno de posicionamiento para ajusta el ángulo de la hélice a montar. Además, la parte trasera tiene una forma que permite de guía de rotación para los rodamientos a la parte a la que es montada.
- El fuselaje exterior tiene una forma aerodinámica para generar un camino al flujo de aire que atraviesa desde la punta del aerogenerador. Este ángulo previsto es de 21 a 56°.
- Los componentes propuestos se fabrican con impresión 3D en material PLA para la implementación del prototipo.

**Figura 67.****Características de la propuesta de punta porta hélice**

**Fuente: Elaboración propia**

En cuanto al fuselaje exterior, se considera una línea de construcción que permita que la línea de flujo tienda a los  $60^\circ$  respecto a la línea de construcción, y fluya hacia las hélices mientras que una segunda sección tiende a un ángulo menor de  $20^\circ$  con la finalidad que fluya lo más cercano a la superficie del cuerpo de la estructura. La línea de flujo supuesta que podría formar el aire respecto a la línea de construcción se muestra en la siguiente figura.

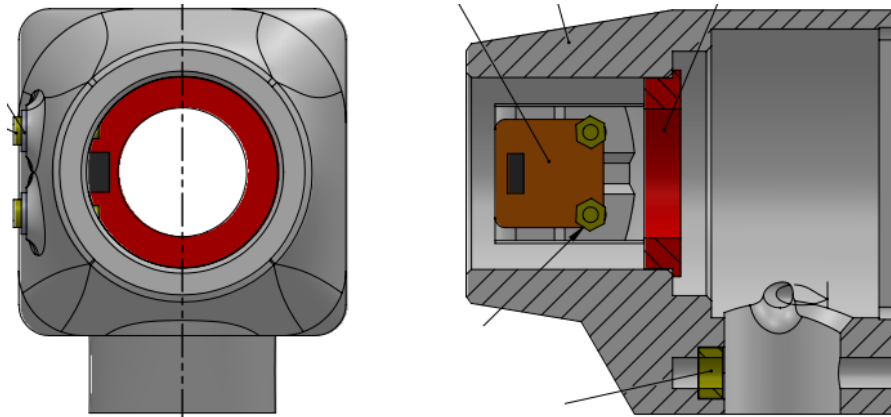
**Figura 68.****Línea de flujo supuesta por ángulo del fuselaje de la punta porta hélice****Fuente: Elaboración propia**

#### 3.4.4. Propuesta de sección intermedia de lectura de RPM

Para el diseño de la sección intermedia de lectura de RPM, usamos como referencia el mismo modelo propuesto por Daniel Davis denominado MKIII DPower Turbine de 50W de potencia. Las partes principales de este modelo se muestran en la siguiente figura.

**Figura 69.**

**Sección intermedia de lectura de RPM**



**Fuente: MakerBot Industries, LLC, (2023).**

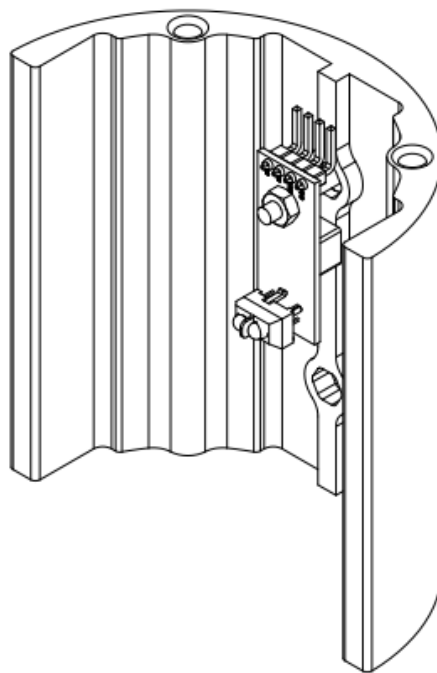
Del modelo observamos las siguientes características:

- Un componente que sirve de soporte para el eje intermedio y que conecta la parte trasera o unidad motriz generativa y la parte frontal correspondiente a la punta rotativa y porta hélice.
- El mismo componente sirve de punto de montaje de un sensor infrarrojo que se usa para realizar la lectura de las RPM por parte de la rotación del eje de transmisión.
- El mismo componente sirve de punto de anclaje para un perno de sujeción para montaje de la cola de estabilización y de punto de montaje para la torre base.

En base a dicha información se plantea el siguiente diseño:

**Figura 70.**

**Propuesta de sección intermedia de lectura de RPM**



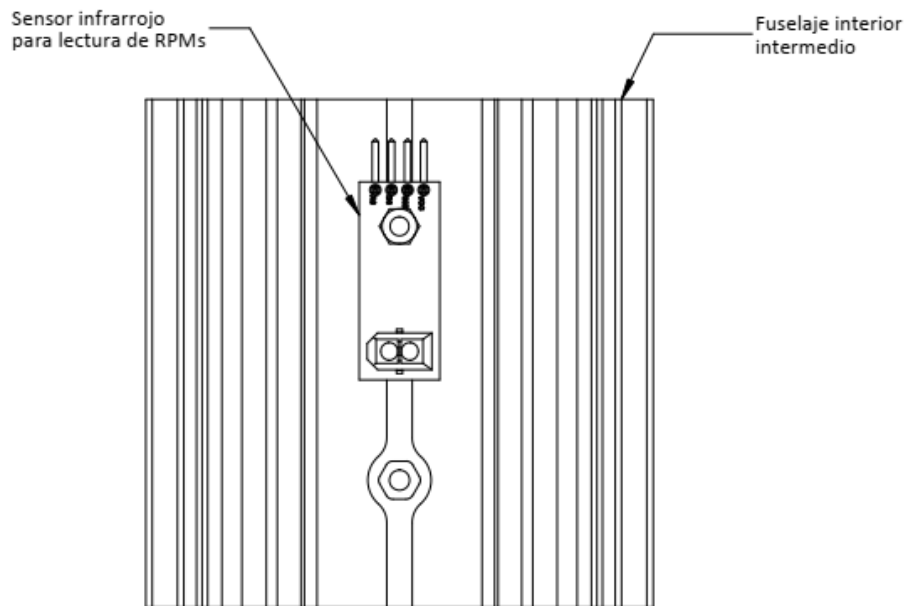
**Fuente: Elaboración propia**

Las características del diseño son las siguientes:

- Un componente que sirve de fuselaje intermedio que sirve como guía de montaje por el cual se montan la unidad motriz generativa y la punta rotativa.
- El mismo componente también funciona de complemento a la torre base rotativa y sella la sección intermedia interior.
- El mismo componente sirve de soporte para el sensor infrarrojo TCRT5000 que obtiene las RPMs correspondientes a la rotación del eje de transmisión que va desde la unidad motriz generativa y la punta rotativa usando una cinta reflectiva.
- El componente propuesto se fabrica con impresión 3D en material PLA para la implementación del prototipo.

**Figura 71.**

**Características de la propuesta de sección intermedia de lectura de RPM**



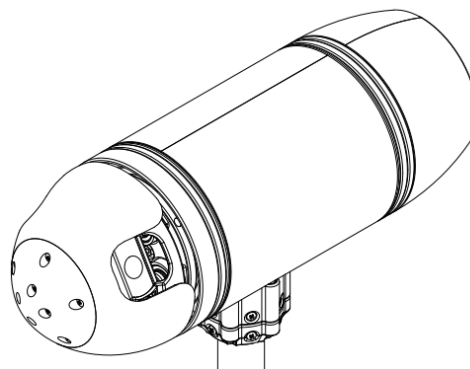
**Fuente: Elaboración propia**

**3.4.5. Propuesta del fuselaje**

En caso del fuselaje intermedio se plantea el siguiente diseño:

**Figura.7**

**Propuesta de fuselaje para sección intermedia**



**Fuente: Elaboración propia**

Para el caso del fuselaje se consideran las siguientes características de diseño:

- Dos secciones que sirven como fuselajes intermedios exteriores que cumplen la función de servir de guía a línea de flujo del aire.
- Las dos secciones sirven como secciones de montaje a las demás partes del

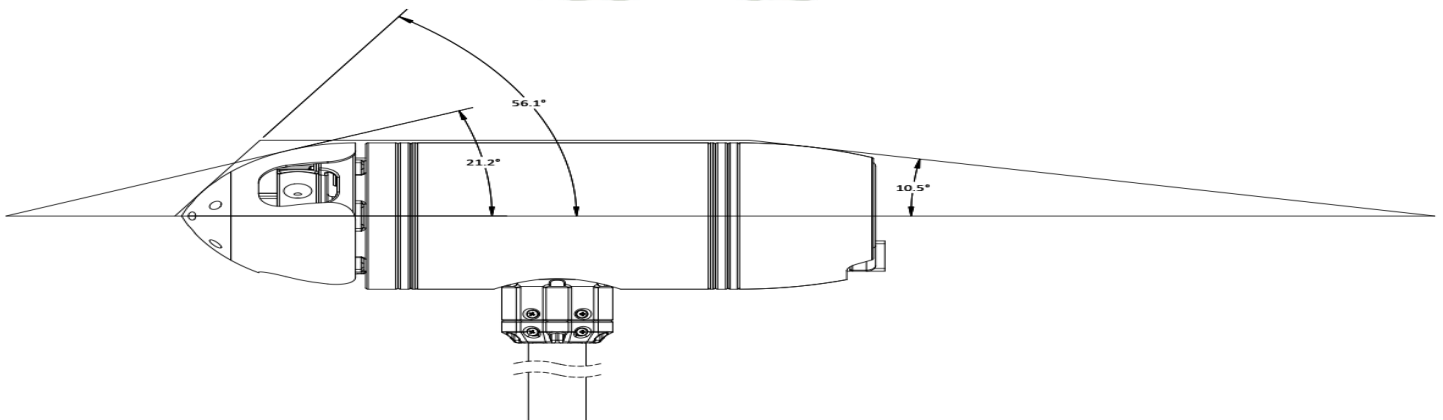
aerogenerador, tales como la punta rotativa y punta porta hélice, unidad motriz y torre base rotativa.

- Cuatro barras roscadas permiten el montaje de las partes mencionadas y que atraviesan desde la unidad motriz hasta la punta rotativa.
- Un eje de aluminio es montado en la sección intermedia y permite la transmisión del movimiento de rotación correspondiente al conjunto de la punta rotativa con la punta porta hélice, a la unidad motriz trasera.
- Se debe instalar al eje una cinta reflectora que permita tomar mediciones de las RPMs por medio del sensor infrarrojo reflectivo.
- El componente propuesto se fabrica con impresión 3D en material PLA para la implementación del prototipo y un tubo de aluminio para el eje de transmisión de movimiento de rotación.

En cuanto al fuselaje exterior, se considera una línea de construcción que permita que la línea de flujo tienda a los  $60^\circ$  respecto a la línea de construcción en la punta, luego de dicho punto considerando la capa límite este fluye a lo largo de la sección intermedia de forma paralela a la línea de construcción; finalmente, la parte trasera permite dirigir el flujo a donde se encuentra la cola para que esta estabilice y ayude a guiar la posición del aerogenerador. La línea de flujo supuesta que podría formar el aire respecto a la línea de construcción se muestra en la siguiente figura.

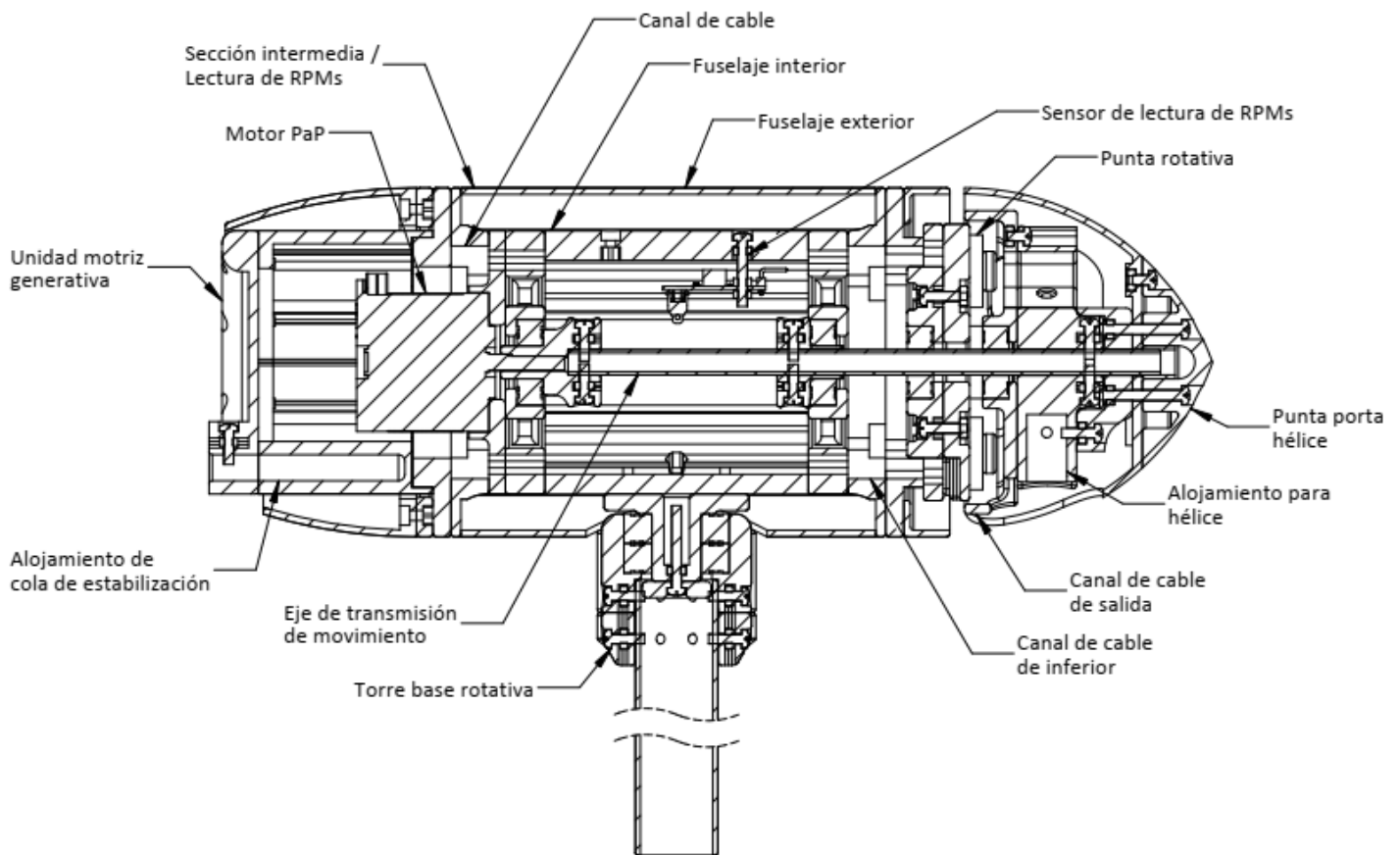
**Figura 72.**

**Línea de flujo supuesta por ángulo del fuselaje en el cuerpo**



**Fuente: Elaboración propia**

**Figura 73. Características de la propuesta de fuselaje para sección intermedia**



**Fuente: Elaboración propia**

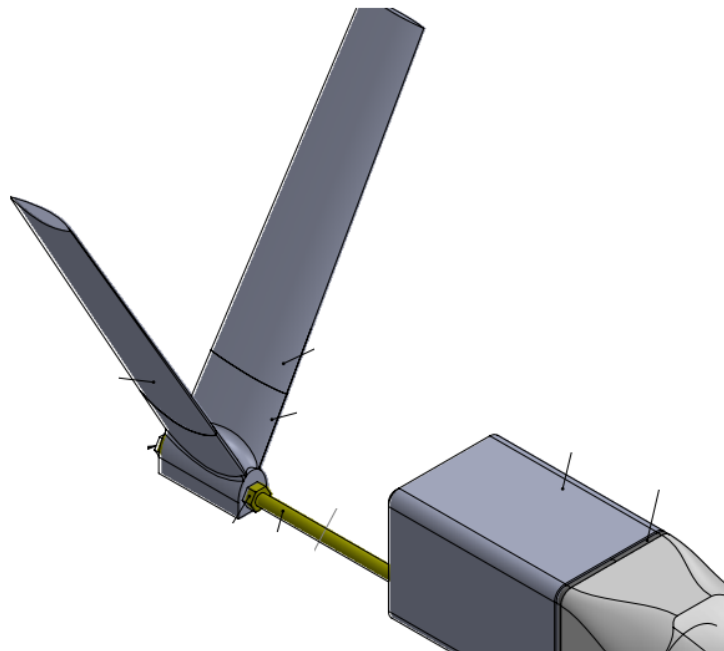
### 3.5. PROPUESTA DE DISEÑO PARA COLA

#### 3.5.1. Propuesta de porta hélice para colas

Para el diseño de la base, usamos como referencia el mismo modelo propuesto por Daniel Davis denominado MKIII DPower Turbine de 50W de potencia. Las partes principales de este modelo se muestran en la siguiente figura.

**Figura 74.**

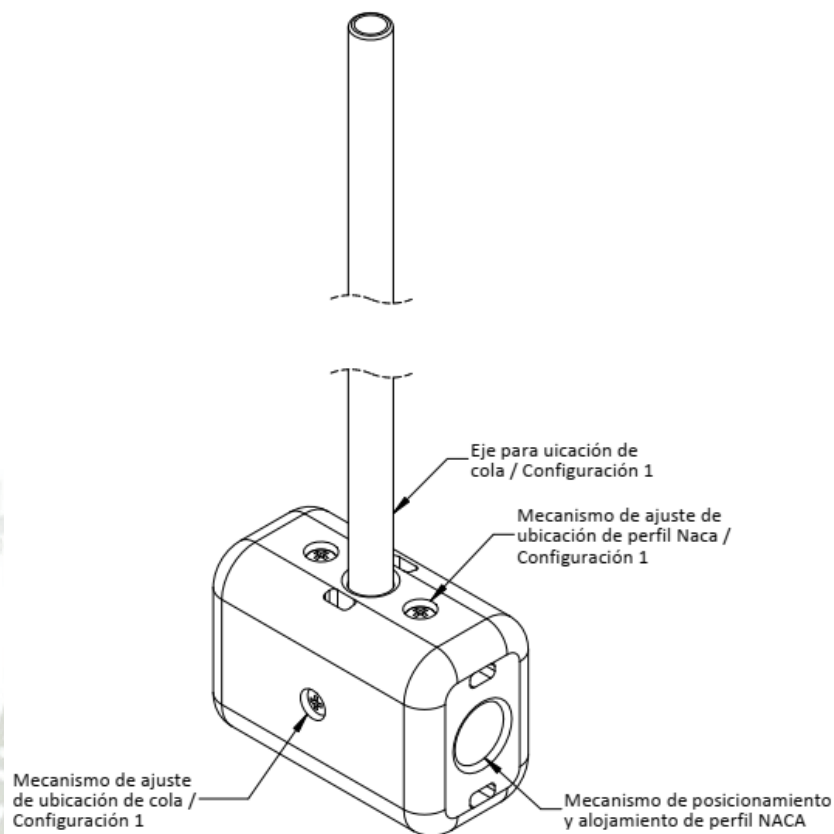
**Cola de estabilización**



**Fuente: MakerBot Industries, LLC, (2023).**

Del modelo observamos las siguientes características:

- Una pieza sirve de cola de estabilización en configuración en V que va montado a un perno que se conecta al aerogenerador.
- Un perno sirve de medio de montaje entre la cola de estabilización y la unidad motriz generadora.

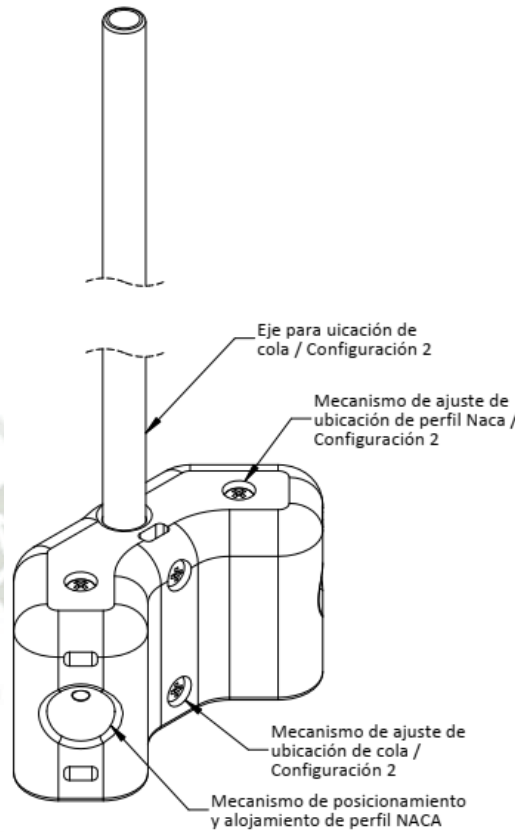
**Figura 75.****Propuesta de cola de estabilización – configuración 1****Fuente: Elaboración propia**

En base a dicha información se plantea el siguiente diseño para la primera configuración propuesta:

- Un par de alojamientos correspondientes a los perfiles NACA para la estabilización del aerogenerador con configuración recta tipo cola de pez.
- Un mecanismo de posicionamiento de los perfiles por medio de un perno de sujeción que va en contacto con las caras designadas del perfil.
- Un mecanismo de ubicación de la cola por medio de un eje que permite la colocación del mismo a una longitud correspondiente deseada y que se ajusta por medio de un perno.
- El componente propuesto se fabrica con impresión 3D en material PLA para la implementación del prototipo y un tubo de aluminio como soporte de montaje.

**Figura 76.**

**Propuesta de cola de estabilización – configuración 2**



**Fuente: Elaboración propia**

En base a dicha información se plantea el siguiente diseño para la segunda configuración propuesta:

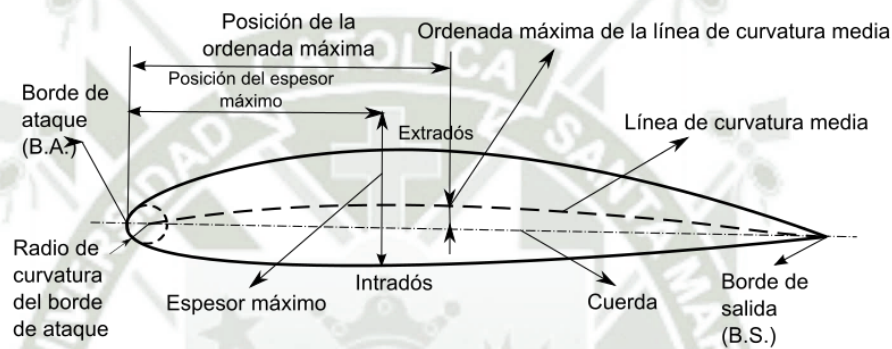
- Un par de alojamientos correspondientes a los perfiles NACA para la estabilización del aerogenerador con configuración en V
- Un mecanismo de posicionamiento de los perfiles por medio de un perno de sujeción que va en contacto con las caras designadas del perfil.
- Un mecanismo de ubicación de la cola por medio de un eje que permite la colocación del mismo a una longitud correspondiente deseada y que se ajusta por medio de un perno.
- El componente propuesto se fabrica con impresión 3D en material PLA para la implementación del prototipo y un tubo de aluminio como soporte de montaje.

### 3.5.2. Perfil de cola de estabilización

Según los autores Vitorino, Labiola y Moyano, los perfiles aerodinámicos son una sección transversal de los álabes donde se ignora la configuración horizontal y los efectos en el extremo del álabe, la flecha, el alabeo y otras características de diseño. Las características correspondientes a los perfiles son. (Vitorino y otros, 2016)

Figura 77.

#### Características de los perfiles NACA



Fuente: Vitorino y otros, (2016).

Las características se describen a continuación:

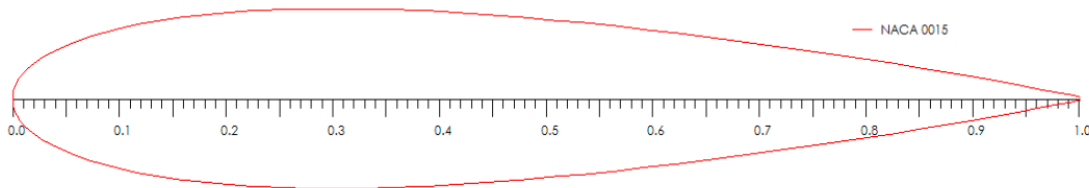
- **Borde de ataque:** Correspondiente a la delantera del perfil que se denomina borde de ataque que tiene contacto con el fluido para ser bifurcado al intradós y extradós.
- **Borde de salida:** Denominado borde de fuga o punto donde el fluido correspondiente al intradós y extradós abandona el perfil.
- **Intradós:** Correspondiente a la parte inferior del perfil.
- **Extradós:** Correspondiente a la parte superior del perfil. (Vitorino y otros, 2016)
- **Región de curvatura máxima:** Área del perfil que comprende al punto entre el inicio del borde de ataque y la abscisa de la curvatura máxima del perfil.
- **Región de espesor máximo:** Corresponde al área del perfil que comprende al punto entre la abscisa del punto de inicio del borde de ataque y la abscisa del espesor máximo.

- **Radio de borde de ataque:** Forma correspondiente al borde de ataque.
- **Cuerda:** Línea recta que permite unir al borde de ataque y el borde de salida.
- **Línea de curvatura media:** Línea equidistante entre el extradós y el intradós.
- **Curvatura máxima:** Distancia máxima entre la línea de curvatura media y la cuerda.
- **Espesor máximo:** Es el ancho máximo del espesor del perfil. (Quintero, 2021)

### 3.5.2.1. Cola con perfil NACA 0015

Es un perfil aerodinámico con una curvatura máxima del 0% de la cuerda, situada en el punto del 0% de la cuerda medido desde el borde de ataque y con un espesor máximo del 15% de la cuerda. La referencia del perfil es el que se muestra en la figura. (Vitorino y otros, 2016)

**Figura 78.**  
**Perfil NACA 0015 de referencia**

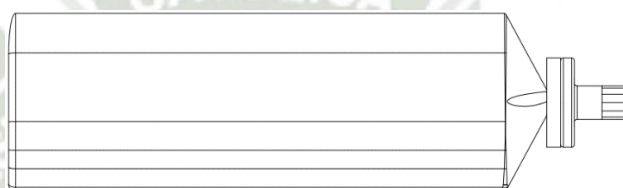
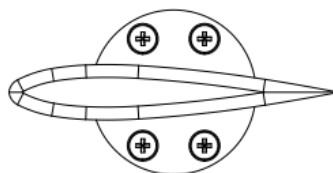


**Fuente: Vitorino y otros, (2016).**

La propuesta del perfil NACA de cola de estabilización se muestra a continuación.

**Figura 79.**

**Propuesta de perfil NACA 0015 para cola de estabilización**



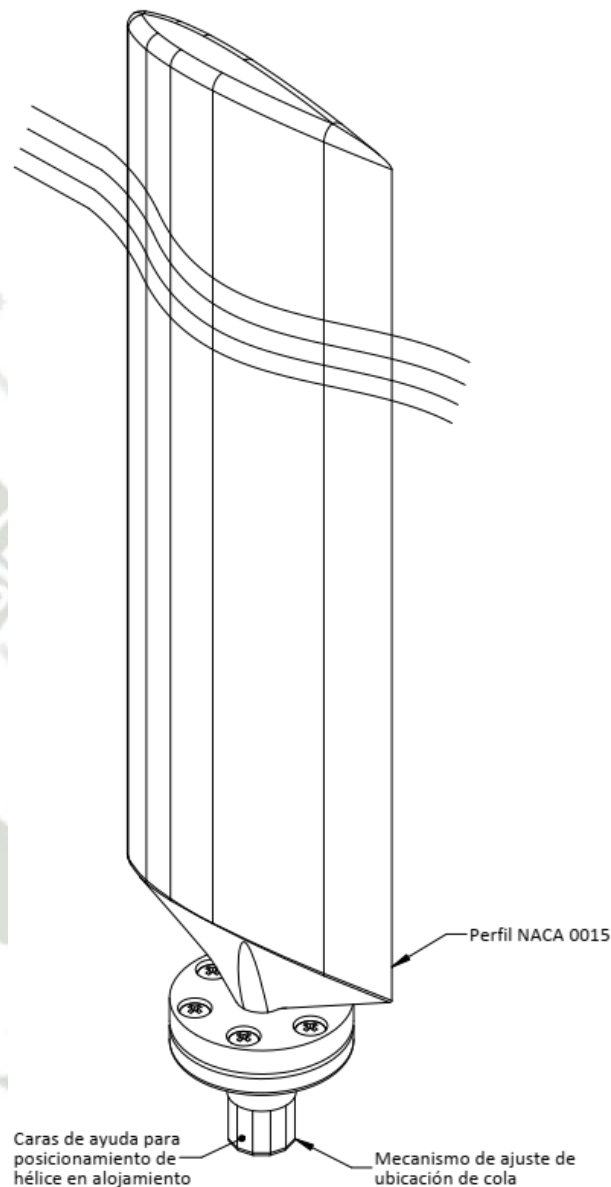
**Fuente: Elaboración propia**

En base a dicha información se plantea el siguiente diseño de la cola de estabilización con perfil NACA 0015:

- Una sección corresponde la cola con perfil NACA 0015.
- La siguiente sección corresponde al soporte con el mecanismo de posicionamiento de los perfiles por medio de un perno de sujeción que va en contacto con las caras designada.
- El componente propuesto se fabrica con impresión 3D en material PLA para la implementación del prototipo.

**Figura 80.**

**Características de la propuesta de perfil NACA 0015 para cola**

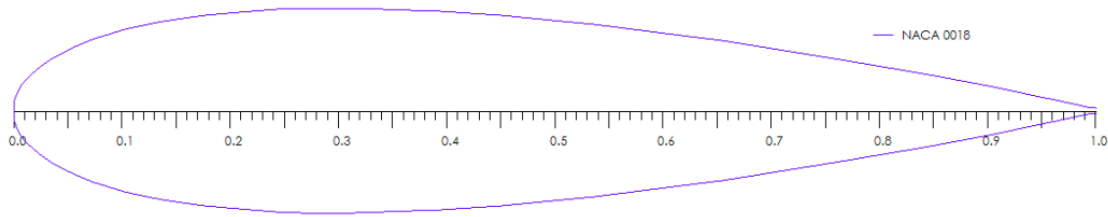


**Fuente: Elaboración propia**

**3.5.2.2. Cola con perfil NACA 0018**

Es un perfil aerodinámico con una curvatura máxima del 0% de la cuerda, situada en el punto del 0% de la cuerda medido desde el borde de ataque y con un espesor máximo del 18% de la cuerda. La referencia del perfil es el que se muestra en la figura. (Villa, 2023)

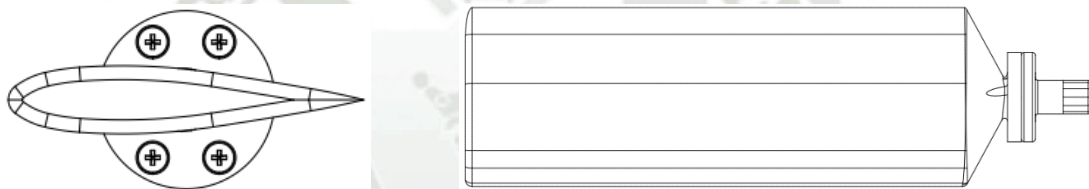
**Figura 81.**  
**Perfil NACA 0018 de referencia**



**Fuente: Vitorino y otros, (2016).**

La propuesta del perfil NACA de cola de estabilización se muestra a continuación.

**Figura 82.**  
**Propuesta de perfil NACA 0018 para cola de estabilización**



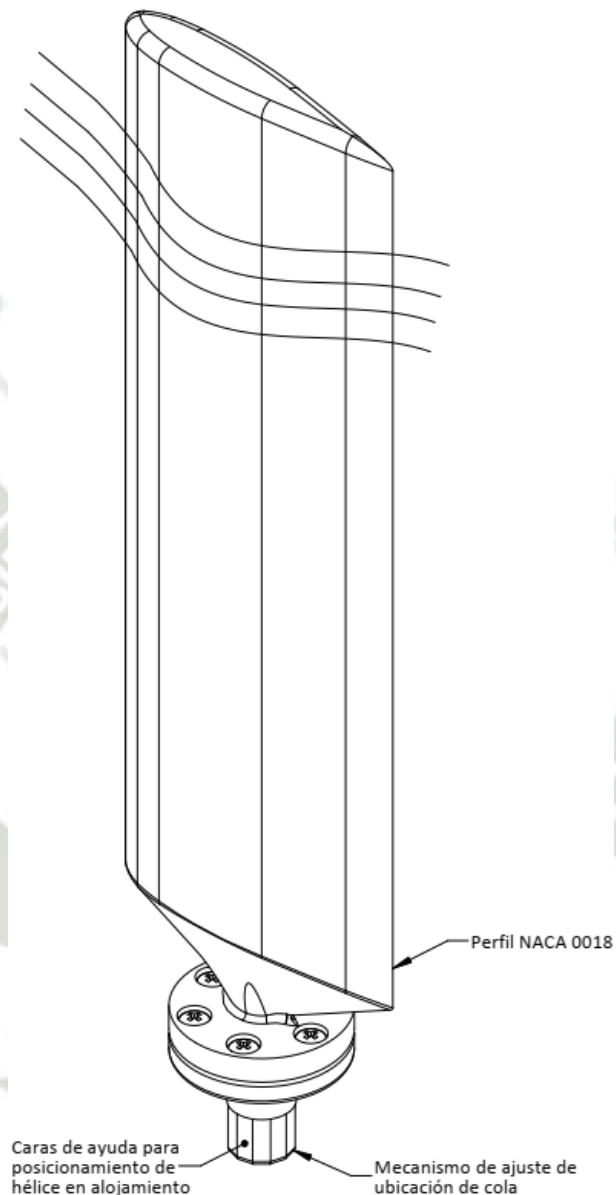
**Fuente: Elaboración propia**

En base a dicha información se plantea el siguiente diseño de la cola de estabilización con perfil NACA 0018:

- Una sección corresponde la cola con perfil NACA 0018.
- La siguiente sección corresponde al soporte con el mecanismo de posicionamiento de los perfiles por medio de un perno de sujeción que va en contacto con las caras designada.
- El componente propuesto se fabrica con impresión 3D en material PLA para la implementación del prototipo.

**Figura 83.**

**Características de la propuesta de perfil NACA 0018 para cola**



**Fuente: Elaboración propia**

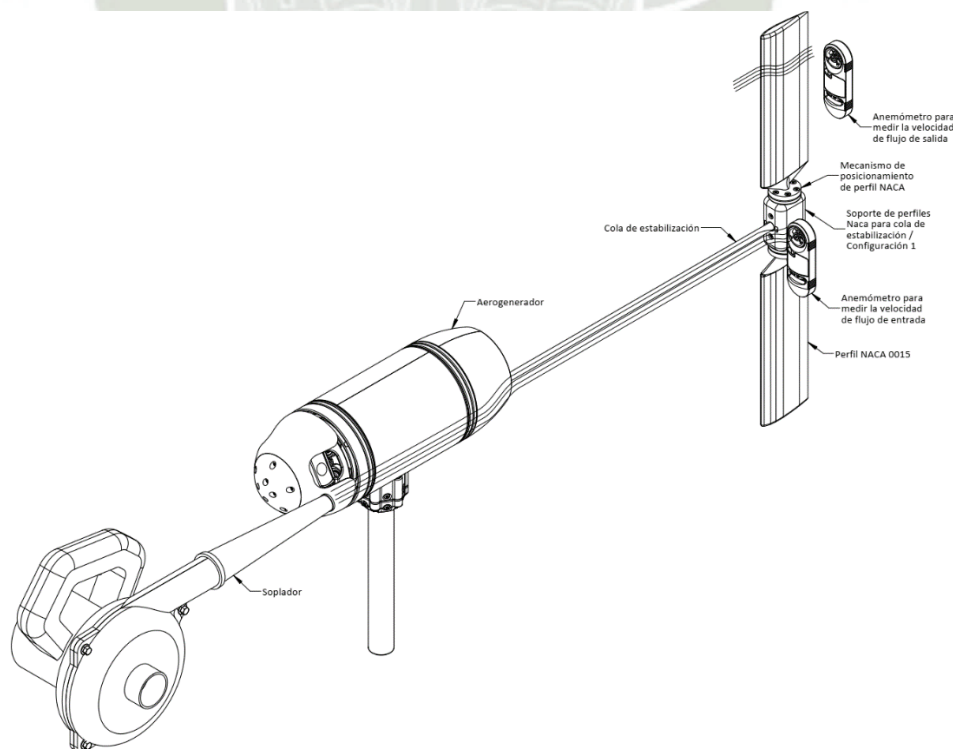
**3.5.2.3. Prueba con cola de estabilización configuración 1**

Se plantea una prueba con los perfiles aerodinámicos tanto para el perfil NACA 0015 como para el 0018, y se considera la utilización la cola porta perfil recto. Para la primera prueba se consideran las siguientes características:

- El aerogenerador es ensamblado sin hélices delanteras con la finalidad de examinar la respuesta del posicionamiento de la cola respecto al flujo de aire de una fuente artificial.
- Una fuente artificial de aire que genera un flujo casi constante de aire se realiza por medio de un soplador eléctrico que se coloca en paralelo a la línea central del aerogenerador. De la misma manera esta se coloca en ángulo respecto a la línea central de aerogenerador para verificar la respuesta de la cola diseñada.
- Un anemómetro es colocado en un punto en la parte frontal de la cola de estabilización con el fin de medir la velocidad de entrada del aire de la fuente externa.
- Un anemómetro es colocado en un punto de la parte posterior de la cola de estabilización con el fin de medir la velocidad de salida del aire de la de la fuente externa

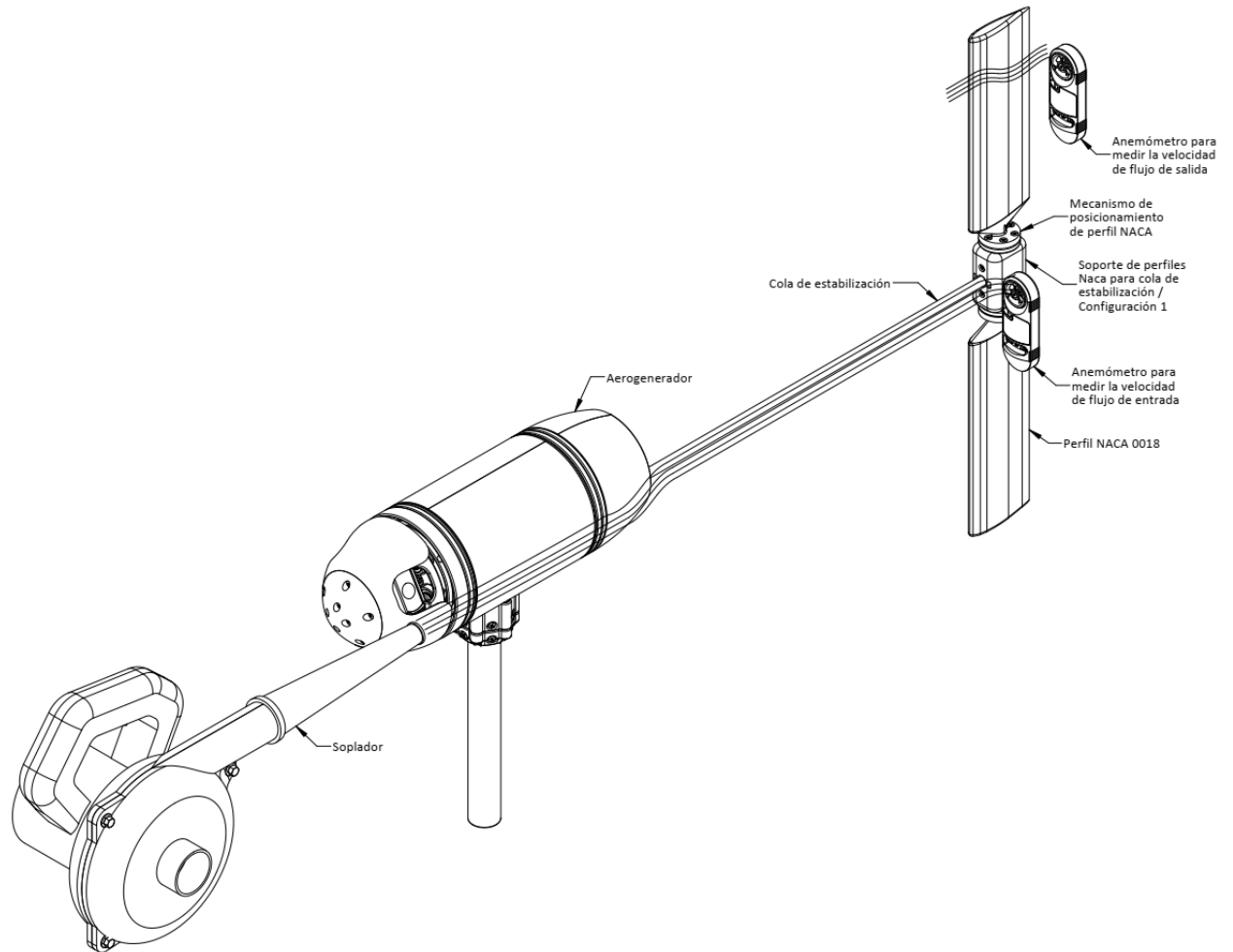
La prueba planteada se muestra en las siguientes figuras.

**Figura 84.**  
**Prueba con perfil NACA 0015 para cola – configuración 1**



**Fuente: Elaboración propia**

**Figura 85.**  
**Prueba con perfil NACA 0018 para cola – configuración 1**



**Fuente: Elaboración propia**

La prueba se realizó como se indica en las siguientes figuras:

**Figura 86.**

**Prueba con perfil NACA para cola – configuración 1 - 1**



**Fuente: Elaboración propia**

**Figura 87.**

**Prueba con perfil NACA para cola – configuración 1 - 2**



**Fuente: Elaboración propia**

**Figura 88.**

**Medición de perfil NACA para cola – configuración 1 - 1**



**Fuente: Elaboración propia**

**Figura 89.**

**Medición de perfil NACA para cola – configuración 1 - 2**



**Fuente: Elaboración propia.**

Los resultados obtenidos se pueden observar en el siguiente cuadro:

**Tabla 7.**

**Velocidades obtenidas de prueba de configuración de cola recta**

Perfil NACA	Velocidad de entrada (m/s)	Velocidad de salida (m/s)
0015	6.7	6.8
	8.1	10.9
	13.5	14.2
	10.9	13.3
	9.0	12.2
0018	9.64	11.48
	9.0	11.6
	8.1	11.6
	13.5	15.1
	12.2	14.2
	12.9	14.2
	11.14	13.34

**Fuente: Elaboración propia**

Para el caso del primer perfil se tiene un aumento de la velocidad del fluido de 1.84m/s y del segundo perfil aumenta 2.2m/s. Para el caso de esta configuración de cola se tiene una respuesta rápida al cambio de dirección del flujo, pero una estabilización un tiempo considerable en el cual el aerogenerador se balancea de un lado a otro por un tiempo considerable. En el caso de los perfiles NACA el segundo tiene mejor respuesta y menor tiempo de estabilización.

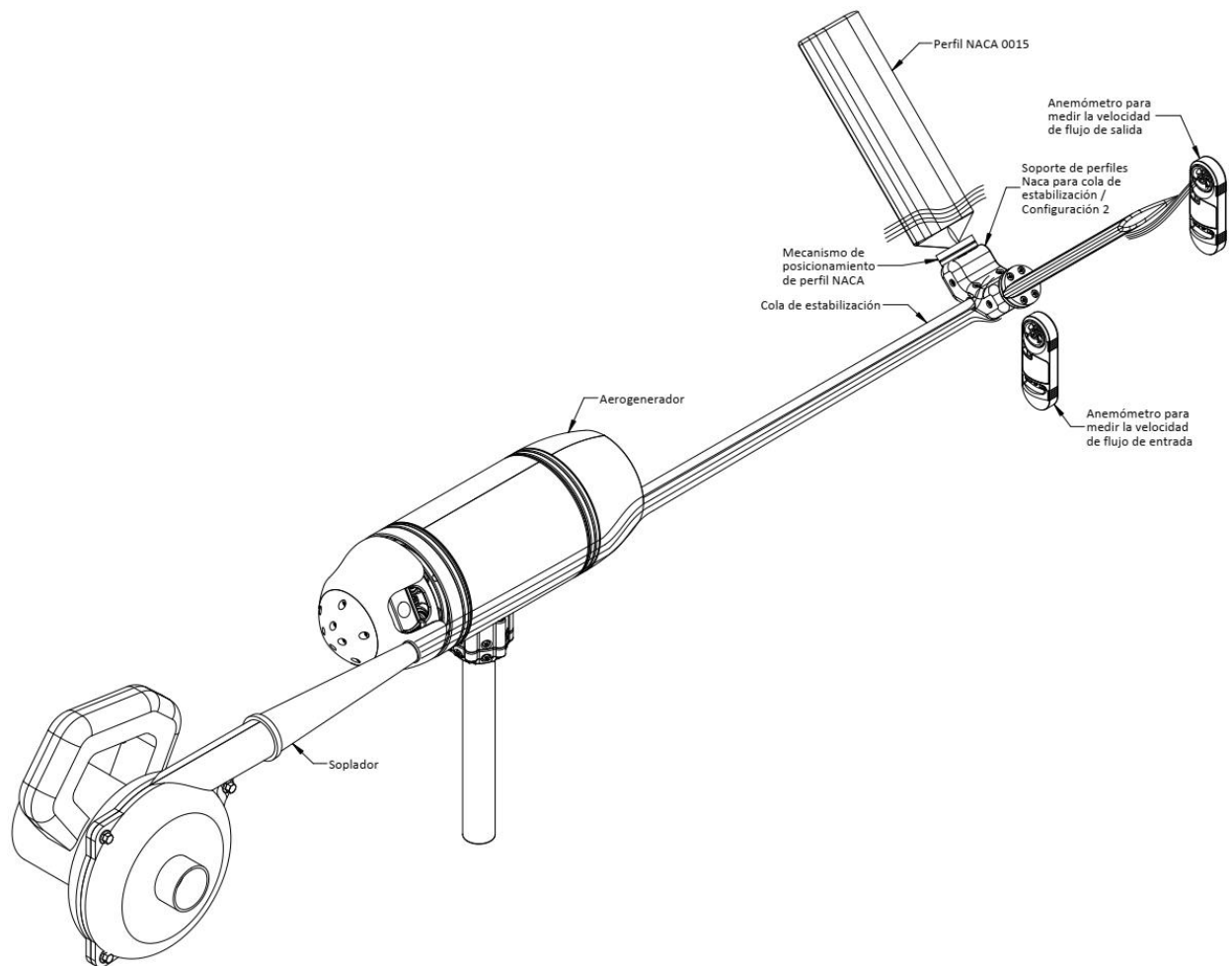
### 3.5.2.4. Prueba con cola de estabilización configuración 2

Se plantea una prueba con los perfiles aerodinámicos tanto para el perfil NACA 0015 como para el 0018, y se considera la utilización la cola porta perfil en V. Para la primera prueba se consideran las siguientes características:

- El aerogenerador es ensamblado sin hélices delanteras con la finalidad de examinar la respuesta del posicionamiento de la cola respecto al flujo de aire de una fuente artificial.
- Una fuente artificial de aire que genera un flujo casi constante de aire se realiza por medio de un soplador eléctrico que se coloca en paralelo a la línea central del aerogenerador. De la misma manera esta se coloca en ángulo respecto a la línea central de aerogenerador para verificar la respuesta de la cola diseñada.
- Un anemómetro es colocado en un punto en la parte frontal de la cola de estabilización con el fin de medir la velocidad de entrada del aire de la fuente externa.
- Un anemómetro es colocado en un punto de la parte posterior de la cola de estabilización con el fin de medir la velocidad de salida del aire de la de la fuente externa

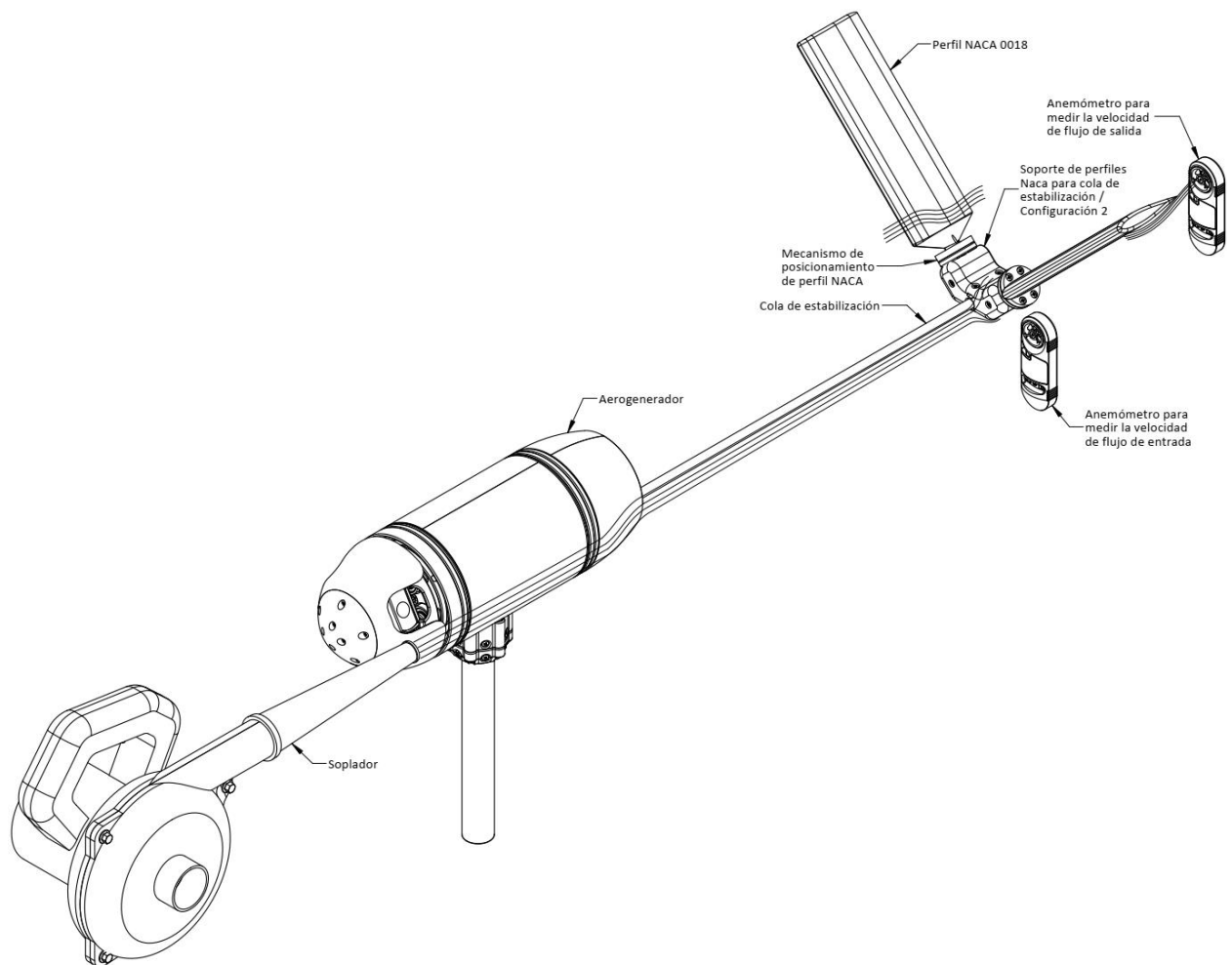
La prueba planteada se muestra en las siguientes figuras.

**Figura 90.**  
**Prueba con perfil NACA 0015 para cola – configuración 2**



**Fuente: Elaboración propia**

**Figura 91.**  
**Prueba con perfil NACA 0018 para cola – configuración 2**



**Fuente: Elaboración propia**

**La prueba se realizó como se indica en las siguientes figuras:**

**Figura 92.**

**Prueba con perfil NACA para cola – configuración 2 - 1**



**Fuente: Elaboración propia**

**Figura 93.**

**Prueba con perfil NACA para cola – configuración 2 - 2**



**Fuente: Elaboración propia**

**Figura 94.**

**Medición de perfil NACA para cola – configuración 2 - 1**



**Fuente: Elaboración propia**

**Figura 95.**

**Medición de perfil NACA para cola – configuración 2 - 2**



**Fuente: Elaboración propia**

Los resultados obtenidos se pueden observar en el siguiente cuadro:

**Tabla 8.**  
**Velocidades obtenidas de prueba de configuración de cola en V**

Perfil NACA	Velocidad de entrada (m/s)	Velocidad de salida (m/s)
0015	10.2	11.5
	8.2	9.5
	9.3	10.5
	13.2	14.6
	7.8	9.1
0018	9.74	11.04
	13.8	15.0
	14.2	15.1
	7.5	8.1
	6.0	7.4
	6.2	7.7
	9.54	10.66

**Fuente: Elaboración propia**

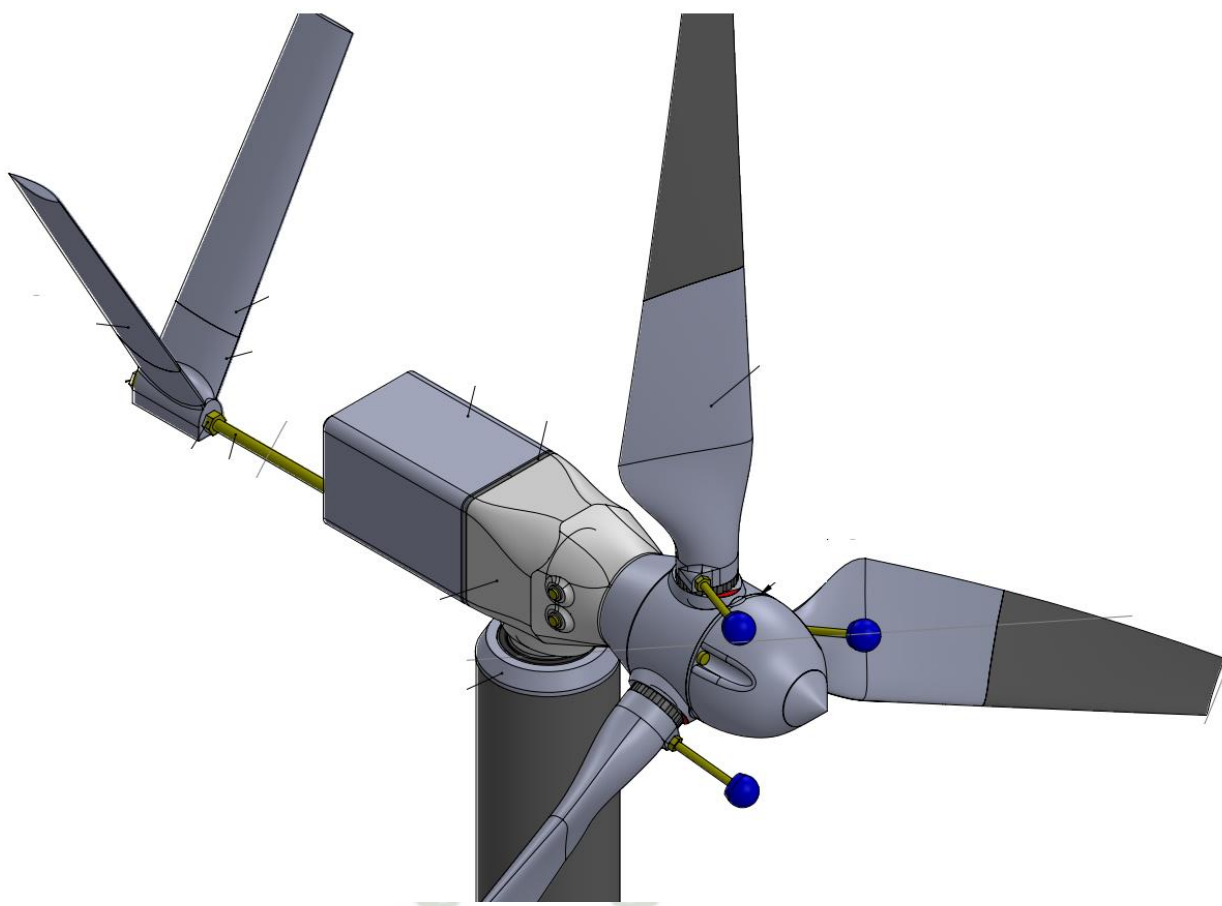
Para el caso del primer perfil se tiene un aumento de la velocidad del fluido de 1.3m/s mientras que para el caso del segundo perfil aumenta 1.12m/s. Para el caso de esta configuración de cola se tiene una respuesta más estable al cambio de dirección del flujo, en el cual el aerogenerador se balancea de un lado a otro de manera casi imperceptible. En el caso de los perfiles NACA el segundo tiene mejor respuesta y menor tiempo de estabilización.

### 3.5.3. Perfil de hélices de rotación

Para el diseño de la base, usamos como referencia el mismo modelo propuesto por Daniel Davis denominado MKIII DPower Turbine de 50W de potencia. La parte principal de este modelo se muestra en la siguiente figura.

**Figura 96.**

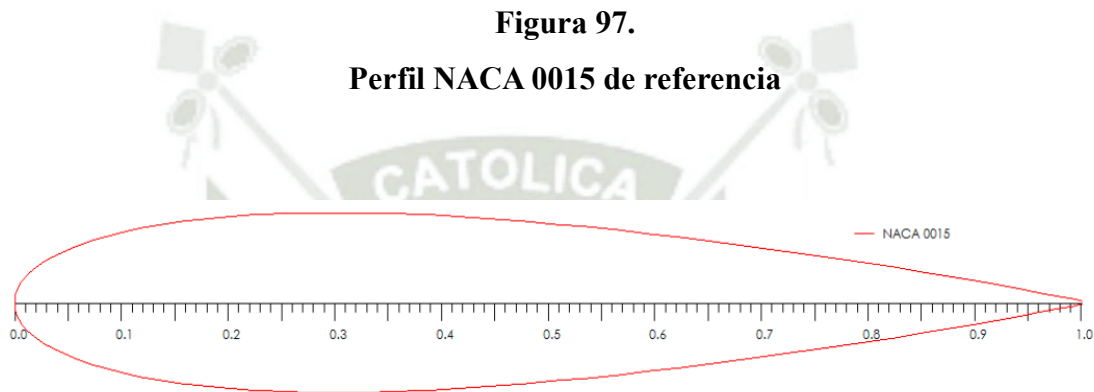
**Hélices montadas en aerogenerador**



**Fuente: MakerBot Industries, LLC, (2023).**

### 3.5.3.1. Hélice con perfil NACA 0015

Es un perfil aerodinámico con una curvatura máxima del 0% de la cuerda, situada en el punto del 0% de la cuerda medido desde el borde de ataque y con un espesor máximo del 15% de la cuerda. La referencia del perfil es el que se muestra en la figura. (Villa, 2023)

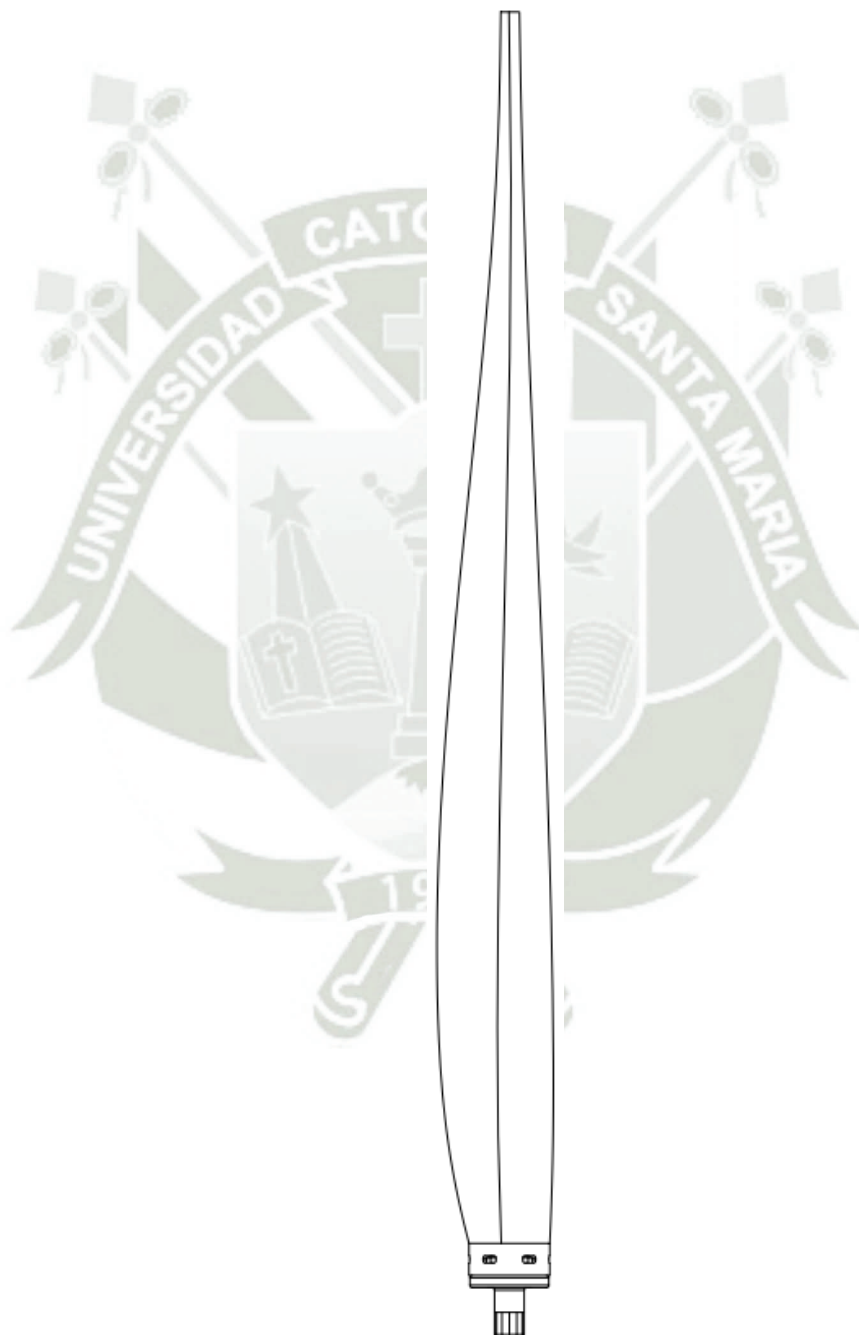


**Fuente: Vitorino y otros, (2016).**

La propuesta del perfil NACA para la hélice de aerogenerador se muestra a continuación.

**Figura 98.**

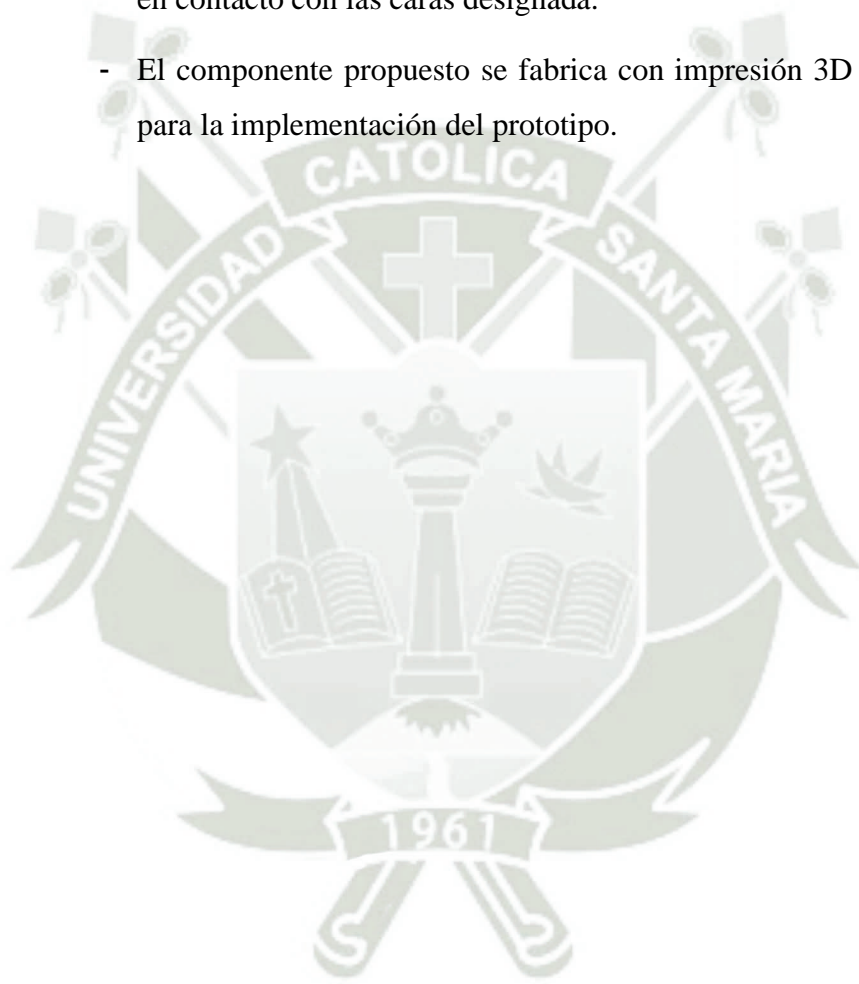
**Propuesta de perfil NACA 0015 para hélice de aerogenerador**



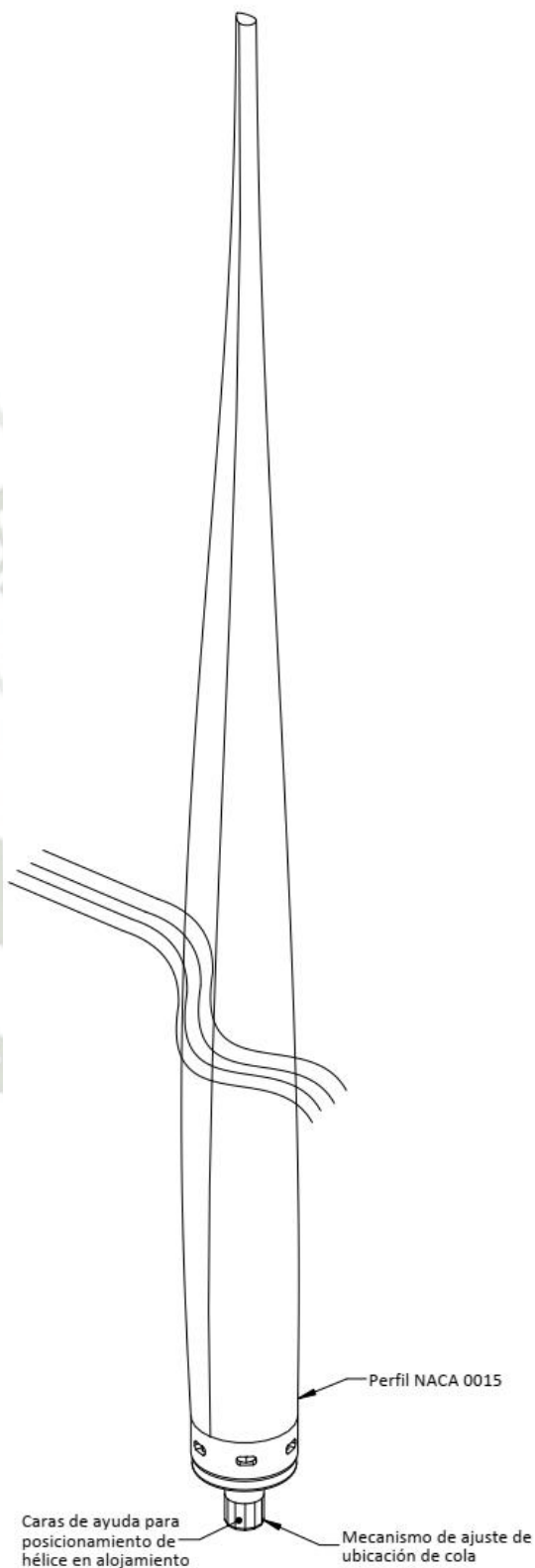
**Fuente: Elaboración propia**

En base a dicha información se plantea el siguiente diseño de la hélice del aerogenerador con perfil NACA 0015:

- Una sección corresponde a la hélice usada para generar el movimiento motriz del aerogenerador con perfil NACA 0015.
- La siguiente sección corresponde al soporte con el mecanismo de posicionamiento de los perfiles por medio de un perno de sujeción que va en contacto con las caras designada.
- El componente propuesto se fabrica con impresión 3D en material PLA para la implementación del prototipo.



**Figura 99.**  
**Características de la propuesta de perfil NACA 0015 para hélice**



**Fuente: Elaboración propia**

### 3.5.3.2. Hélice con perfil NREL S823 – S833 – S822

“Es un perfil aerodinámico de la serie S basado en el código de diseño y análisis de perfil aerodinámico de Eppler, la combinación propuesta S823 – S833 – S822 es la propuesta para rotores gruesos de 3 a 10m” (Jiménez, 2019).

**Tabla 9.**  
**Familia de perfiles aerodinámicos de la serie S**

Diámetro del rotor (m)	Categoría	Raíz	Primario	Propina
1 - 3	Grueso	S835	S833	S834
3 - 10	Grueso	S823	S833	S822
10 - 20	Delgado	S804	S801	S802
	Delgado	S804	S801	S803
	Delgado	S807	S805	S806
	Delgado	S807	S805A	S806A
	Delgado	S808	S805A	S806A
	Grueso	S821	S819	S820
20 - 30	Grueso	S811	S809	S810
	Grueso	S814	S812	S813
	Grueso	S815	S812	S813

**Fuente: Jiménez, (2019).**

La fuente de la relación de las medidas se muestra en la siguiente lista:

- S823:

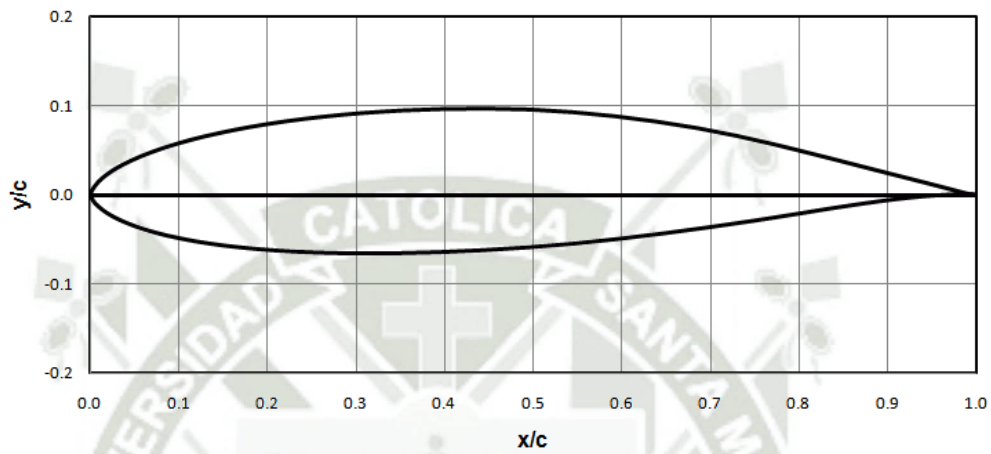
- S833:

- S822:

La referencia del perfil es el que se muestra en las figuras.

**Figura 100.**

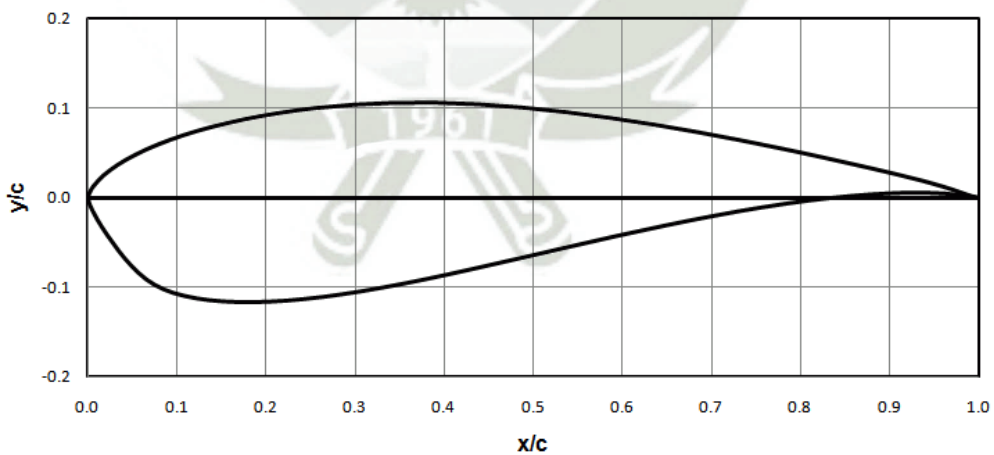
**Perfil NREL S822**



**Fuente: National Renewable Energy Laboratory, (2014).**

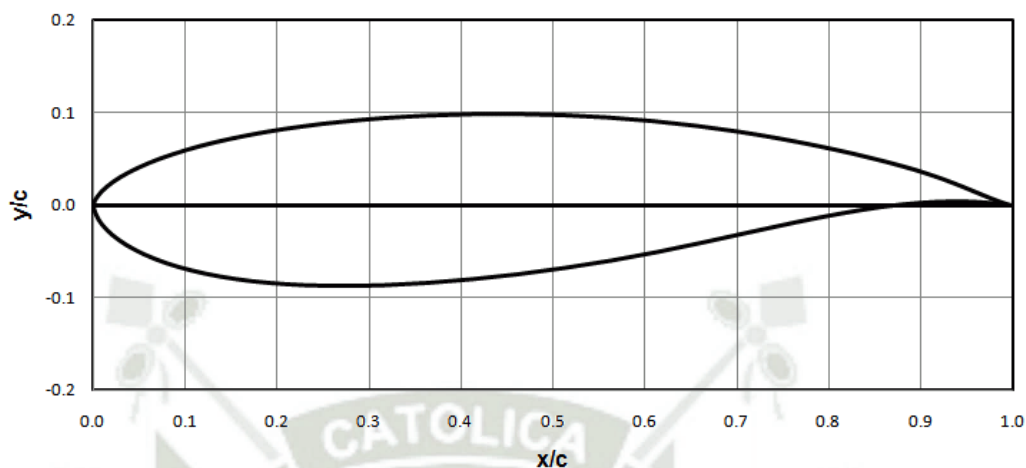
**Figura 101.**

**Perfil NREL S823**



**Fuente: National Renewable Energy Laboratory, (2014).**

**Figura 102.**  
**Perfil NREL S833**



**Fuente: National Renewable Energy Laboratory, (2014).**

La propuesta del perfil NREL para la hélice de aerogenerador se muestra a continuación.

**Figura 103.**

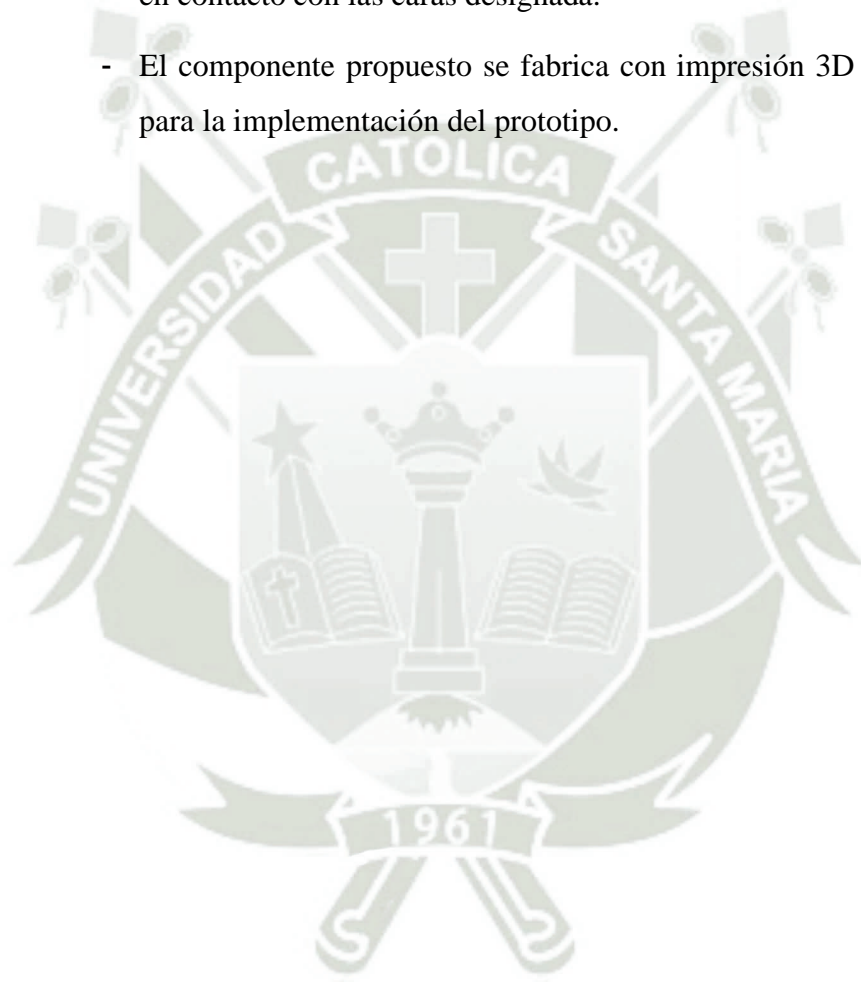
**Propuesta de perfil S823 – S833 – S822 para hélice de aerogenerador**



**Fuente: Elaboración propia**

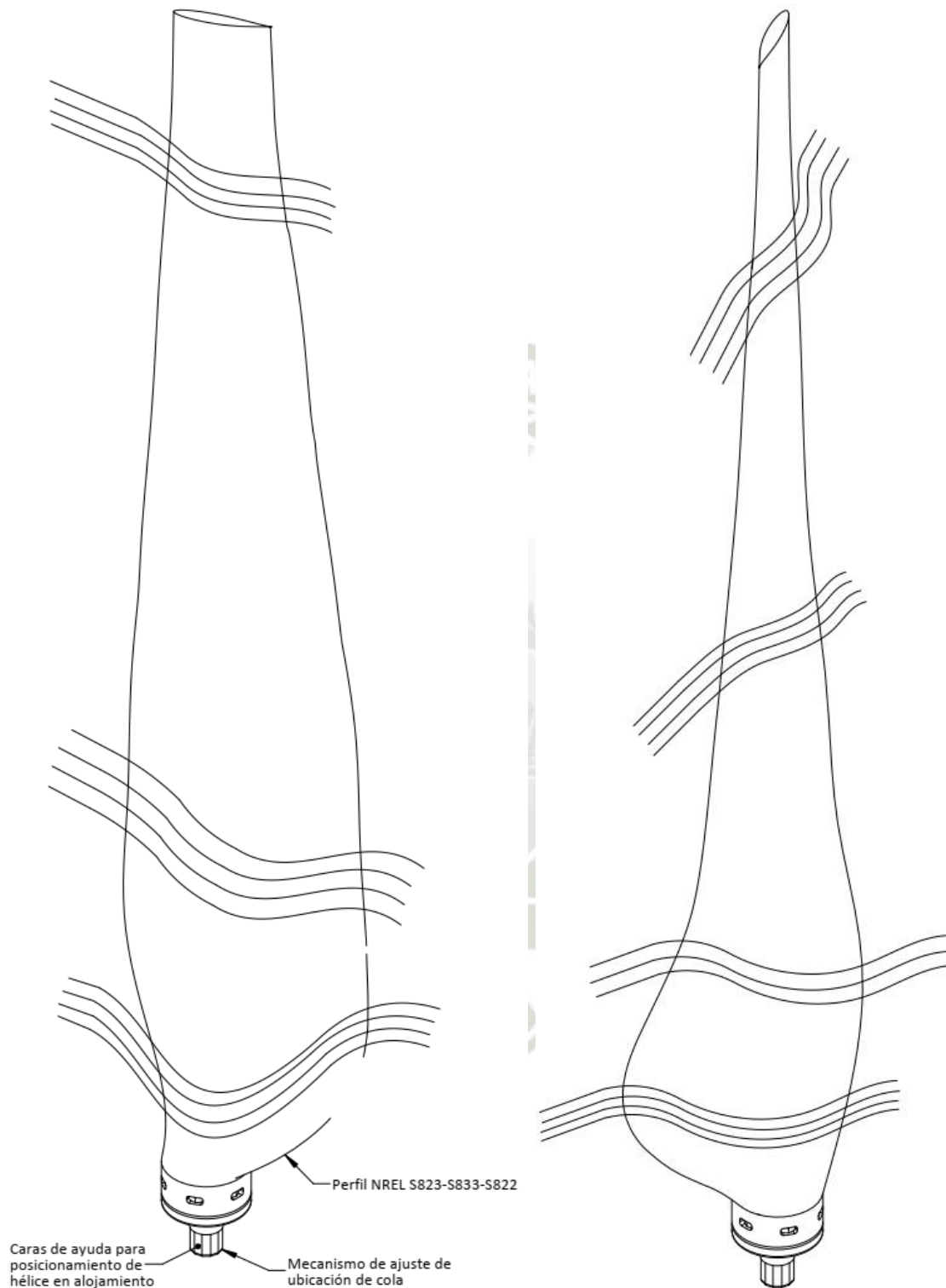
En base a dicha información se plantea el siguiente diseño de la hélice del aerogenerador con perfil NREL S823 – S833 – S822:

- Una sección corresponde a la hélice usada para generar el movimiento motriz del aerogenerador con perfil NREL S823 – S833 – S822.
- La siguiente sección corresponde al soporte con el mecanismo de posicionamiento de los perfiles por medio de un perno de sujeción que va en contacto con las caras designada.
- El componente propuesto se fabrica con impresión 3D en material PLA para la implementación del prototipo.



**Figura 104.**

**Características de propuesta de perfil NREL S823 – S833 – S822**



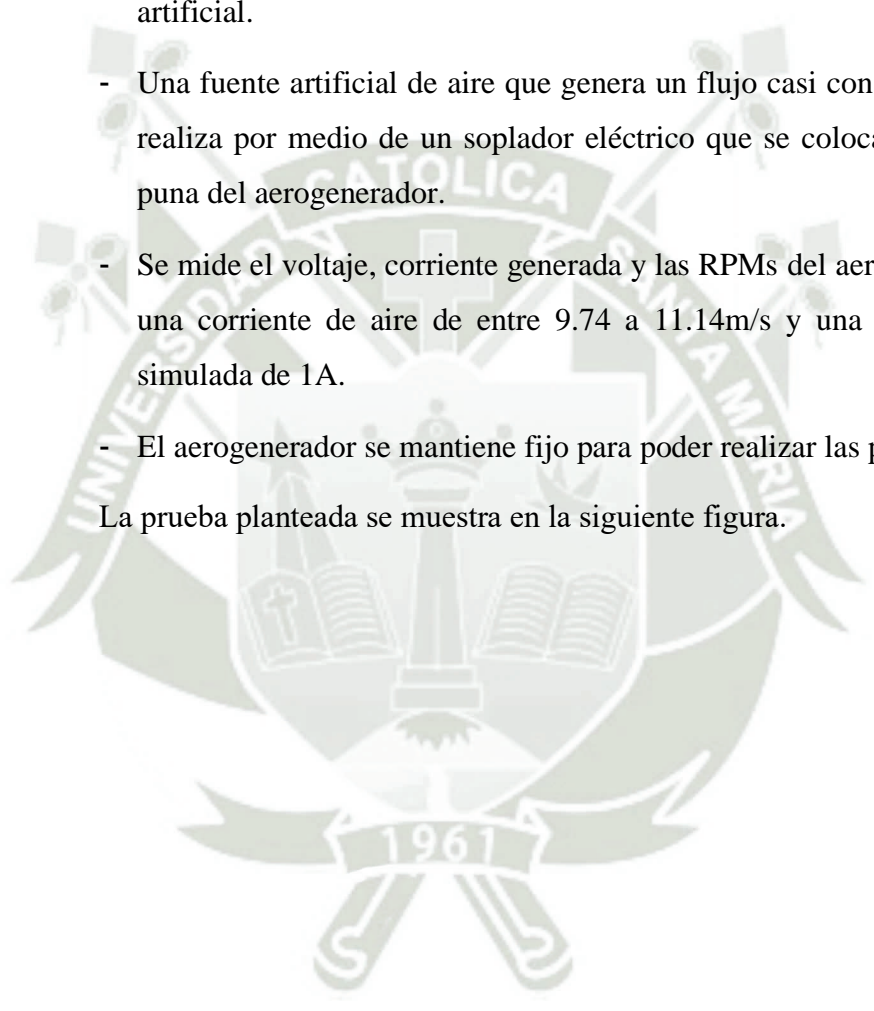
**Fuente: Elaboración propia**

### 3.5.3.3. Prueba con hélice con perfil NACA 0015

Se plantea una prueba con el perfil aerodinámico con el perfil NACA 0015, y se considera la utilización de la cola porta perfil en V. Para la prueba se consideran las siguientes características:

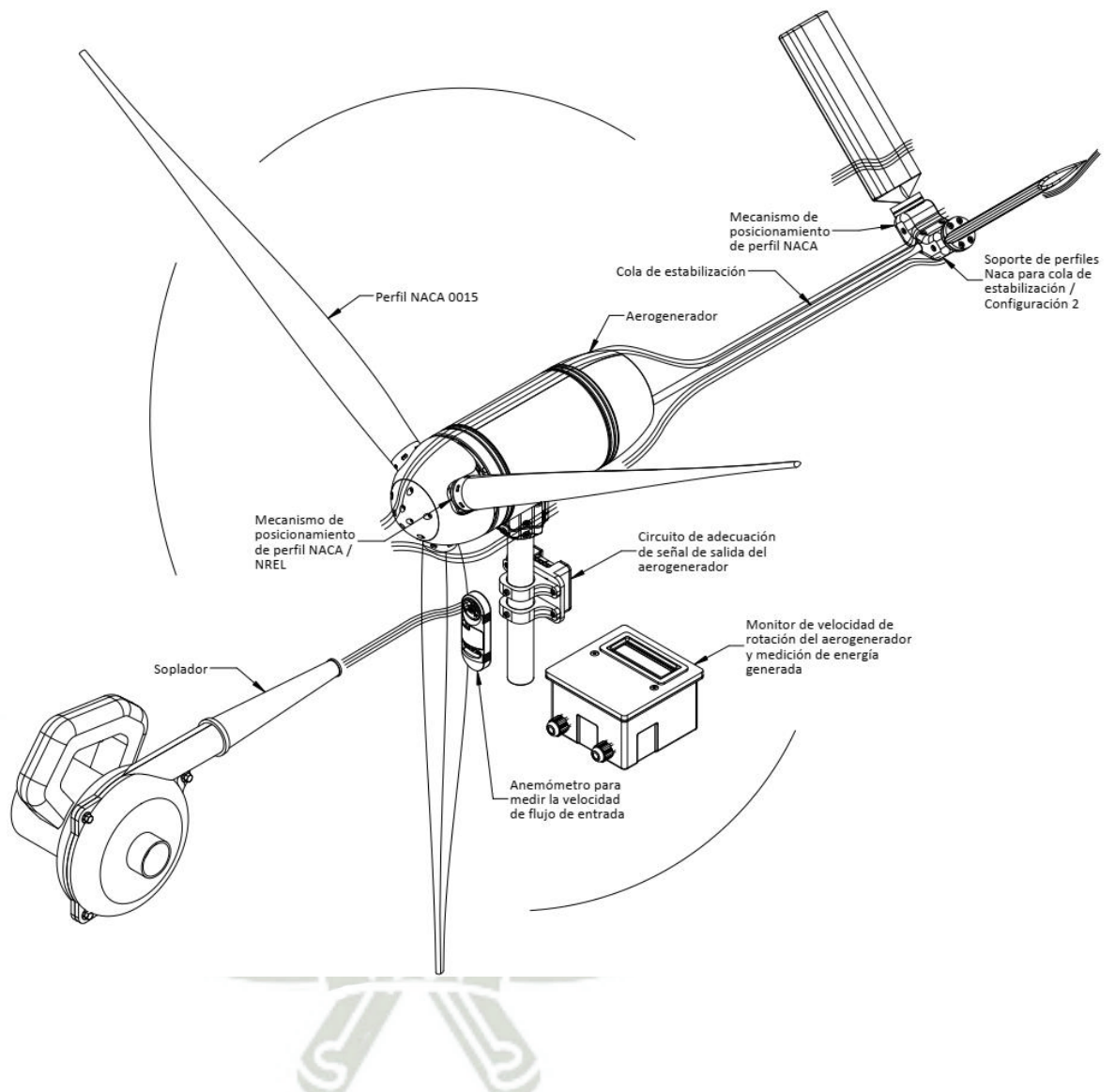
- El aerogenerador es ensamblado con hélices delanteras con la finalidad de examinar la respuesta de la hélice respecto al flujo de aire de una fuente artificial.
- Una fuente artificial de aire que genera un flujo casi constante de aire se realiza por medio de un soplador eléctrico que se coloca al frente de la puna del aerogenerador.
- Se mide el voltaje, corriente generada y las RPMs del aerogenerador para una corriente de aire de entre 9.74 a 11.14m/s y una carga constante simulada de 1A.
- El aerogenerador se mantiene fijo para poder realizar las pruebas.

La prueba planteada se muestra en la siguiente figura.



**Figura 105.**

**Prueba de generación con perfil NACA 0015 para hélice**



**Fuente: Elaboración propia**

La prueba se realizó como se indica en las siguientes figuras:

**Figura 106.**

**Prueba con perfil NACA 0015 para hélice - 1**



**Fuente: Elaboración propia**

**Figura 107.**

**Prueba con perfil NACA 0015 para hélice - 2**



**Fuente: Elaboración propia**

**Figura 108.**

**Medición de perfil NACA 0015 para hélice – 1**



**Fuente: Elaboración propia**

**Figura 109.**

**Medición de perfil NACA 0015 para hélice – 2**



**Fuente: Elaboración propia**

Los resultados obtenidos se pueden observar en el siguiente cuadro:

**Tabla 10.**  
**Resultados obtenidos para hélice NACA 0015**

Perfil	Voltaje medido (V)	Amperaje medido (A)	Revoluciones por minuto (RPM)
NACA 0015	0.22	0.15	450
	0.45	0.15	789
	0.53	0.15	845
	0.4	0.15	694.67

**Fuente: Elaboración propia**

Para el caso del perfil NACA 0015 y para una velocidad de flujo en promedio de 10.44m/s se obtiene un valor de potencia de 0.06 Watts y 694.67 RPMs.

#### **3.5.3.4. Prueba con hélice con perfil NREL S823 – S833 – S822**

Se plantea una prueba con el perfil aerodinámico con el perfil NREL S823 – S833 – S822, y se considera la utilización de la cola porta perfil en V. Para la prueba se consideran las siguientes características:

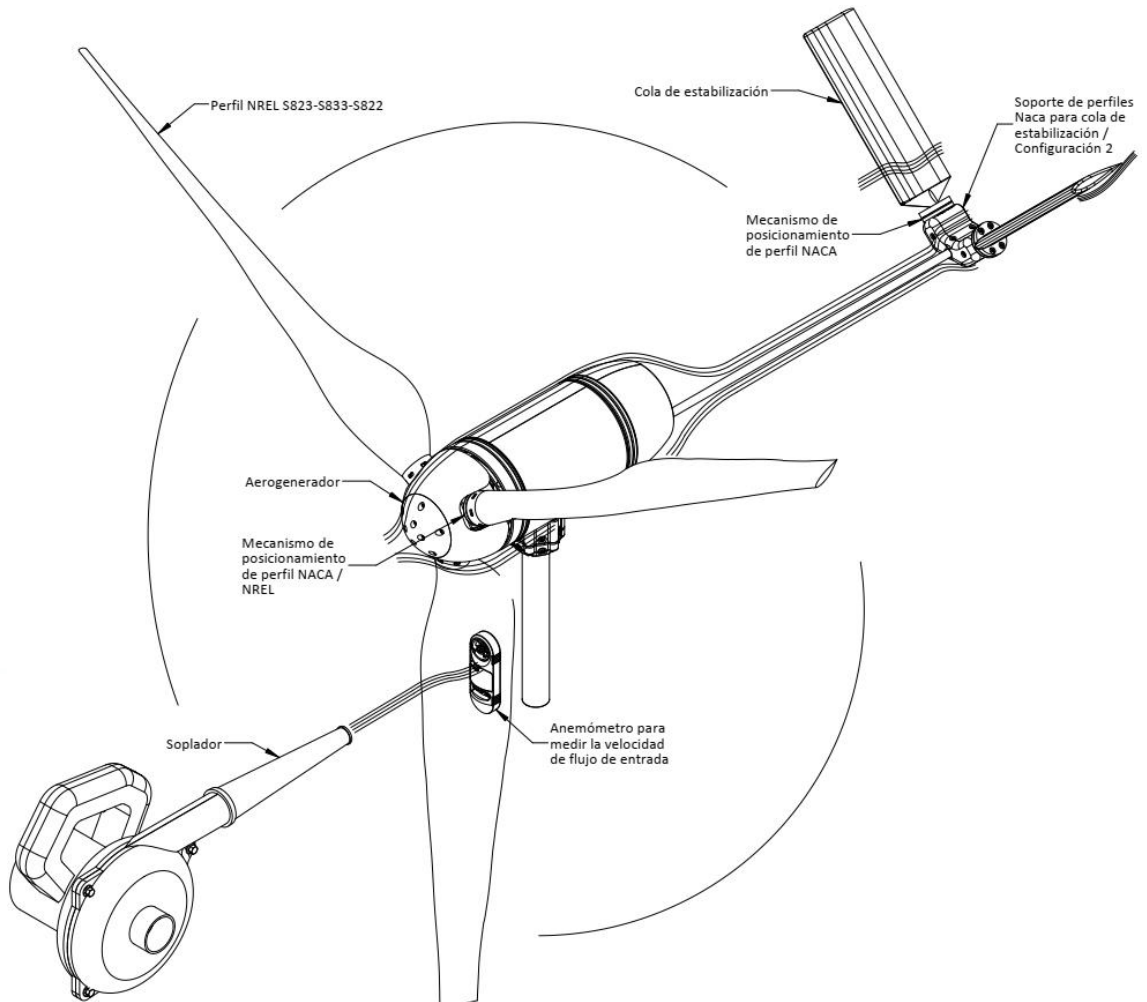
- El aerogenerador es ensamblado con hélices delanteras con la finalidad de examinar la respuesta de la hélice respecto al flujo de aire de una fuente artificial.
- Una fuente artificial de aire que genera un flujo casi constante de aire se realiza por medio de un soplador eléctrico que se coloca al frente de la puna del aerogenerador.
- Se mide el voltaje, corriente generada y las RPMs del aerogenerador para una corriente de aire de entre 9.74 a 11.14m/s y una carga constante simulada de 1A.

- El aerogenerador se mantiene fijo para poder realizar las pruebas.

La prueba planteada se muestra en la siguiente figura.

**Figura 110.**

**Prueba de generación con perfil NREL S823 – S833 para hélice**



**Fuente: Elaboración propia**

La prueba se realizó como se indica en las siguientes figuras:

**Figura 111.**

**Prueba con perfil NREL S823 – S833 para hélice - 1**



**Fuente: Elaboración propia**

**Figura 112.**

**Prueba con perfil NREL S823 – S833 para hélice - 2**



**Fuente: Elaboración propia**

**Figura 113.**

**Medición de perfil NREL S823 – S833 para hélice – 1**



**Fuente: Elaboración propia**

**Figura 114.**

**Medición de perfil NREL S823 – S833 para hélice – 2**



**Fuente: Elaboración propia**

Los resultados obtenidos se pueden observar en el siguiente cuadro:

**Tabla 11.**  
**Resultados obtenidos para hélice NREL S823 – S833**

Perfil	Voltaje medido (V)	Amperaje medido (A)	Revoluciones por minuto (RPM)
NREL S823 – S833	0.22	0.15	450
	0.30	0.15	507
	0.38	0.15	902
	0.3	0.15	619.67

**Fuente: Elaboración propia**

Para el caso del perfil NREL S823 – S833 y para una velocidad de flujo en promedio de 10.44m/s se obtiene un valor de potencia de 0.045 Watts y 619.67 RPMs.

## CONCLUSIONES

1. En base a las pruebas realizadas a las configuraciones de las colas, correspondiente a la forma recta permite tener respuestas más rápidas, pero periodos más largos hasta la estabilización; en cambio, la correspondiente a la forma en V permite tener respuestas relativamente más lentas, pero con periodos muy cortos de estabilización.
2. En base a las pruebas realizadas a las hélices NACA 0015 y 0018 estas poseen respuestas similares a los flujos de aire tanto en las configuraciones de cola recta y en V.
3. En base a las pruebas realizadas a las hélices NACA 0015 y NREL 823 822 833, el primer juego permite mayores velocidades, pero mayor variabilidad en las RPMs y voltaje de salida, en cambio el segundo juego logra menores velocidades, pero menor variabilidad en las RPMs y voltaje de salida. Lo anterior descrito permite inferir el uso del perfil NACA para aerogeneradores con mejor estructura mecánica que logre absorber la vibración generada, en caso del perfil NREL se recomienda usar en aerogeneradores donde la estructura mecánica sea más esbelta.
4. Desde el punto de vista constructivo, se comprueba que se puede llegar a tener referencia tanto de la construcción como de las características en base a pruebas usando modelos físicos a escala que pueden ser fabricados usando métodos de prototipado rápido como es la impresión 3D.
5. En base a las pruebas se ve la necesidad de incorporar también estudio de la caracterización de los perfiles por medio de la fabricación de un banco de pruebas para los perfiles fabricados.

## RECOMENDACIONES

1. Las pruebas sólo cubren condiciones aproximadas de trabajo, por lo que la implementación de alguna prueba que permita medir la respuesta de los perfiles no montados en el aerogenerador correspondientes con mediciones reales es recomendada.
2. Se recomienda la reducción del peso de la punta de rotación y las hélices que permita mejorar la eficiencia y disminuir la resistencia por inercia del rotor.
3. Se recomienda la reducción del peso del cuerpo del aerogenerador que mejore la estabilidad del sistema ante fuentes externas a diferentes direcciones.
4. Se recomienda realizar pruebas de respuesta del aerogenerador frente a condiciones reales de viento que se encuentre a una altura similar a la de los techos de un edificio o casa promedio del Perú.
5. Se debe mejorar el diseño del mecanismo de posicionamiento y montaje de las hélices en la punta de rotación que permita sincronizar el ángulo de las hélices respecto al eje central del área transversal del aerogenerador

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, & Morales. (2020). Angélica. Proceso de decisión de compra de vehículos eléctricos en Bogotá. *Pensamiento & Gestión*. Obtenido de [https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07642017000200004&script=sci\\_arttext&tlng=pt](https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07642017000200004&script=sci_arttext&tlng=pt)
- Alave, Orellana, & Sempértégui. (2022). Estado del arte sobre aerogeneradores de eje vertical. *Investigación & Desarrollo*, 22(1), 161-172. Obtenido de [https://scholar.google.com/scholar\\_url?url=http://www.scielo.org.bo/scielo.php%3Fpid%3DS2518-44312022000100161%26script%3Dsci\\_arttext&hl=es&sa=T&oi=gsb-ggp&ct=res&cd=0&d=13816486090530847895&ei=uFosZM64L\\_iH6rQPpJOoiAc&scisig=AJ9-iYvGu2tBwRoR9NRYqcVlwoM](https://scholar.google.com/scholar_url?url=http://www.scielo.org.bo/scielo.php%3Fpid%3DS2518-44312022000100161%26script%3Dsci_arttext&hl=es&sa=T&oi=gsb-ggp&ct=res&cd=0&d=13816486090530847895&ei=uFosZM64L_iH6rQPpJOoiAc&scisig=AJ9-iYvGu2tBwRoR9NRYqcVlwoM)
- Aleida, Beltrán. (2021). Diagnóstico y riesgos de la energía eólica en México. *Revista de Geografía Agrícola*, 67, 27 - 45. Obtenido de [https://scholar.google.com/scholar\\_url?url=https://chapingo-cori.mx/geografia/geografia/article/view/r.ga.2021.67.02&hl=es&sa=T&oi=gsb&ct=res&cd=1&d=13200113177805167387&ei=j00sZM-eJu6N6rQP0\\_me4AE&scisig=AJ9-iYvWBt\\_6zDILX8CEf6IRhBR8](https://scholar.google.com/scholar_url?url=https://chapingo-cori.mx/geografia/geografia/article/view/r.ga.2021.67.02&hl=es&sa=T&oi=gsb&ct=res&cd=1&d=13200113177805167387&ei=j00sZM-eJu6N6rQP0_me4AE&scisig=AJ9-iYvWBt_6zDILX8CEf6IRhBR8)
- Aranguren, A. (2018). Caracterización de perfiles aerodinámicos a bajos números de Reynolds. Obtenido de [https://scholar.google.com/scholar\\_url?url=https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/39108/u820957.pdf%3Fsequence%3D1%26isAllowed%3Dy&hl=es&sa=T&oi=gsb-ggp&ct=res&cd=0&d=2313782150509168587&ei=7EAsZMy0IunCywTF0JqoCg&scisig=AJ9-iYug7Yuz9aHr](https://scholar.google.com/scholar_url?url=https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/39108/u820957.pdf%3Fsequence%3D1%26isAllowed%3Dy&hl=es&sa=T&oi=gsb-ggp&ct=res&cd=0&d=2313782150509168587&ei=7EAsZMy0IunCywTF0JqoCg&scisig=AJ9-iYug7Yuz9aHr)
- Beer, Johnston, & DeWolf. (2011). *Mecánica de materiales*. México: Editorial Mc Graw Hill. Obtenido de [https://scholar.google.com/scholar\\_url?url=https://www.academia.edu/download/64816951/Mecanica\\_dos\\_Materiais\\_BEER\\_5a\\_Edicao.pdf&hl=es&sa=T&oi=gsb-ggp&ct=res&cd=0&d=8245302700506636004&ei=lz0sZM2gBo65ygSn17SwDg&scisig=AJ9-iYuz2PsBj5hY1lma0eo-sJo5](https://scholar.google.com/scholar_url?url=https://www.academia.edu/download/64816951/Mecanica_dos_Materiais_BEER_5a_Edicao.pdf&hl=es&sa=T&oi=gsb-ggp&ct=res&cd=0&d=8245302700506636004&ei=lz0sZM2gBo65ygSn17SwDg&scisig=AJ9-iYuz2PsBj5hY1lma0eo-sJo5)

- Bojorquez, M. (2018). Planteamiento de un parque eólico marino en la costa peruana: regiones de Ica, Piura y La Libertad. [Tesis para optar el grado académico de Maestro]. Obtenido de <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/13054>
- Budynas, Nisbett, & Ríos. (2012). Diseño en ingeniería mecánica de Shigley. México: Editorial Mc Graw Hill. Obtenido de [https://scholar.google.com/scholar\\_url?url=https://biblioteca.uazuay.edu.ec/buscar/item/73814&hl=es&sa=T&oi=gsb&ct=res&cd=0&d=18328463896033596649&ei=Mz0sZLamKfiH6rQPpJOoiAc&scisig=AJ9-iYt3-PWfhw2GS\\_pnLtBNqzCL](https://scholar.google.com/scholar_url?url=https://biblioteca.uazuay.edu.ec/buscar/item/73814&hl=es&sa=T&oi=gsb&ct=res&cd=0&d=18328463896033596649&ei=Mz0sZLamKfiH6rQPpJOoiAc&scisig=AJ9-iYt3-PWfhw2GS_pnLtBNqzCL)
- Burton, Jenkins, Sharpe, & Bossanyi. (2011). Wind Energy Handbook. Obtenido de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781119992714>
- Calle, Fernando, Romero, & Alexander. (2022). Construcción de un prototipo de sistema robótico para el despacho de productos farmacéuticos de bajo peso utilizando visión artificial y comunicación inalámbrica. [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Industrial]. Obtenido de [https://scholar.google.com/scholar\\_url?url=http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/16335&hl=es&sa=T&oi=gsb&ct=res&cd=0&d=16120827197631501886&ei=IKwsZM3CJrvHywTMzaGACA&scisig=AJ9-iYsDaOtb-V-71HbYF1W1t8Hi](https://scholar.google.com/scholar_url?url=http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/16335&hl=es&sa=T&oi=gsb&ct=res&cd=0&d=16120827197631501886&ei=IKwsZM3CJrvHywTMzaGACA&scisig=AJ9-iYsDaOtb-V-71HbYF1W1t8Hi)
- Cárdenas, J. (2016). Simulación y control de una turbina eólica para generación de energía eléctrica. [Tesis para optar el grado académico de Maestro]. Obtenido de <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/6579>
- Centurion, J. (2019). Análisis aerodinámico y simulación computacional de un elemento álabes de una turbina eólica pequeña para el aprovechamiento eólico en Reque. [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Mecánico Eléctrico]. Obtenido de [https://scholar.google.com/scholar\\_url?url=http://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/2296&hl=es&sa=T&oi=gsb&ct=res&cd=0&d=426365956721105296&ei=bkEsZLHBAZaO6rQP\\_saLoAk&scisig=AJ9-iYvwGitx-WT2-bjqaZaL1Rgv](https://scholar.google.com/scholar_url?url=http://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/2296&hl=es&sa=T&oi=gsb&ct=res&cd=0&d=426365956721105296&ei=bkEsZLHBAZaO6rQP_saLoAk&scisig=AJ9-iYvwGitx-WT2-bjqaZaL1Rgv)
- Chapman, S. (2005). Máquinas eléctricas. España: Editorial Mc Graw Hill. Obtenido de <https://ia803201.us.archive.org/8/items/266539159MaquinasElectricasChapman5taEdicionPdf/266539159-Maquinas-electricas-Chapman-5ta-edicion-pdf.pdf>

- Da Riva De La Cavada, I. (1991). Aerodinámica. Obtenido de [https://scholar.google.com/scholar\\_url?url=https://oa.upm.es/id/eprint/13758&hl=es&sa=T&oi=gsb&ct=res&cd=0&d=904594492634280983&ei=oFIsZOiOMLvHywTMzaGACA&scisig=AJ9-iYvC-vo6GGsmhdz5CZKKI78L](https://scholar.google.com/scholar_url?url=https://oa.upm.es/id/eprint/13758&hl=es&sa=T&oi=gsb&ct=res&cd=0&d=904594492634280983&ei=oFIsZOiOMLvHywTMzaGACA&scisig=AJ9-iYvC-vo6GGsmhdz5CZKKI78L)
- Fitzgerald., Kingsley, & Stephen. (2003). Electric machinery. Estados Unidos: Editorial Mc Graw Hill. Obtenido de [https://scholar.google.com/scholar\\_url?url=http://ir.juit.ac.in:8080/jspui/bitstream/123456789/5635/1/Electronics%2520and%2520Communication\\_FIT.pdf&hl=es&sa=T&oi=gsb-ggp&ct=res&cd=0&d=7102773725882168411&ei=DD4sZlqID4SNygSFt4DYAw&scisig=AJ9-iYsI8nIygQgWWy](https://scholar.google.com/scholar_url?url=http://ir.juit.ac.in:8080/jspui/bitstream/123456789/5635/1/Electronics%2520and%2520Communication_FIT.pdf&hl=es&sa=T&oi=gsb-ggp&ct=res&cd=0&d=7102773725882168411&ei=DD4sZlqID4SNygSFt4DYAw&scisig=AJ9-iYsI8nIygQgWWy)
- Flores, D. (2006). Diseño de perfiles aerodinámicos. [Tesis para optar el grado academico de Maestro]. Obtenido de [https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/2177/1/1483\\_2006\\_ESIME-ZAC\\_MAESTRIA\\_flores\\_galindo\\_diegorodrigo.pdf](https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/2177/1/1483_2006_ESIME-ZAC_MAESTRIA_flores_galindo_diegorodrigo.pdf)
- Fraile, J. (2003). Máquinas eléctricas. España: Editorial Mc Graw Hill. Obtenido de [https://frrq.cvg.utn.edu.ar/pluginfile.php/20763/mod\\_resource/content/1/Maquinas\\_Electricas\\_Fraile%20Mora\\_5Ed.pdf](https://frrq.cvg.utn.edu.ar/pluginfile.php/20763/mod_resource/content/1/Maquinas_Electricas_Fraile%20Mora_5Ed.pdf)
- Geek Factory. (2023). Motor a pasos NEMA 17 17HS4401. Obtenido de <https://www.geekfactory.mx/tienda/robotica/motores/motor-a-pasos-nema-17-17hs4401/>
- General Electric. (2023). Turbina electrica utilizando tecnologia de impresion 3D. Obtenido de <https://www.ge.com/>
- Hernández, Fernández, & Baptista. (2010). Metodología de la investigación. Editorial McGraw Hill.
- Hibbeler. (2017). Mechanics of materials. Estados Unidos: Editorial Pearson. Obtenido de <https://www.amazon.com/-/es/R-C-Hibbeler/dp/013191345X>
- Jiménez, E. (2019). Modelado del comportamiento en fatiga de materiales en fibra de vidrio de Borosilicato, vidrio de alta resistencia, Carbón y Aramida para palas con aplicación en turbinas eólicas Offshore en ambientes marinos del Caribe Colombiano. [Tesis para optar el grado academico de Maestro]. Obtenido de

[https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/34950/Jim%  
c3%a9nezBerrioErlyGisella2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/34950/Jim%c3%a9nezBerrioErlyGisella2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

MakerBot Industries, LLC. (2023). MKIII DPower Turbine - 1. Obtenido de <https://www.thingiverse.com/3dprintable1/designs>

Ministerio de Energía y Minas del Perú. (2016). Atlas eólico del Perú. Obtenido de <https://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/cg00367.pdf>

Monge, & Alzamora. (2021). Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta generadora de energía eléctrica con el uso de biodigestores tubulares en el distrito de San Agustín de Cajas-Huancayo. [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Industrial]. Obtenido de [https://repositorio.ulima.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12724/3291/Mantovani\\_Escalante\\_Alfredo.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ulima.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12724/3291/Mantovani_Escalante_Alfredo.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Morales, M. (2009). Energía eólica y diseño de control de voltaje y frecuencia para un convertidor de potencia con topología CA/CD-CD/CD-CD/CA. [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Electricista]. Obtenido de <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/4429/ENERGIAEOLICA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

National Renewable Energy Laboratory. (2014). Gráfico y coordenadas del perfil aerodinámico S822 de NREL. Obtenido de [https://wind.nrel.gov/airfoils/shapes/S833\\_Shape.html](https://wind.nrel.gov/airfoils/shapes/S833_Shape.html)

National Renewable Energy Laboratory. (2014). Gráfico y coordenadas del perfil aerodinámico S823 de NREL. Obtenido de [https://wind.nrel.gov/airfoils/shapes/S823\\_Shape.html](https://wind.nrel.gov/airfoils/shapes/S823_Shape.html)

National Renewable Energy Laboratory. (2014). Gráfico y coordenadas del perfil aerodinámico S833 de NREL. Obtenido de [https://wind.nrel.gov/airfoils/shapes/S833\\_Shape.html](https://wind.nrel.gov/airfoils/shapes/S833_Shape.html)

Naylamp Mechatronics SAC. (2023). Microcontrolador Arduino Pro Mini Strong. Obtenido de <https://naylampmechatronics.com/ardusystem-tarjetas/145-pro-mini-328-3v8mhz.html>

Paredes, & Villavicencio. (2019). Diseño de una central generadora eólica para un sistema de bombeo hídrico en la comunidad de maca atápulo parroquia poaló cantón

- Latacunga provincia de Cotopaxi. [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Electrico]. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/5586/1/PI-001112.pdf>
- Quintero, Y. (2021). Diseño y simulación de un aerogenerador tripala en Boyacá, mediante dinámica de fluidos computacional. [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Mecanico]. Obtenido de <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/37776/2021Andr%c3%a9sP arra.pdf?isAllowed=y&sequence=1>
- Rodriguez, Perino, Perelló, & Murdocca. (2018). Sistema de monitoreo y registro automático de parámetros para instalaciones fotovoltaicas aisladas. Acta de la XLI Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente (ASADES), 6, 165-176. Obtenido de [https://scholar.google.com/scholar\\_url?url=https://www.researchgate.net/profile/Ernesto-Perino/publication/335224464\\_SISTEMA\\_DE\\_MONITOREO\\_Y\\_REGISTRO\\_AUTOMATICO\\_DE\\_PARAMETROS\\_PARA\\_INSTALACIONES\\_FOTOVOLTAICAS\\_AISLADAS/links/60f1e9e40859317dbdea2b9b/SISTEMA-](https://scholar.google.com/scholar_url?url=https://www.researchgate.net/profile/Ernesto-Perino/publication/335224464_SISTEMA_DE_MONITOREO_Y_REGISTRO_AUTOMATICO_DE_PARAMETROS_PARA_INSTALACIONES_FOTOVOLTAICAS_AISLADAS/links/60f1e9e40859317dbdea2b9b/SISTEMA-)
- SAISAC Mecatronica. (2023). Sensor de lectura de RPMs TCRT5000 - 1. Obtenido de <https://saisac.pe/producto/sensor-de-color-tcs-230/>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (2021). Climas del Perú. Obtenido de <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01404SENA-4.pdf>
- Suau de castro, M. (2014). Diseño y construcción de una mini-turbina eólica. [Tesis para optar el título profesional de Ingeniería de la Energía]. Obtenido de [https://scholar.google.com/scholar\\_url?url=https://oa.upm.es/id/eprint/36428&hl=es&sa=T&oi=gsb&ct=res&cd=0&d=10508580568359361558&ei=Mk8sZOexNoSNygSFt4DYAw&scisig=AJ9-iYsKrIvMOLYI-q-3GfZiYciE](https://scholar.google.com/scholar_url?url=https://oa.upm.es/id/eprint/36428&hl=es&sa=T&oi=gsb&ct=res&cd=0&d=10508580568359361558&ei=Mk8sZOexNoSNygSFt4DYAw&scisig=AJ9-iYsKrIvMOLYI-q-3GfZiYciE)
- UNIT Electronics. (2023). Sensor de erecto Hall ACS712 - 30A. Obtenido de <https://uelectronics.com/producto/sensor-de-corriente-acs712-30a/>
- Vicente, López, Acevedo, & Pimentel. (2018). Simulador Tridimensional De La Cinemática Del Rotor De Un Aerogenerador Tripala Con Base En La Convención DH. Pistas Educativas, 39(128). Obtenido de [https://scholar.google.com/scholar\\_url?url=http://www.itcelaya.edu.mx/ojs/index](https://scholar.google.com/scholar_url?url=http://www.itcelaya.edu.mx/ojs/index).

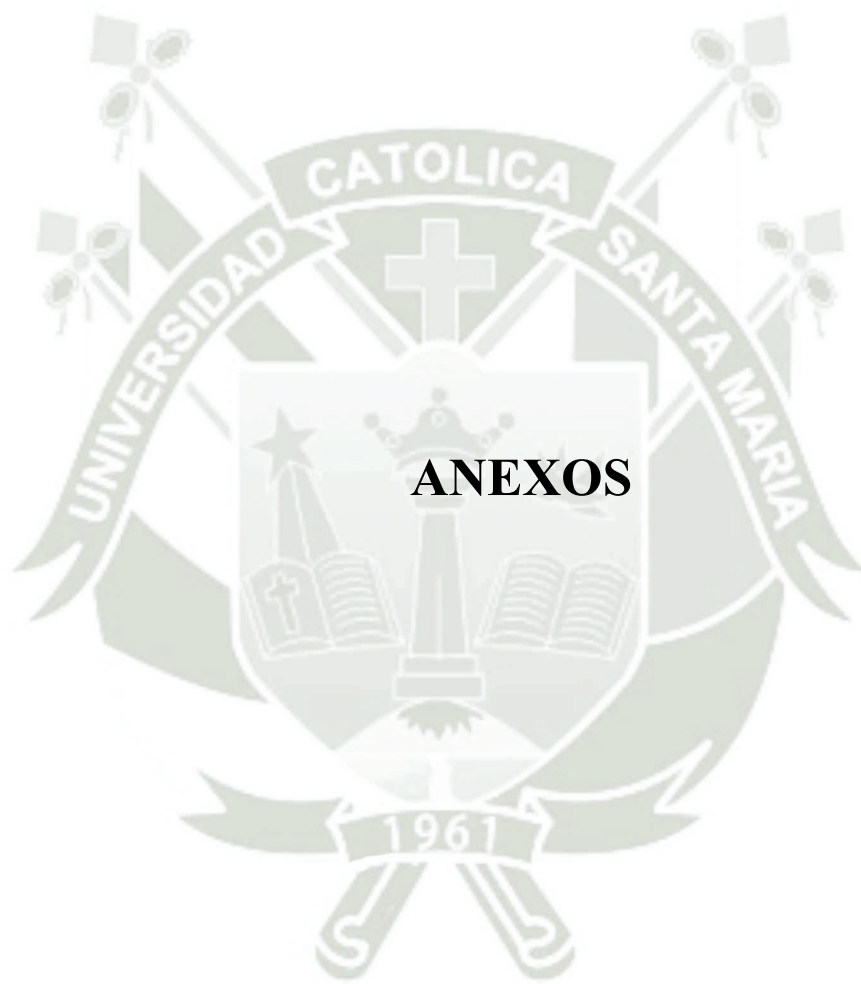
php/pistas/article/view/1147&hl=es&sa=T&oi=gsb&ct=res&cd=1&d=3994430226151677648&ei=R10sZN2ZA465ygSn17SwDg&scisig=AJ9-iYtEKjq6Gn83eY1HZl2ZypdV

Villa, A. (2023). Estructura del avión. Obtenido de <https://idoc.tips/partes-del-avion-pdf-free.html>

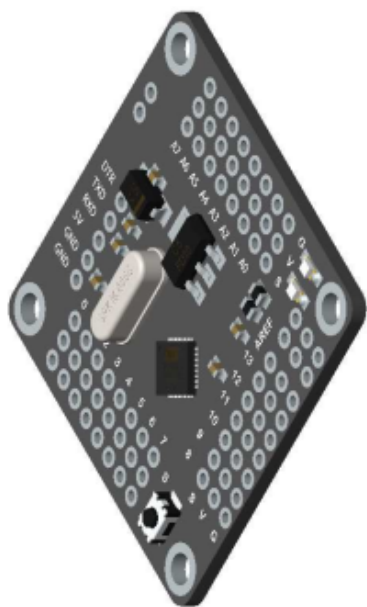
Vitorino, Labriola, & Moyano. (s.f.). Sistemas conversores fluido-Dinámicos de energía renovable para la Patagonia Argentina. Informe Científico Técnico UNPA, 8(2), 113-138. Obtenido de [https://scholar.google.com/scholar\\_url?url=https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo%3Fcodigo%3D5619085&hl=es&sa=T&oi=gsb&ct=res&cd=0&d=13871268930601458161&ei=\\_T8sZJnaA-nCywTF0JqoCg&scisig=AJ9-iYscF5Dn\\_GKFrTvSbhyzdSfp](https://scholar.google.com/scholar_url?url=https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo%3Fcodigo%3D5619085&hl=es&sa=T&oi=gsb&ct=res&cd=0&d=13871268930601458161&ei=_T8sZJnaA-nCywTF0JqoCg&scisig=AJ9-iYscF5Dn_GKFrTvSbhyzdSfp)

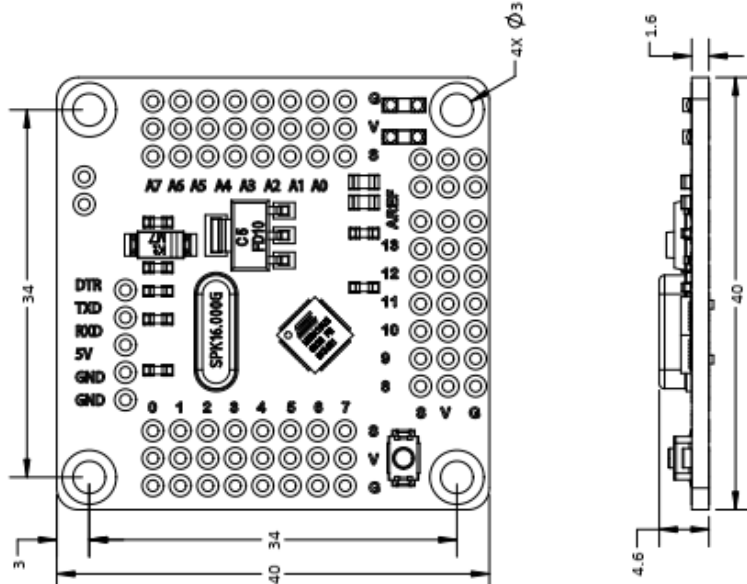
Vitorino, Manuel, & Moyano. (2016). Sistemas Conversores Fluido - Dinámicos de energía renovable para la Patagonia Argentina. Informe Científico Técnico UNPA, 8(2), 113-138.





# ANEXO N° 1: ARDUINO PRO MINI STRONG





4X Ø3

1.6

40

**ESPECIFICACIONES:**

- Microcontrolador Atmega 328.
- Velocidad del reloj de 16MHz.
- Voltaje de trabajo de 5V.
- Voltaje de alimentación externo de 7 - 18V (Límite de 6 - 20V).
- 14 salidas / entradas digitales.
- 6 salidas con PWM.
- 6 entradas analógicas.
- 32 KB de memoria Flash.
- 2 KB de memoria SRAM.
- 1 KB de EEPROM.

**Recomendaciones:**

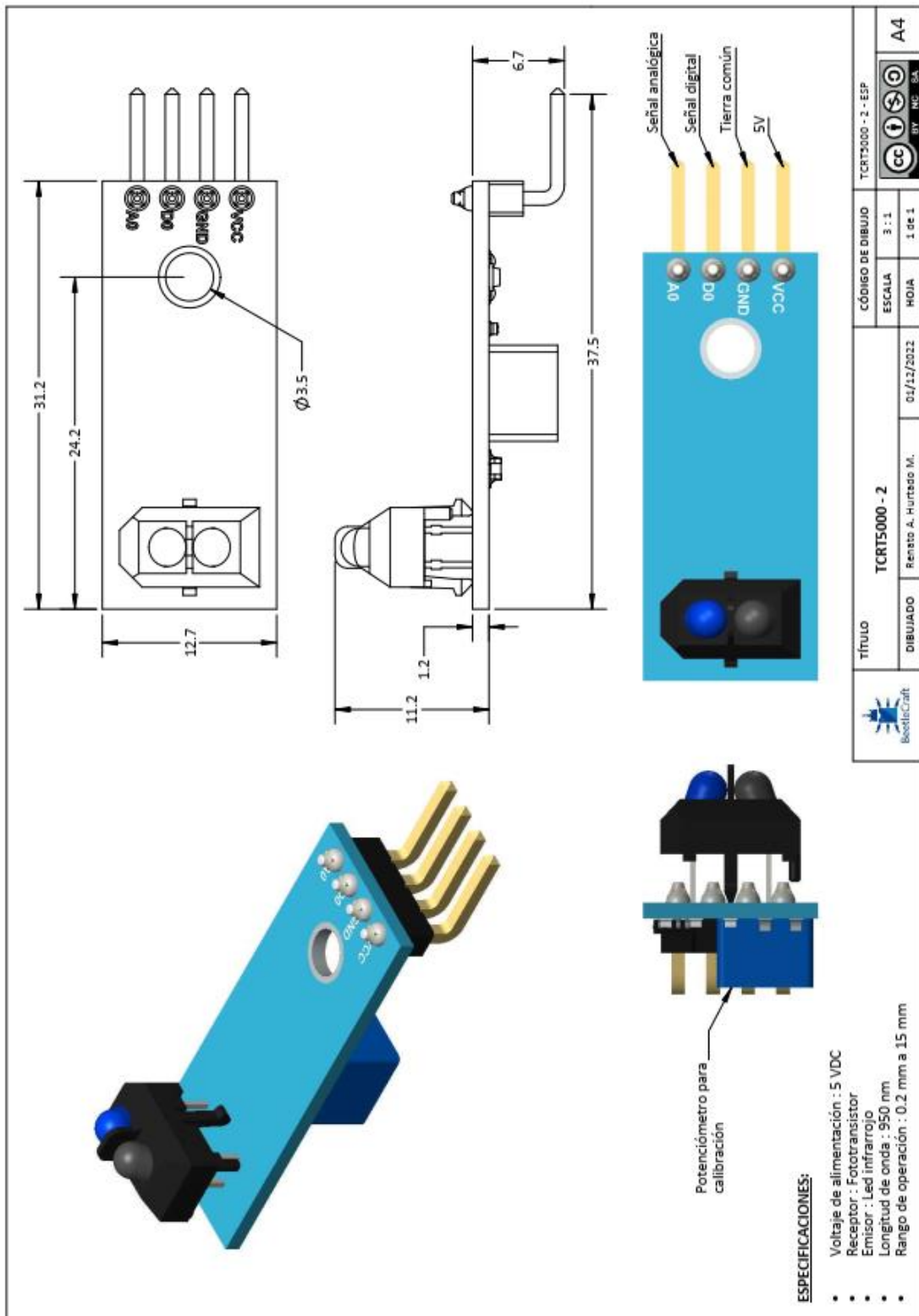
- Corriente máxima por puerto no debe exceder los 100mA.
- Corriente máxima absoluta por pin de 40mA, recomendable sólo 20mA.
- Corriente máxima del paquete entero de 200mA.

	TÍTULO	CÓDIGO DE DIBUJO	ARDUINO PRO MINI STRONG - ESP
	DIBUJADO	ESCALA	HOJA
	ARDUINO PRO MINI STRONG - DM	2 : 1	1 DE 2
	Renato A. Hurtado M.	11/10/2019	A4
			BY NC SA

Fuente: Elaboración propia

## ANEXO N° 2:

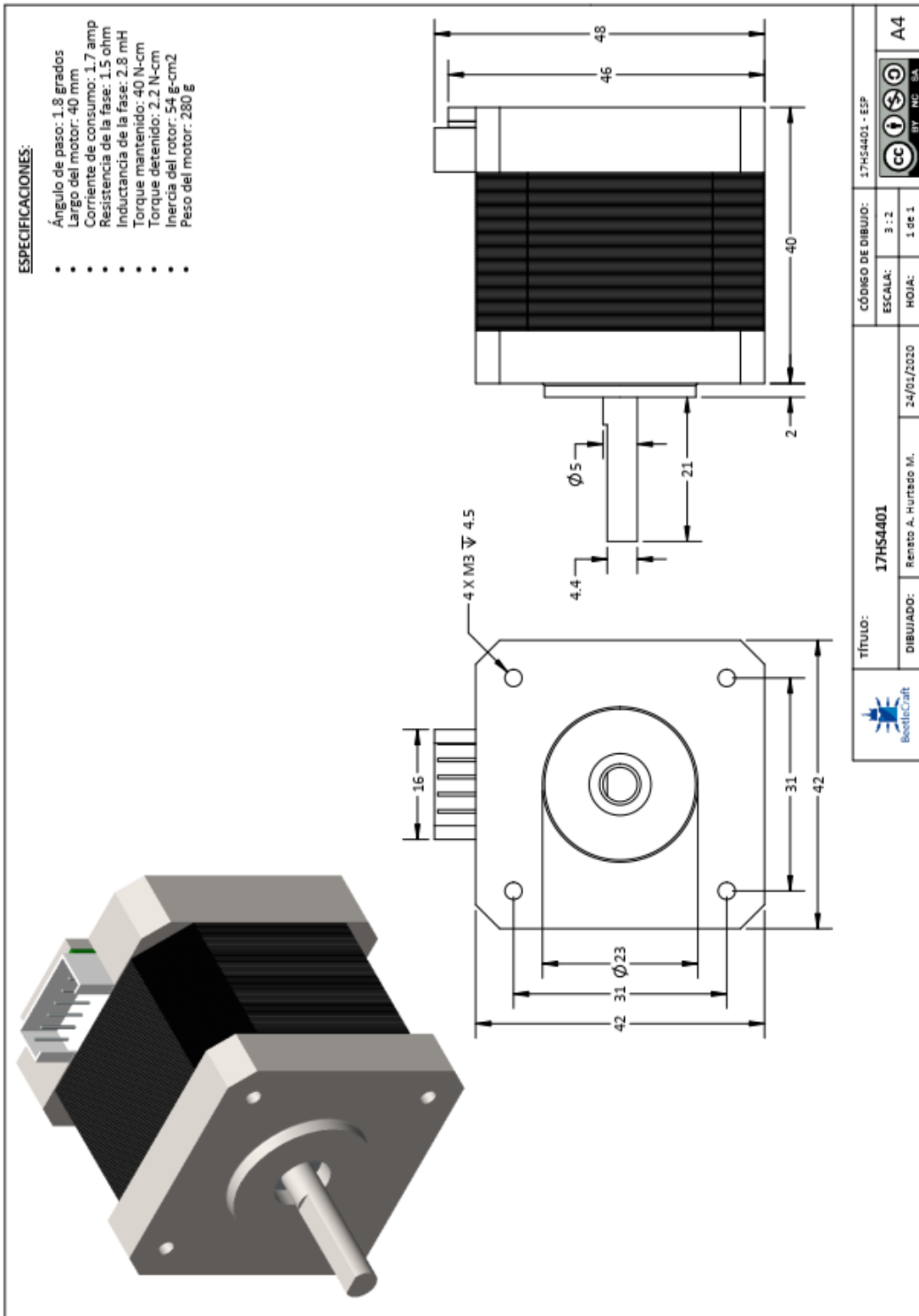
### TCRT5000



Fuente: Elaboración propia

# ANEXO N° 3:


## 17HS4401

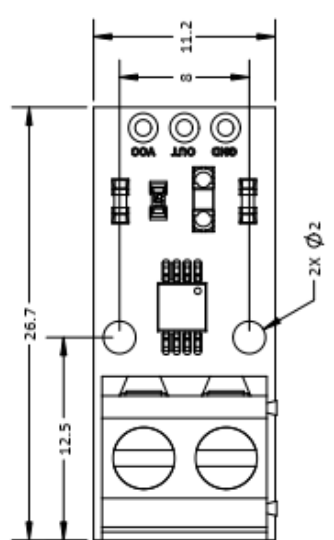


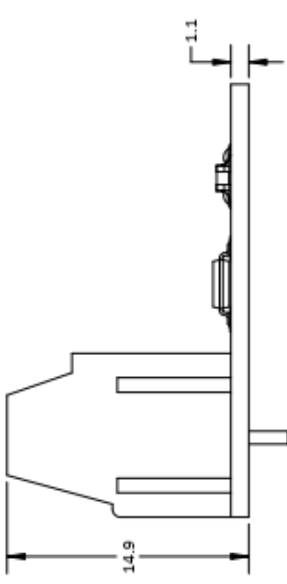
Fuente: Elaboración propia

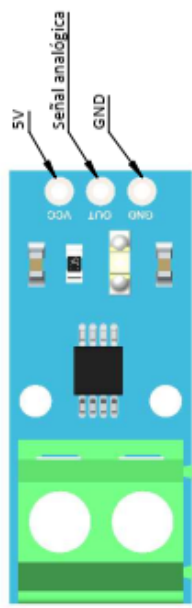
# ANEXO N° 4:

## ACS712










**ESPECIFICACIONES:**

- Voltaje de alimentación : 5 VDC
- Rango de lectura :
  - # ACS712ELCTR-05B-T : -5 a 5 A
  - # ACS712ELCTR-20A-T : -20 a 20 A
  - # ACS712ELCTR-30A-T : -30 a 30 A
- Resolución de lectura :
  - # ACS712ELCTR-05B-T : 185 mV/A
  - # ACS712ELCTR-20A-T : 100 mV/A
  - # ACS712ELCTR-30A-T : 66 mV/A
- Offset de lectura : 2.5 V

	<b>TÍTULO</b> ACS712	CÓDIGO DE DIBUJO 3 : 1	AC5712 - ESP	A4
DIBUJADO	Renato A. Hurtado M.	12/11/2019	ESCALA 1 DE 1	HOJA 1 DE 1

Fuente: Elaboración propia

# ANEXO N° 5:

## LCD 16 x 2

PIN	NOMBRE	FUNCIÓN	PIN	NOMBRE	FUNCIÓN
1	VSS	0V	9	DB2	Bus de datos (8 bits)
2	VDD	5V	10	DB3	Bus de datos (8 bits)
3	V0	Voltaje de contraste	11	DB4	Bus de datos (4 bits)
4	RS	Selección de registro	12	DB5	Bus de datos (4 bits)
5	R/W	Leer / escribir	13	DB6	Bus de datos (4 bits)
6	E	Habilitar señal	14	DB7	Bus de datos (4 bits)
7	DB0	Bus de datos (8 bits)	15	BLA	Backlight 5V
8	DB1	Bus de datos (8 bits)	16	BLK	Backlight 0V

**TÍTULO** LCD 16 x 2

**CÓDIGO DE DIBUJO** LCD 16 x 2 - ESP

**ESCALA** 3 : 2

**DIBUJADO** Renato A. Hurtado M.

**FECHA** 23/01/2017

**HOJA** 1 de 1

**A4**


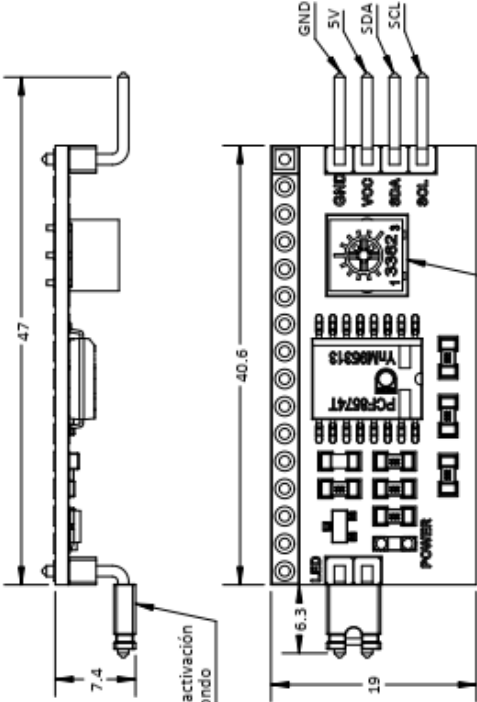
**BeetleCraft**

**ESPECIFICACIONES:**

- Voltaje de alimentación: 5V (máx. 5.5V)
- Caracteres: 16 (2 líneas)
- Consumo: 18mA
- Potenciómetro para contraste 10kohm - 20kohm

Fuente: Elaboración propia

## ANEXO N° 6: LCD 16 x 2 - I2C





Potenciómetro para ajuste de contraste

PIN	NOMBRE	FUNCIÓN	PIN	NOMBRE	FUNCIÓN
1	VSS	0V	9	DB2	Bus de datos (8 bits)
2	VDD	5V	10	DB3	Bus de datos (8 bits)
3	V0	Voltaje de contraste	11	DB4	Bus de datos (4 bits)
4	RS	Selección de registro	12	DB5	Bus de datos (4 bits)
5	R/W	Leer / escribir	13	DB6	Bus de datos (4 bits)
6	E	Habilitar señal	14	DB7	Bus de datos (4 bits)
7	DB0	Bus de datos (8 bits)	15	BLA	Backlight 5V
8	DB1	Bus de datos (8 bits)	16	BLK	Backlight 0V

**ESPECIFICACIONES:**

- Voltaje de alimentación: 5V (máx. 5.5V)
- Caracteres: 16 (2 líneas)
- Controlador: PCF8574
- Dirección I2C: 0x3F (También 0x27)
- Comunicación: Protocolo I2C

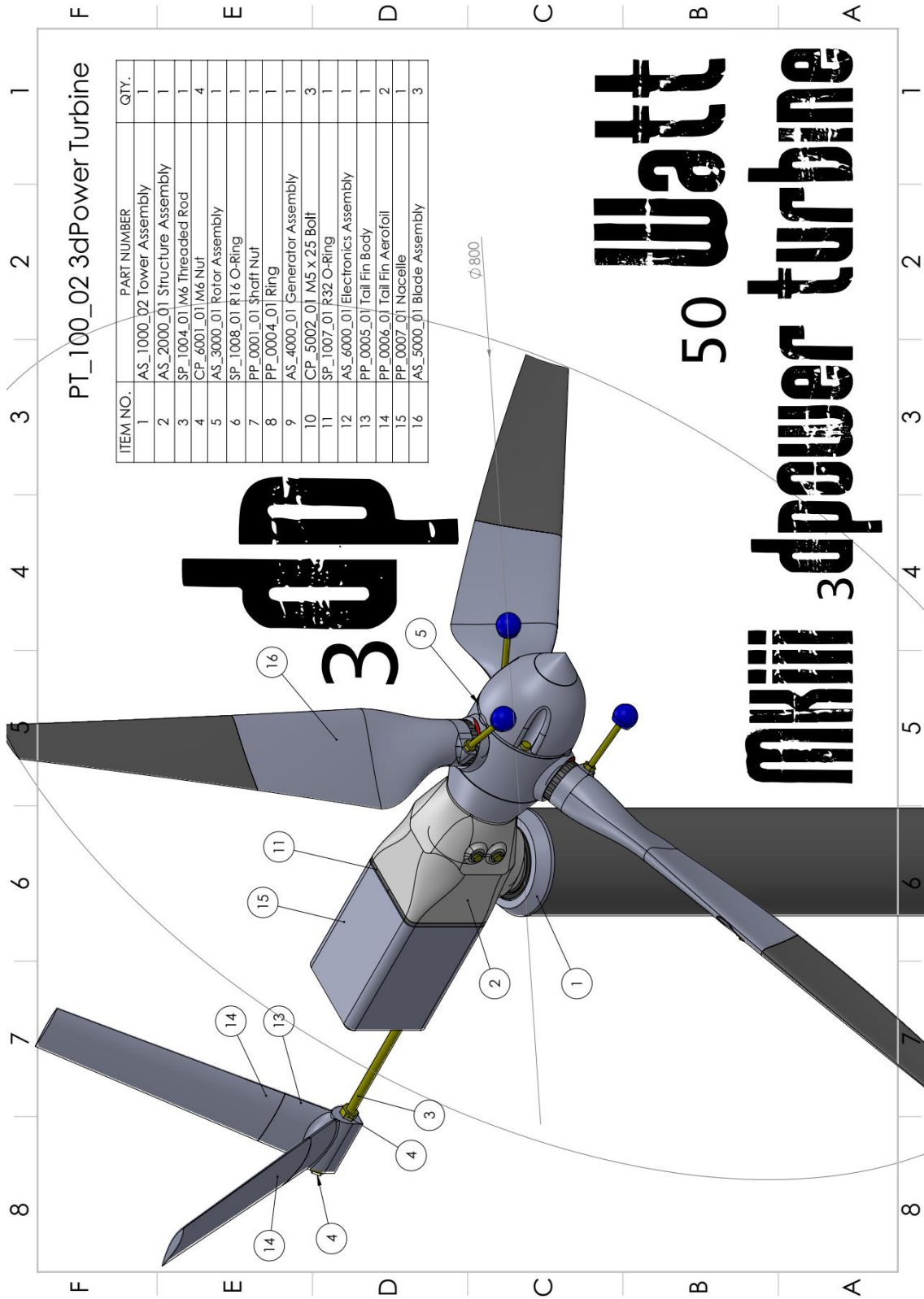


<b>TÍTULO</b>		LCD 16 x 2 - CONTROLADOR I2C		CÓDIGO DE DIBUJO		LCD 16 x 2 I2C - ESP	
<b>DIBUJADO</b>		Renato A. Hurtado M.		<b>ESCALA</b>		2 : 1	
		01/11/2019		<b>HOJA</b>		1 de 1	

Fuente: Elaboración propia

ANEXO N° 7:

PLANOS MKIII DPOWER TURBINE – 50W

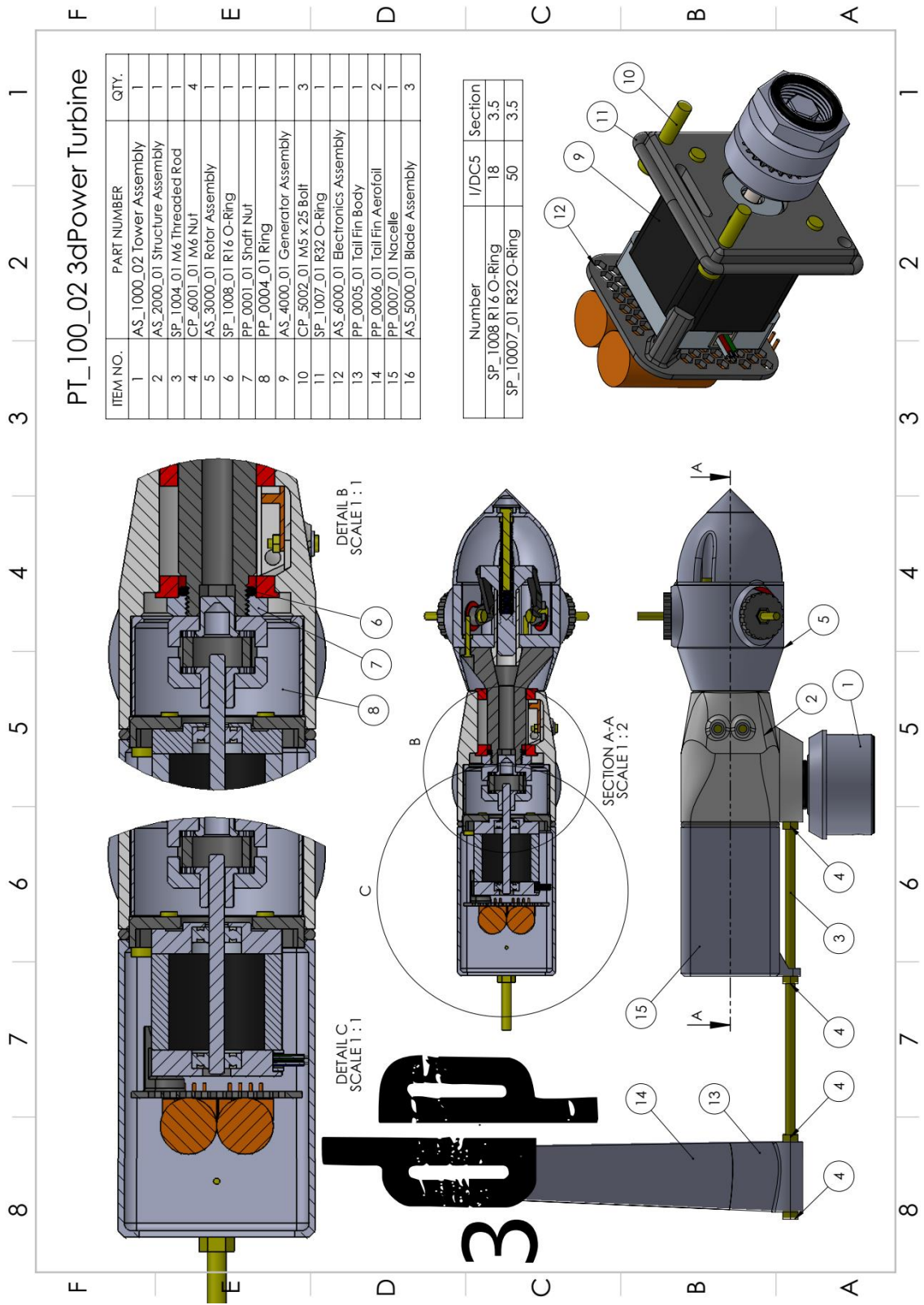


Fuente: Elaboración propia

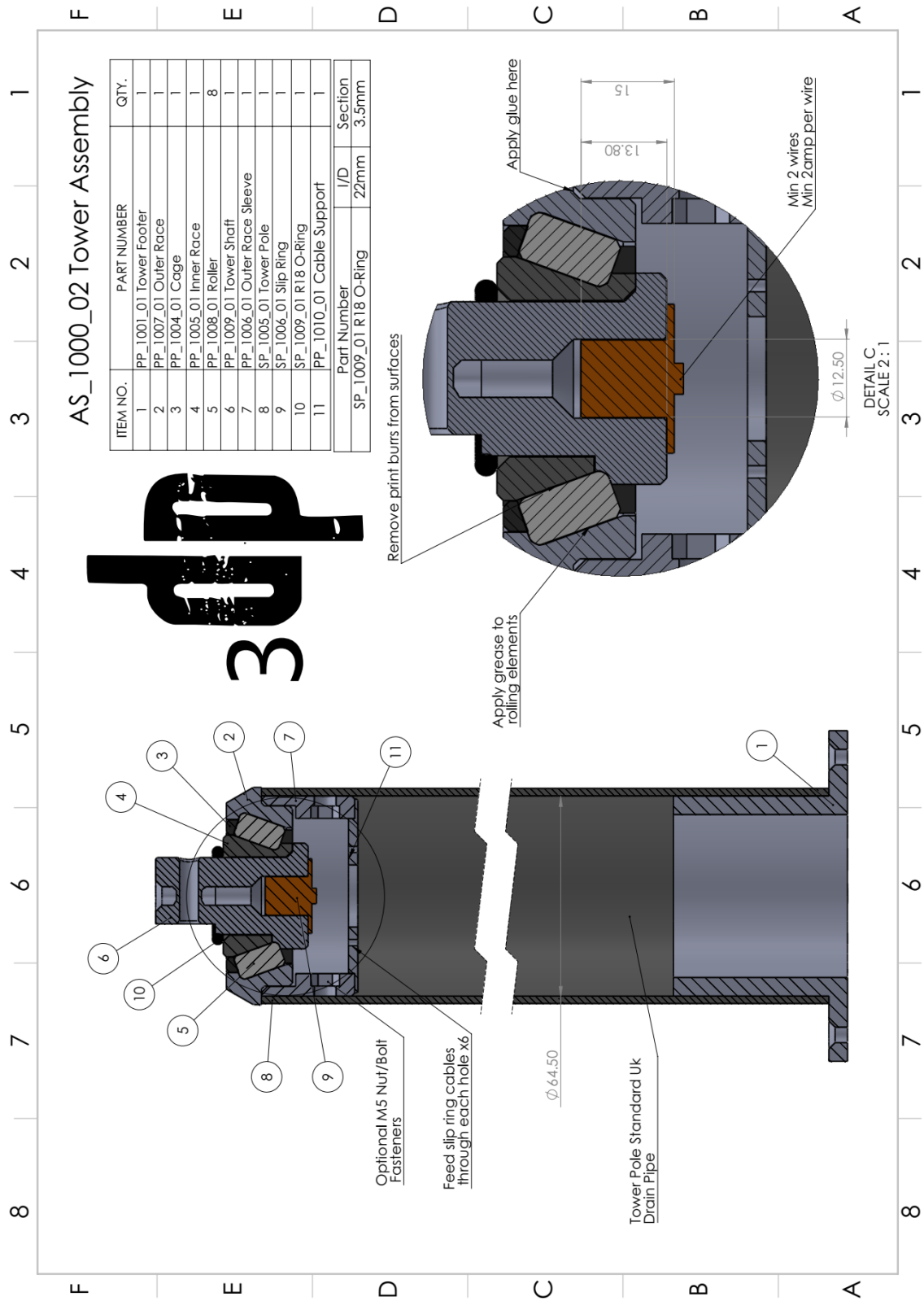
# PT\_100\_02 3dPower Turbine

ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	AS_1000_02 Tower Assembly	1
2	AS_2000_01 Structure Assembly	1
3	SP_1004_01 M6 Threaded Rod	1
4	CP_6001_01 M6 Nut	4
5	AS_3000_01 Rotor Assembly	1
6	SP_1008_01 R16 O-Ring	1
7	PP_0001_01 Shaft Nut	1
8	PP_0004_01 Ring	1
9	AS_4000_01 Generator Assembly	1
10	CP_5002_01 M5 x 25 Bolt	3
11	SP_1007_01 R32 O-Ring	1
12	AS_6000_01 Electronics Assembly	1
13	PP_0005_01 Tail Fin Body	1
14	PP_0006_01 Tail Fin Aerofoil	2
15	PP_0007_01 Nacelle	1
16	AS_5000_01 Blade Assembly	3

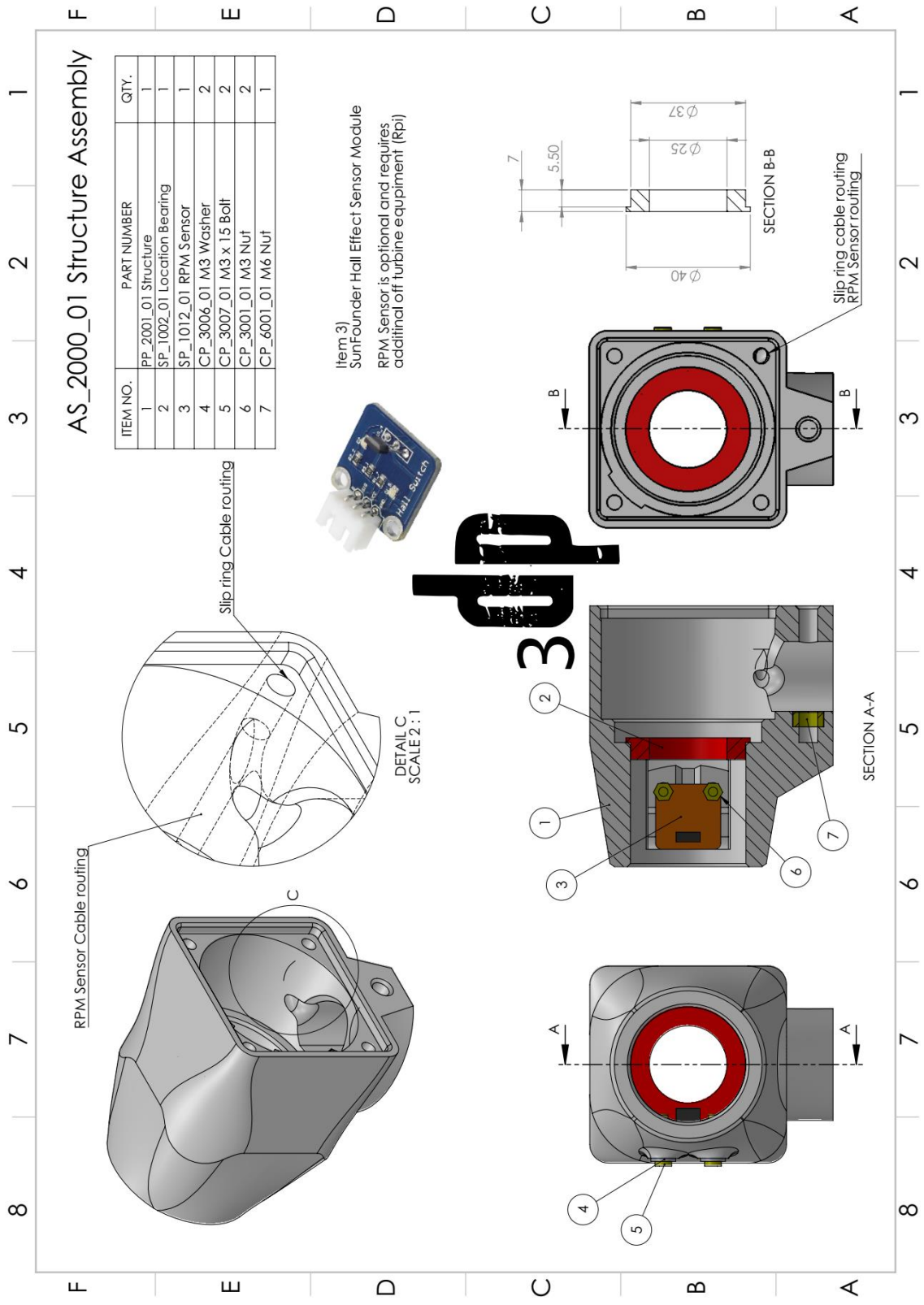
Number	I/DC5	Section
SP_1008_R16 O-Ring	18	3.5
SP_10007_01_R32 O-Ring	50	3.5



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia



### AS\_2000\_01 Structure Assembly

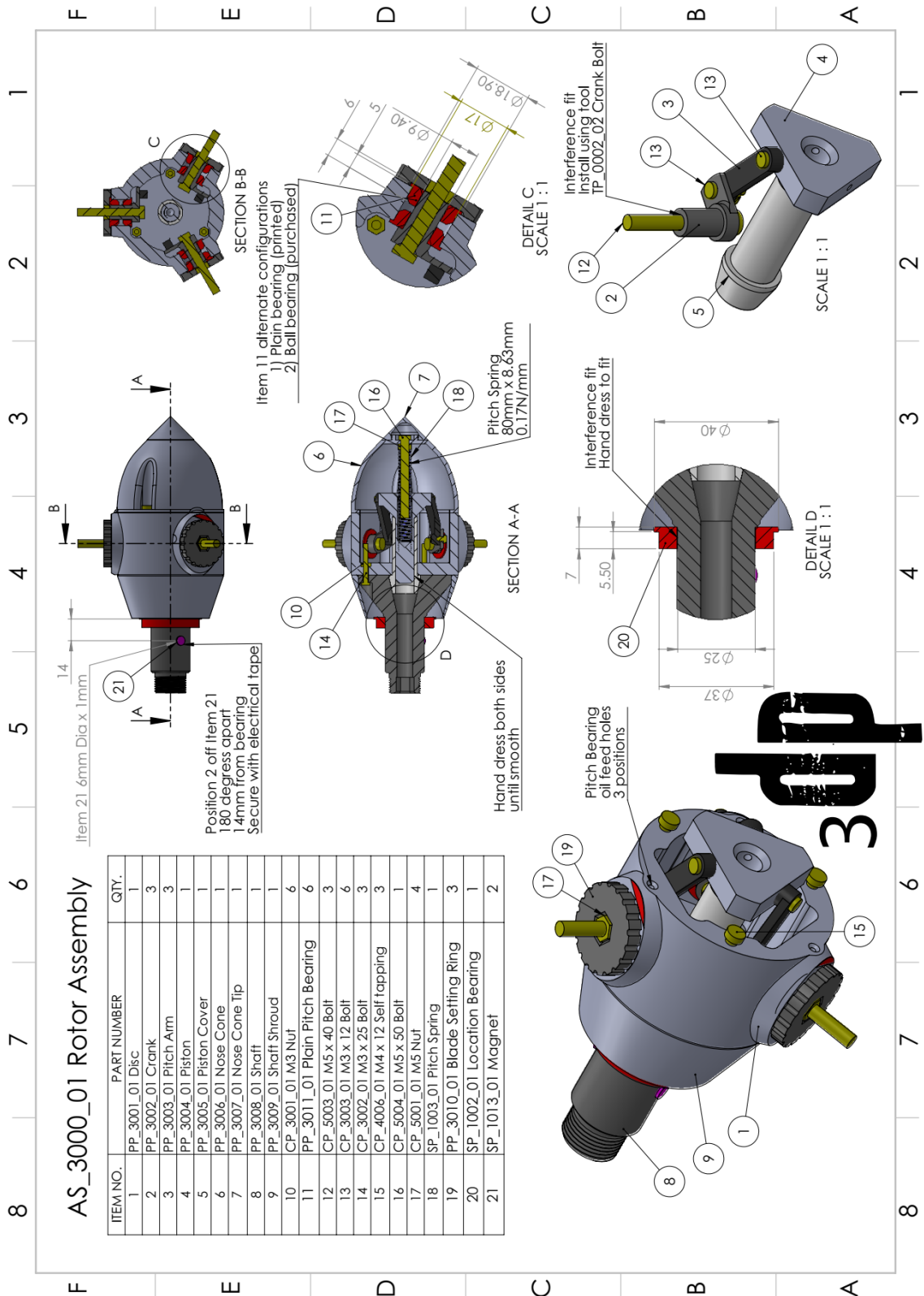
ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	PP_2001_01 Structure	1
2	SP_1002_01 Location Bearing	1
3	SP_1012_01 RPM Sensor	1
4	CP_3006_01 M3 Washer	2
5	CP_3007_01 M3 x 15 Bolt	2
6	CP_3001_01 M3 Nut	2
7	CP_6001_01 M6 Nut	1

Item 3)  
SunFounder Hall Effect Sensor Module  
RPM Sensor is optional and requires  
additional of turbine equipment (Rpi)



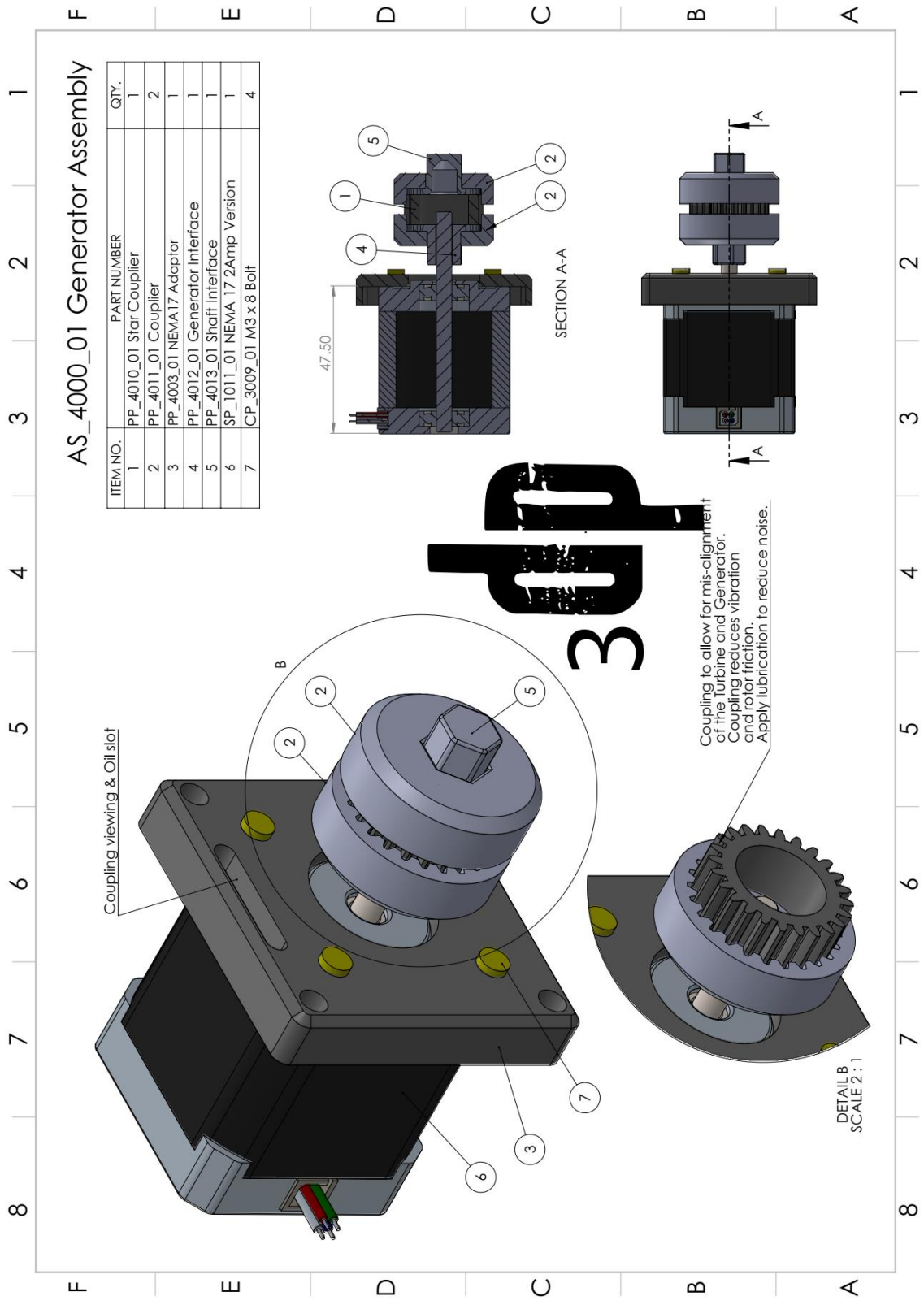
DETAIL C  
SCALE 2:1

Fuente: Elaboración propia



ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	PP_3001_01 Disc	1
2	PP_3002_01 Crank	3
3	PP_3003_01 Pitch Arm	3
4	PP_3004_01 Piston	1
5	PP_3005_01 Piston Cover	1
6	PP_3006_01 Nose Cone	1
7	PP_3007_01 Nose Cone Tip	1
8	PP_3008_01 Shaft	1
9	PP_3009_01 Shaft Shroud	1
10	CP_3001_01 M3 Nut	6
11	PP_3011_01 Plain Pitch Bearing	6
12	CP_5003_01 M5 x 40 Bolt	3
13	CP_3003_01 M3 x 12 Bolt	6
14	CP_3002_01 M3 x 25 Bolt	3
15	CP_4006_01 M4 x 12 Self Tapping	3
16	CP_5004_01 M5 x 50 Bolt	1
17	CP_5001_01 M5 Nut	4
18	SP_1003_01 Pitch Spring	1
19	PP_3010_01 Blade Setting Ring	3
20	SP_1002_01 Location Bearing	1
21	SP_1013_01 Magnet	2

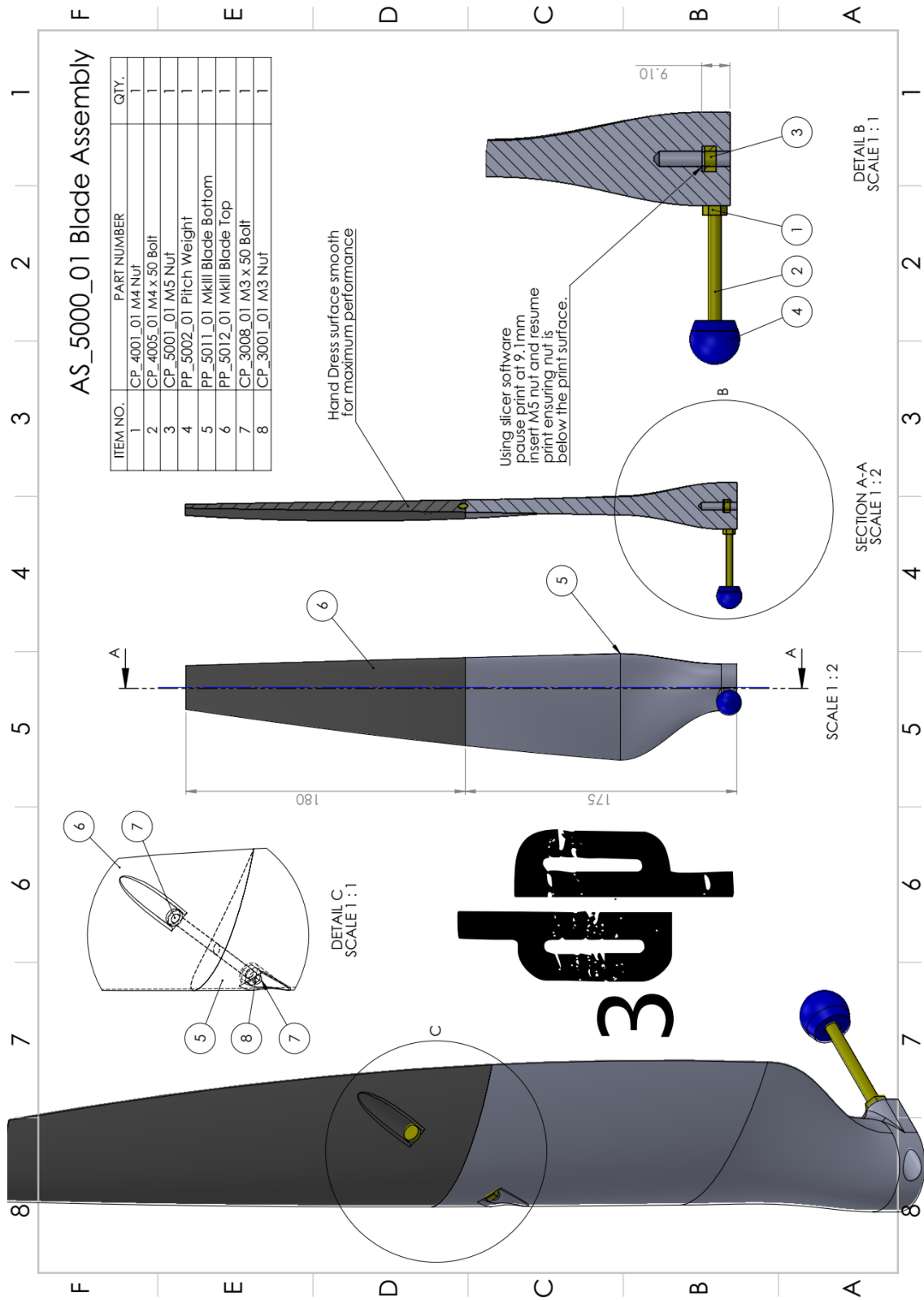
Fuente: Elaboración propia



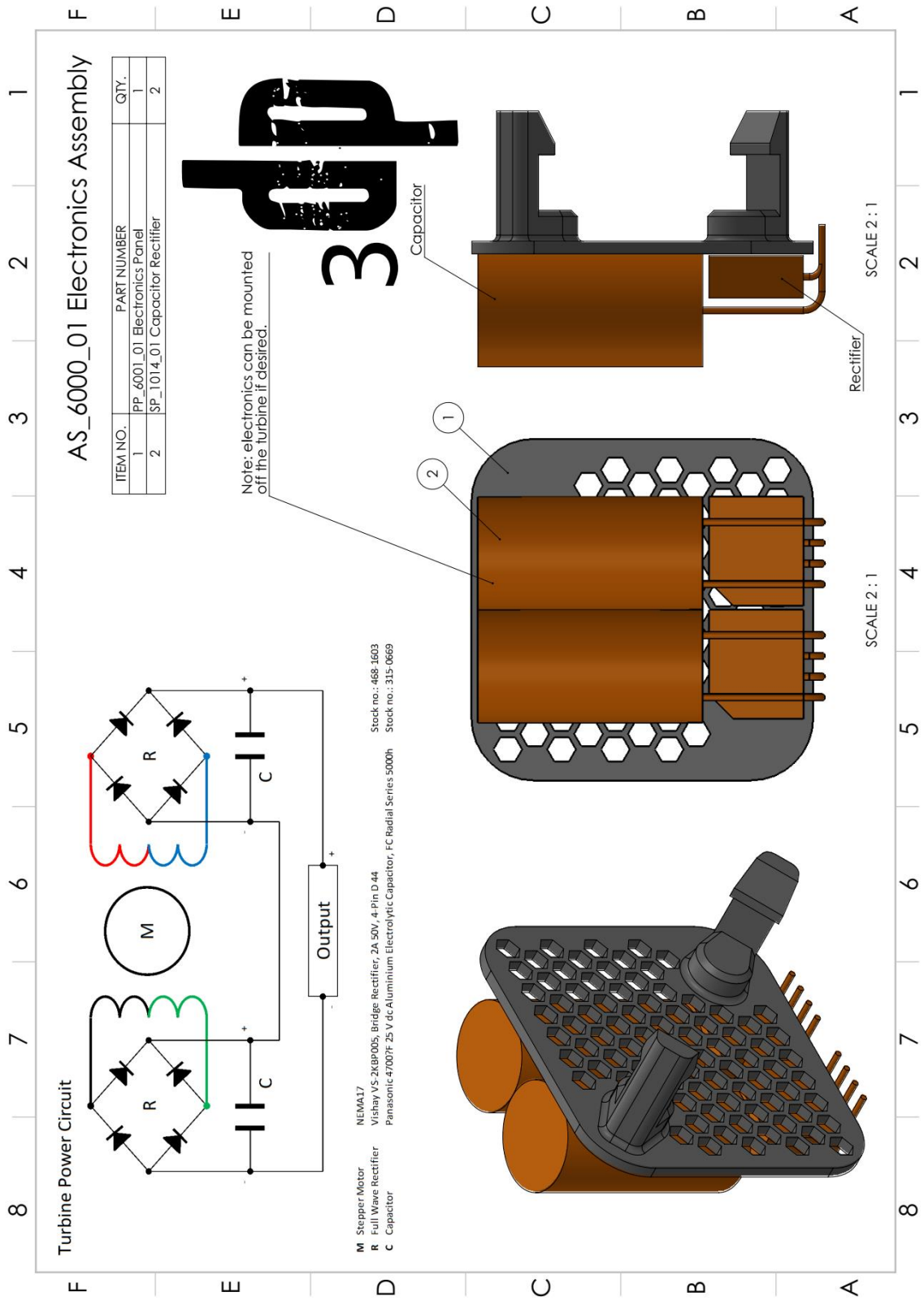
AS\_4000\_01 Generator Assembly

ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	PP_4010_01 Star Coupler	1
2	PP_4011_01 Coupler	2
3	PP_4003_01 NEMA17 Adaptor	1
4	PP_4012_01 Generator Interface	1
5	PP_4013_01 Shaft Interface	1
6	SP_1011_01 NEMA 17 2Amp Version	1
7	CP_3009_01 M3 x 8 Bolt	4

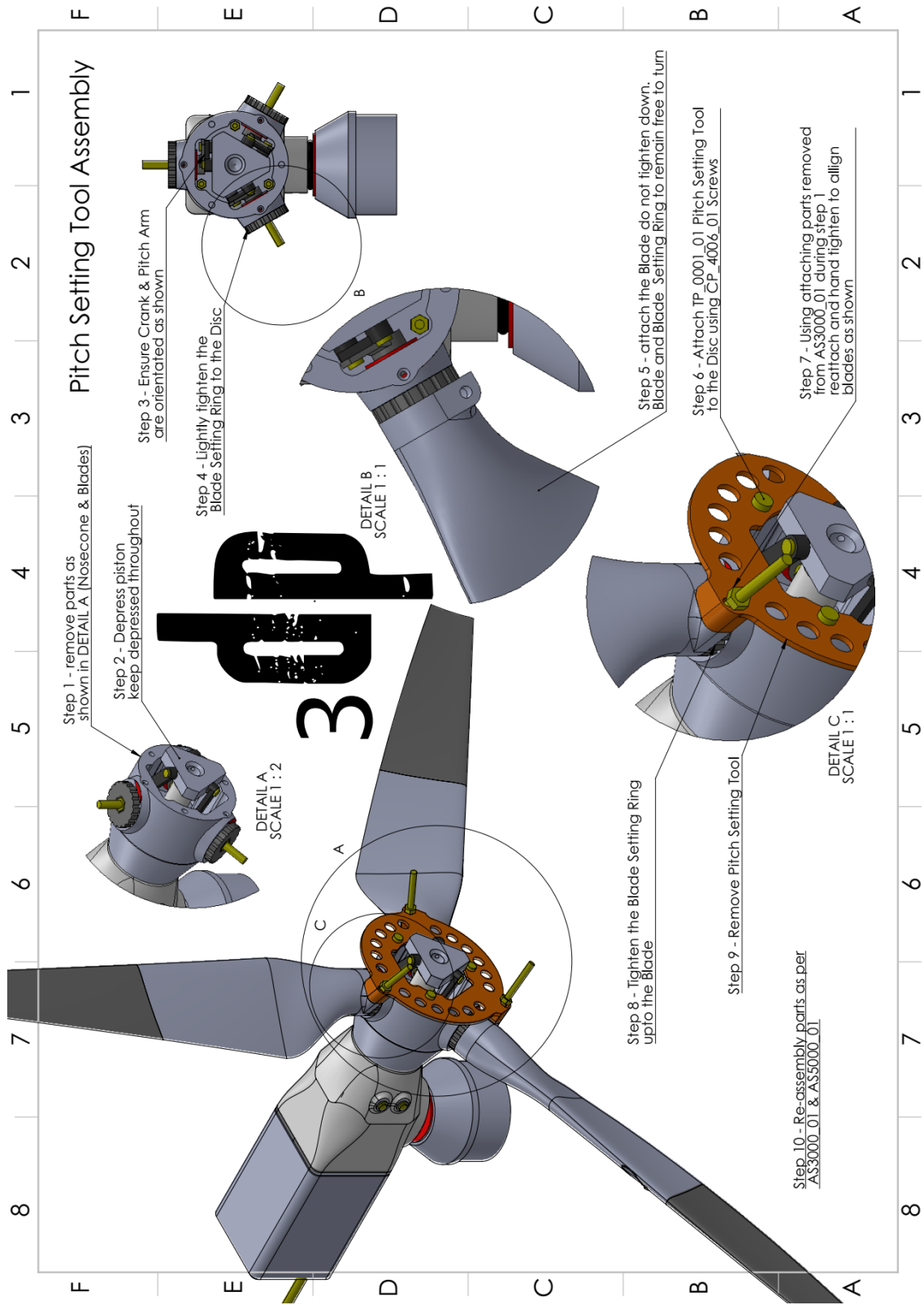
Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

**ANEXO N° 8:**  
**PROGRAMA DE MONITOREO DE CORRIENTE Y RPMs PARA**  
**AEROGENERADOR**

/\*

\*\*\*\*\*  
PROGRAMA DE MONITOREO DE CORRIENTE Y RPMs PARA AEROGENERADOR  
\*\*\*\*\*

El siguiente programa permite la lectura de parametros como velocidad (RPM) y corriente generada del aerogenerador en base a una carga constante externa

**CONEXIONES:**

\*\*\*\*\*

LCD 16x2: Muestra los datos de ingreso y salida por pantalla

Driver: Modulo I2C LCD

Pines: SDA - SDA = SDA - A4

SCL - SCL = SCL - A5

GND - GND

VCC - 5V

Lectura de RPMs: Sensor infrarrojo basado en el inversor Schmitt CMOS para lectura de RPMs

Driver: Sensor infrarrojo TCRT5000

Pines: VCC - 5V

SEN - 2

GND - GND

Lectura de entrada de la corriente de fase

Driver: ACS712-05

Pines: VCC - 5V

SEN - A0

GND - GND

**DATOS:**

\*\*\*\*\*

Autor: Manuel Eduardo Huaco Zanabria

Version: 1.0

Fecha: Septiembre 2021

Tesis: Diseño e implementacion de un prototipo de turbina eolica ohrizontal a escala para la aplicacion en baja demanda electrica

Universidad: Universidad Catolica de Santa Maria

Facultad: Ciencias e Ingenierias Fisicas y Formales

Escuela Profesional: Ingenieria Mecanica, Mecanica Electrica y Mecatronica

Restricciones: Todos los derechos reservados

\*/

// LIBRERIAS INCLUIDAS

// \*\*\*\*\*

```

#include <Wire.h> // Libreria de comunicacion I2C
#include <Servo.h> // Libreria de control de servos

#include <LiquidCrystal_I2C.h> // Libreria de control de pantallas LCD por I2C
    // https://github.com/fdebrabander/Arduino-LiquidCrystal-I2C-library
    // Autor: Joao Pedro Sao Gregorio Silva

// CONFIGURACION DE LIBRERIAS Y PINES
// *****

LiquidCrystal_I2C LCD(0x27, 16, 2); // Inicializacion de la libreria LiquidCrystal_I2C
    // Nombre: LCD (Direccion: 0x27, columnas: 16, filas: 2)

// VARIABLES PARA CONFIGURACION Y LECTURA
// *****

float s_sen_cor = 0.067; // Valor de sensibilidad del sensor de corriente
float offset_sen_cor = 0.090; // Valor del offset de lectura del sensor de corriente

volatile byte RPM_cont = 0; // Valor del contador de pulsos del sensor infrarrojo
unsigned int RPM = 0; // Valor en RPM de lectura de pulsos
unsigned int tiempo_ant = 0; // Valor del tiempo de lectura antiguo en milisegundos
unsigned int tiempo_act = 0; // Valor del tiempo de lectura actual en milisegundos

// CONFIGURACION INICIAL DEL MICROCONTROLADOR
// *****

void setup() {

    // Configuracion de comunicacion
    Serial.begin(9600); // Velocidad de comunicacion 9600bps

    // Configuracion de comunicacion del LCD 16x2 por I2C
    LCD.begin(); // Inicializacion de la comunicacion por I2C con el LCD 16x2
    LCD.backlight(); // Inicializacion de la luz trasera
    LCD.clear(); // Borrado de la pantalla

    // Configuracion del sensor infrarrojo de lectura de RPMs
    attachInterrupt(0, RPM_contador, FALLING); // Inicializacion de lectura por interrupcion 1
        // Interrupcion 0 (Pin 2) - Variable de lectura - Caída

    // Mensaje inicial (Una sola vez)
    Serial.println("Inicio A:E.P.L."); // Mensaje inicial por puerto serial
    LCD.setCursor(0, 0); // Ubicacion del mensaje LCD - Columna 1 - Fila 1
    LCD.print("Inicio A:E.P.L."); // Mensaje inicial por LCD 16x2
    LCD.setCursor(0, 1); // Ubicacion del mensaje LCD - Columna 1 - Fila 2

    // Envio de la senal de inicializacion ">>>>"
    for (int i = 0; i < 16; i++){
        delay(157); // Tiempo de receso
        Serial.print(">"); // Mensaje ">>>>" por puerto serial
    }
}

```

```

LCD.print(">"); // Mensaje ">>>>" por LCD 16x2
delay(157); // Tiempo de receso 157ms
}

Serial.println(" "); // Salto de línea con fila en blanco
LCD.clear(); // Borrado de la pantalla
}

// PROGRAMA PRINCIPAL
// *****

void loop() {
  sensor_corriente(); // Rutina de lectura del sensor de corriente
  tacometro(); // Rutina de lectura de RPMs del motor
}

// SUBROUTINAS SECUNDARIA - LECTURA DE RPMs DEL MOTOR
// *****

void RPM_contador(){ // Subrutina de contador de pulsos
  RPM_cont++; // Suma de pulsos para calculo de RPM por interrupcion
}

void tacometro(){ // Subrutina de algoritmo de calculo de RPM

  delay(915); // Tiempo de espera de referencia para el calculo

  // Limpieza del mensaje de lectura de las RPM
  LCD.setCursor(4,1);
  LCD.print(" ");

  // Algoritmo de calculo de las RPM
  tiempo_act = millis() - tiempo_ant; // Calculo del tiempo actual de referencia
  RPM = RPM_cont * 60000 / tiempo_act; // Calculo de las RPM
  RPM_cont = 0; // Limpieza del contador de RPM

  tiempo_ant = millis(); // Lectura del tiempo pasado de referencia

  // Mensaje de lectura de las RPM del motor
  Serial.print("Pulsos: "); // Mensaje de pulsos contados
  Serial.print(RPM_cont);
  Serial.print(" || T_ant: "); // Mensaje de tiempo pasado de referencia
  Serial.print(tiempo_ant);
  Serial.print(" || T_act: "); // Mensaje de tiempo presente de referencia
  Serial.print(tiempo_act);
  Serial.print(" || RPM: "); // Mensaje de RPM calculado
  Serial.println(RPM);

  LCD.setCursor(0,1);
  LCD.print("RPM:");//rev/min
  LCD.setCursor(4,1);

```

```

LCD.print(RPM);
LCD.setCursor(8,1);
LCD.print("rev/min");
}

// SUBROUTINAS SECUNDARIA - LECTURA DE LA CORRIENTE DE CONSUMO DEL MOTOR
// *****

void sensor_corriente(){ // Subrutina de ajuste de lectura de corriente

// Limpieza del mensaje de lectura de corriente
LCD.setCursor(4,0);
LCD.print(" ");

// Ajuste de lectura de corriente
float corriente = corriente_prom(500); // Muestreo de 500 lecturas de corriente
corriente = corriente + offset_sen_cor; // Ajuste de la lectura final de corriente

// Mensaje de lectura de corriente
Serial.print("Corriente:");
Serial.println(corriente,3);

LCD.setCursor(0,0);
LCD.print("Cor:");
LCD.setCursor(4,0);
LCD.print(corriente,2);
LCD.setCursor(11,0);
LCD.print("A");
}

float corriente_prom(int muestras){ // Subrutina de lectura y calculo de corriente

float v_sen_cor; // Variable auxiliar de almacenamiento del dato de lectura del sensor
float cor_prom = 0; // Variable auxiliar de almacenamiento para calculo por offset del sensor

// Acondicionamiento y calculo de promedio de datos de lectura de corriente
for (int i = 0; i < muestras; i++){

v_sen_cor = analogRead(A0) * (5.0 / 1023.0); // Lectura y acondicionamiento del dato
cor_prom = cor_prom + (v_sen_cor - 2.5) / s_sen_cor; // Calculo de ajuste por offset del sensor
}

cor_prom = cor_prom / muestras; // Promedio de lectura entre cantidad de muestras

return(cor_prom); // Retorno del dato de lectura promedio
}

```

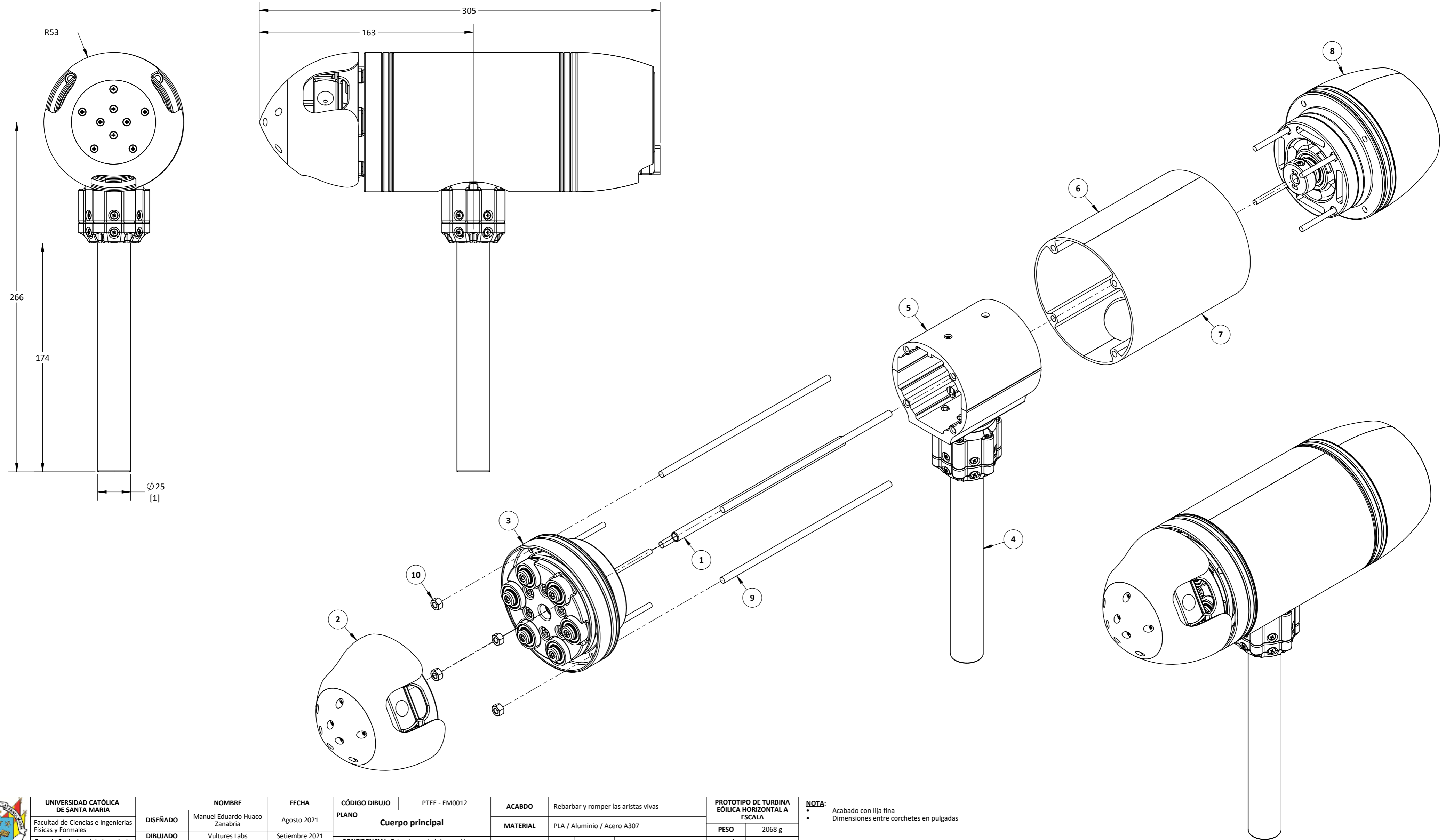
**Fuente: Vitorino y otros (2016)**

**ANEXO N° 9**

**PLANOS**



ITEM	DESCRIPCIÓN	PLANO	MATERIAL	PESO U.	CANT.
1	Tubo redondo 5505 (8 x 1 mm) de 180 mm	-	Aluminio	15 g	1
2	Punta transmisora	PTEE - EM0004	PLA / A307	268 g	1
3	Soporte transmisor	PTEE - EM0003	PLA / A307	529 g	1
4	Poste soporte	PTEE - EM0001	PLA / Aluminio / A307	295 g	1
5	Guía lectora de RPMs	PTEE - EM0005	PLA / A307	69 g	1
6	Tapa intermedia - 2	PTEE - PM0021	PLA	70 g	1
7	Tapa intermedia - 1	PTEE - PM0020	PLA	70 g	1
8	Generador	PTEE - EM0002	PLA / A307	728 g	1
9	TORN ESP M5x180	-	A307	5 g	4
10	TUER HEX M5	-	A307	1 g	4

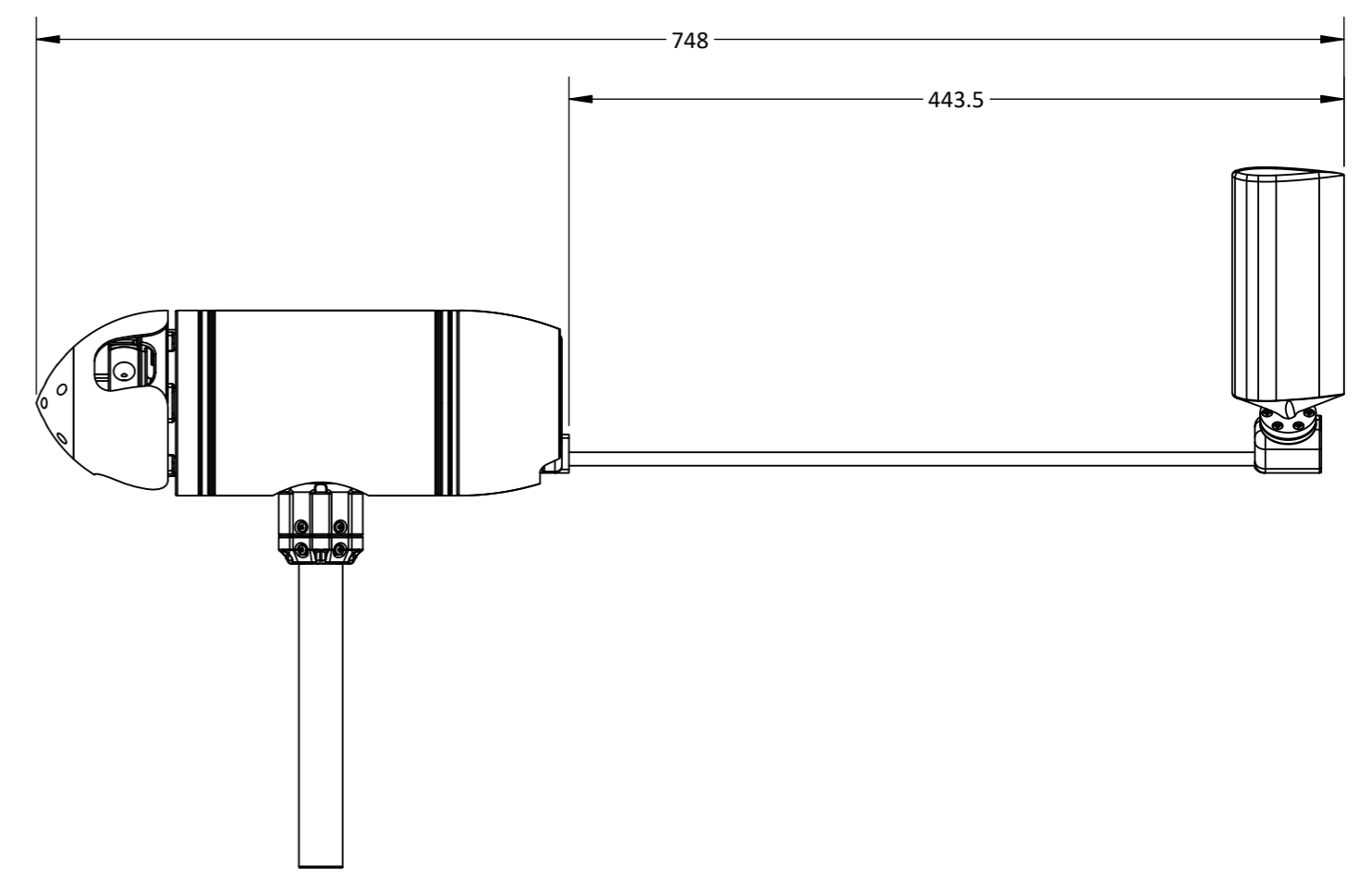
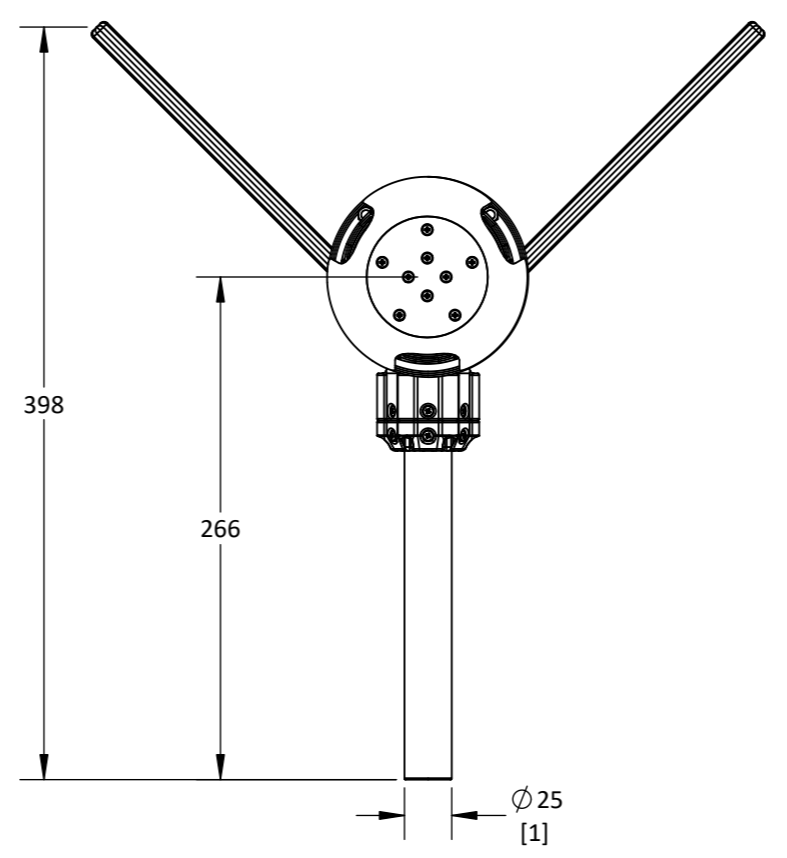
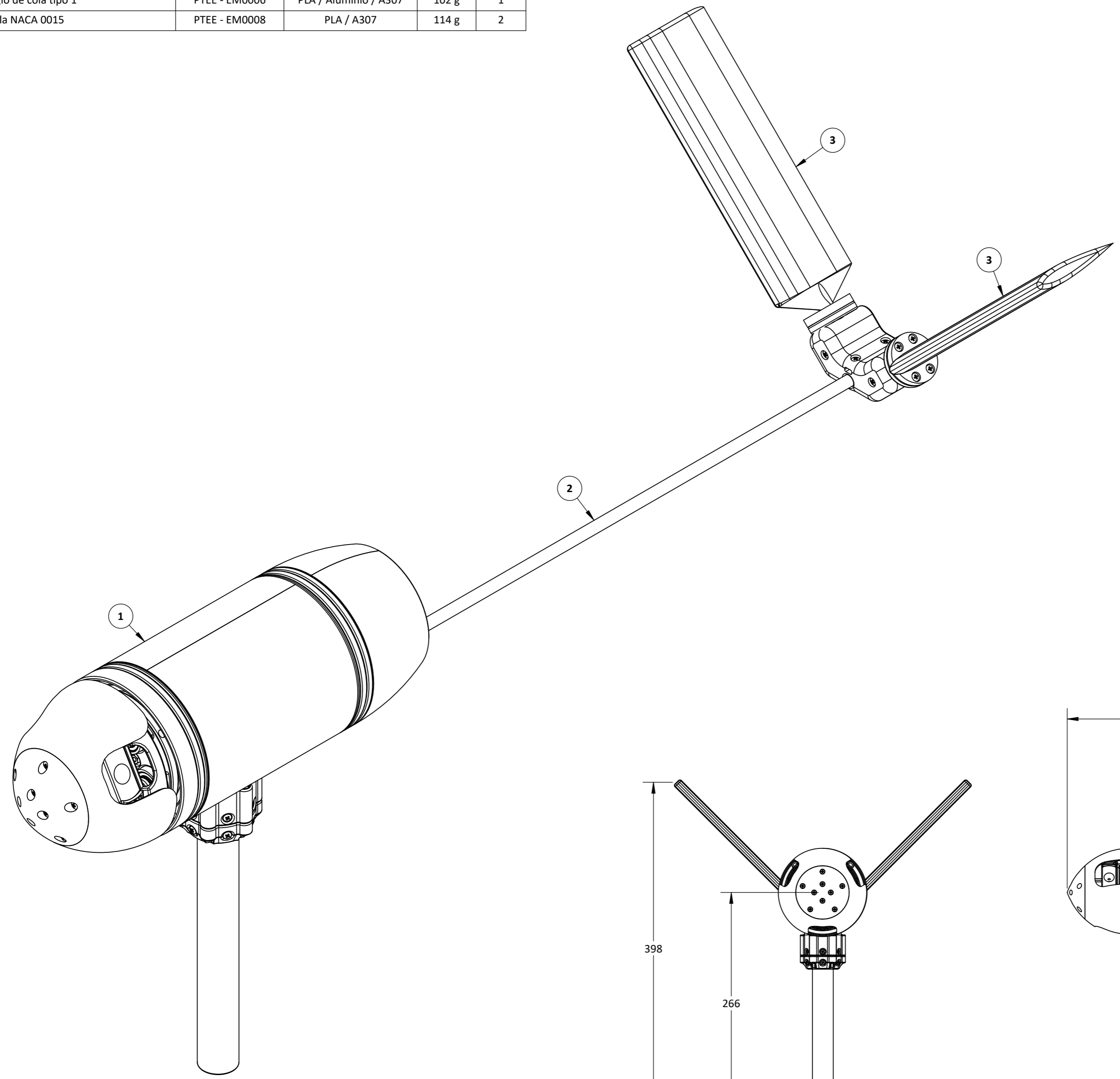


<b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA</b> Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica	<b>NOMBRE</b>		<b>FECHA</b>	<b>CÓDIGO DIBUJO</b>	PTEE - EM0012	<b>ACABDO</b>	Rebarbar y romper las aristas vivas		<b>PROTOTIPO DE TURBINA EÓLICA HORIZONTAL A ESCALA</b>		
	<b>DISEÑADO</b>	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Agosto 2021	<b>PLANO</b>	<b>Cuerpo principal</b>	<b>MATERIAL</b>	PLA / Aluminio / Acero A307		<b>PESO</b>	2068 g	
	<b>DIBUJADO</b>	Vultures Labs	Setiembre 2021			<b>DIMENSIONES</b>	mm	<b>NORMA</b>	ANSI 14.5 - 2009	<b>REVISIÓN</b>	1.0
	<b>REVISADO</b>	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Setiembre 2021			<b>ESCALA</b>	1 : 2	No escale el dibujo		<b>HOJA</b>	1 de 1
<b>CONFIDENCIAL:</b> Este plano y la información que contiene, son propiedad privada. Su uso y reproducción sin autorización, están prohibidos										<b>A2</b>	

**NOTA:**

- Acabado con lija fina
- Dimensiones entre corchetes en pulgadas

ITEM	DESCRIPCIÓN	PLANO	MATERIAL	PESO U.	CANT.
1	Cuerpo principal	PTEE - EM0012	PLA / Aluminio / A307	2068 g	1
2	Arreglo de cola tipo 1	PTEE - EM0006	PLA / Aluminio / A307	102 g	1
3	Cola NACA 0015	PTEE - EM0008	PLA / A307	114 g	2

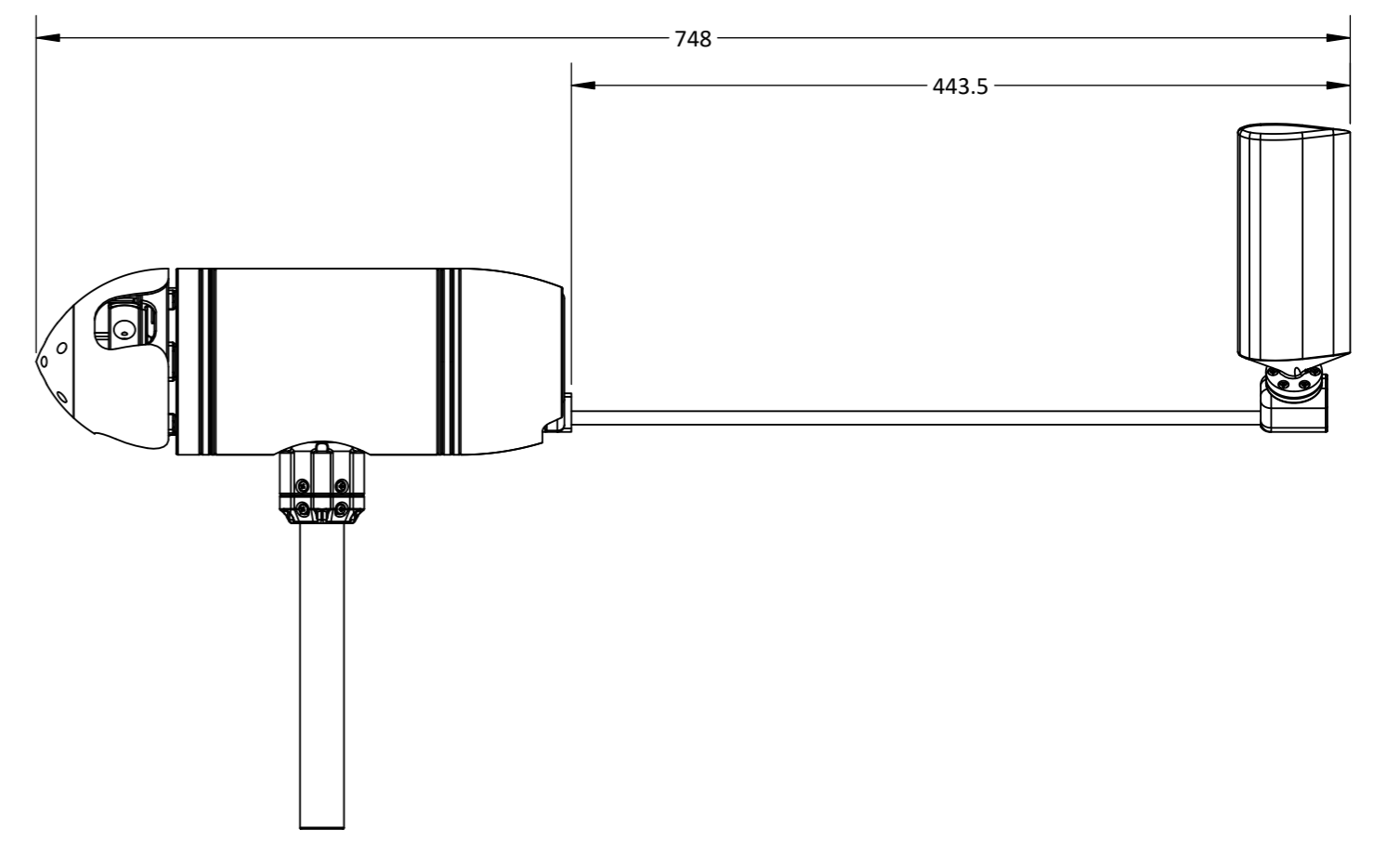
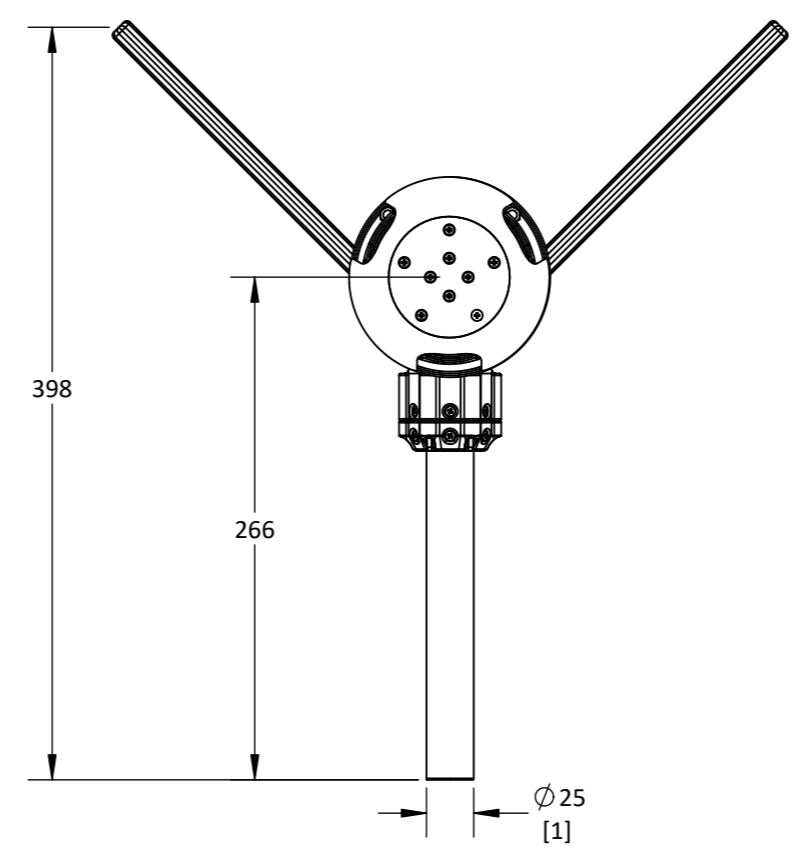
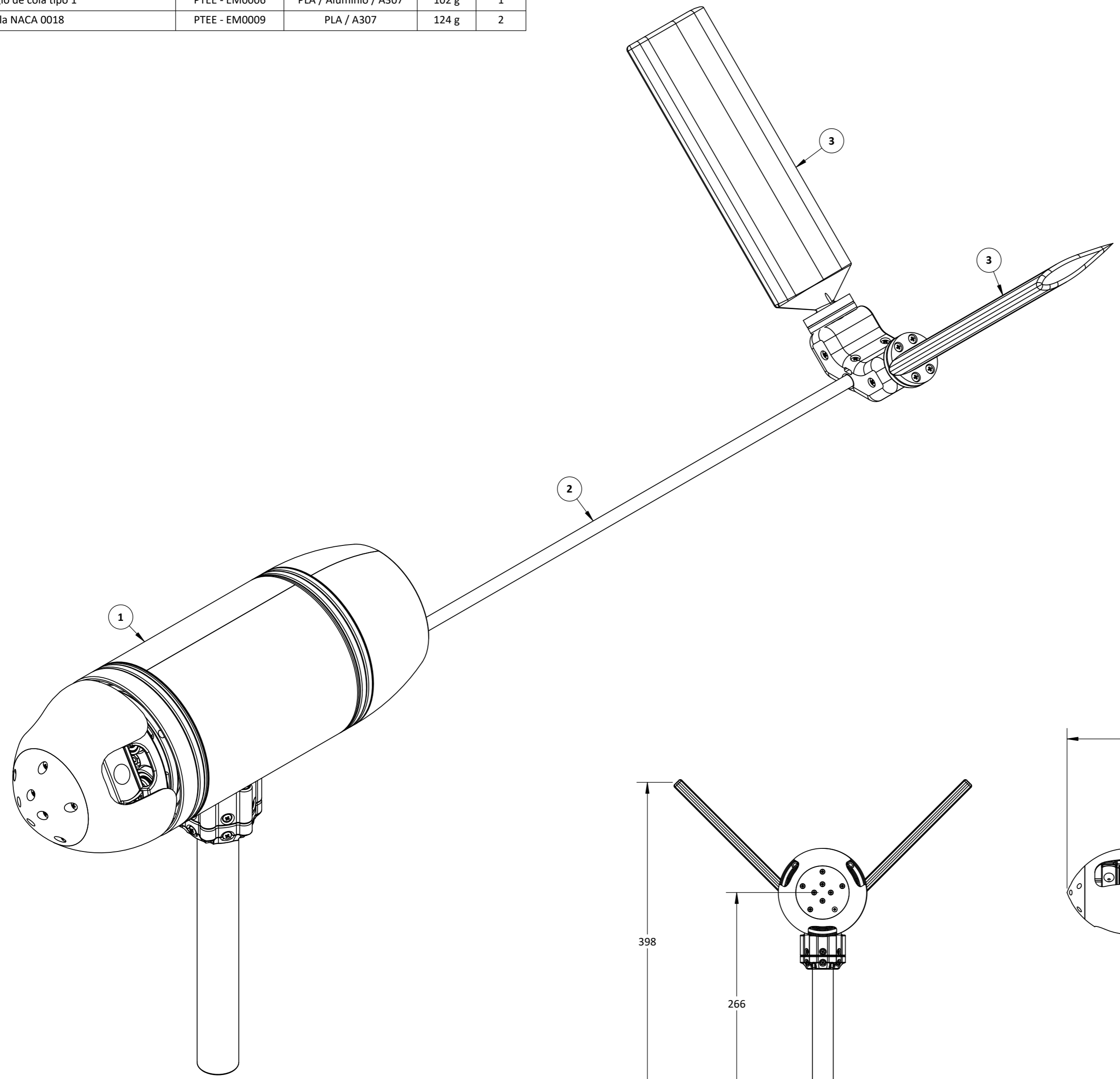


Escala 1 : 4

	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA		NOMBRE		Manuel Eduardo Huaco Zanabria	FECHA	Agosto 2021	CÓDIGO DIBUJO	PTEE - EM0013 - 1	ACABDO	Rebarbar y romper las aristas vivas	PROTOTIPO DE TURBINA EÓLICA HORIZONTAL A ESCALA	
	Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales		DISEÑADO	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Agosto 2021	PLANO		Arreglo de cola 1 - NACA 0015		MATERIAL	PLA / Aluminio / Acero A307	PESO	2398 g
	Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica		DIBUJADO	Vultures Labs	Setiembre 2021	CONFIDENCIAL: Este plano y la información que contiene, son propiedad privada. Su uso y reproducción sin autorización, están prohibidos		DIMENSIONES	mm	NORMA	ANSI 14.5 - 2009	REVISIÓN	1.0
			REVISADO	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Setiembre 2021	ESCALA	1 : 2	No escale el dibujo		HOJA	1 de 1	A2	

NOTA:  
 • Acabado con lija fina  
 • Dimensiones entre corchetes en pulgadas

ITEM	DESCRIPCIÓN	PLANO	MATERIAL	PESO U.	CANT.
1	Cuerpo principal	PTEE - EM0012	PLA / Aluminio / A307	2068 g	1
2	Arreglo de cola tipo 1	PTEE - EM0006	PLA / Aluminio / A307	102 g	1
3	Cola NACA 0018	PTEE - EM0009	PLA / A307	124 g	2

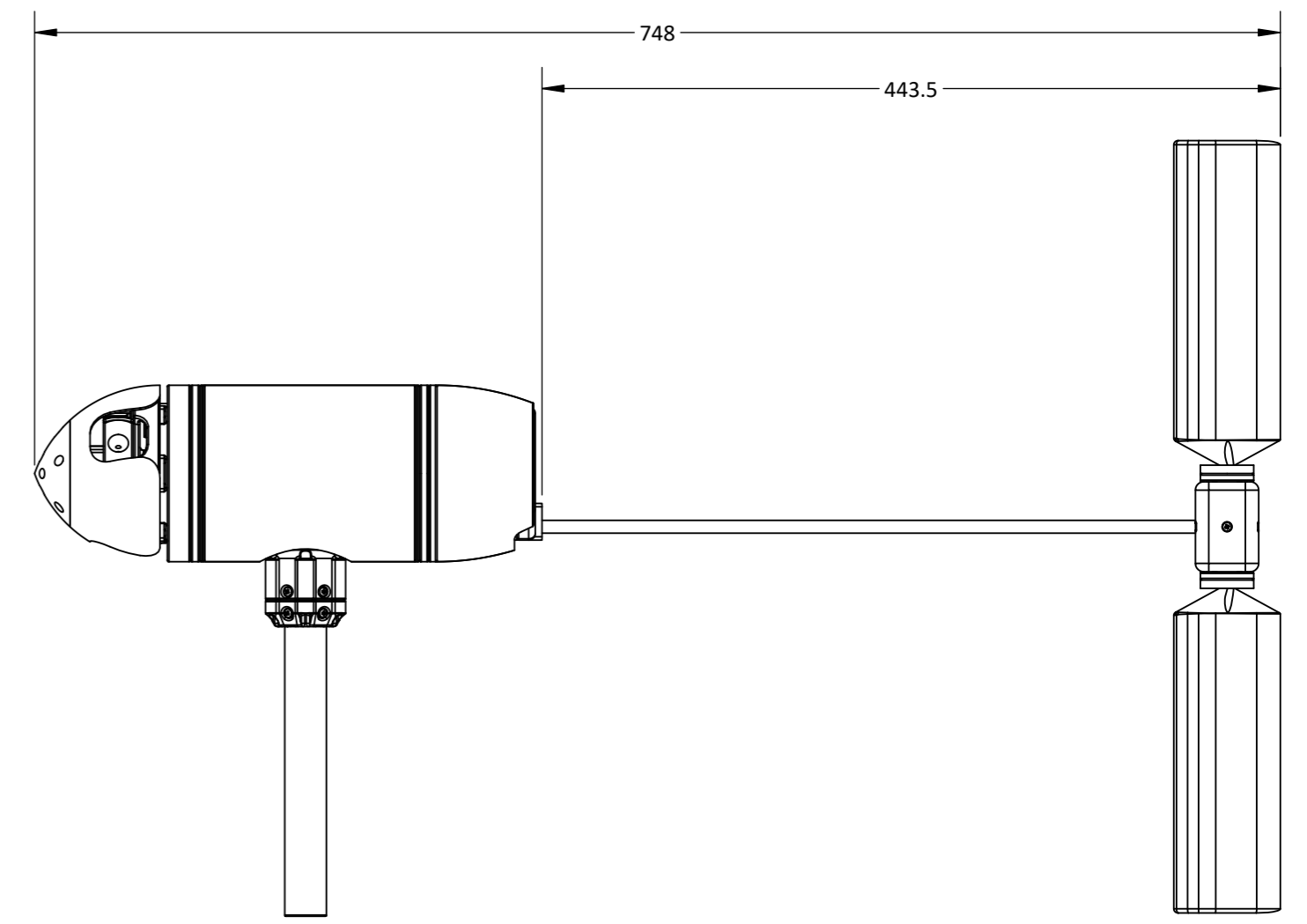
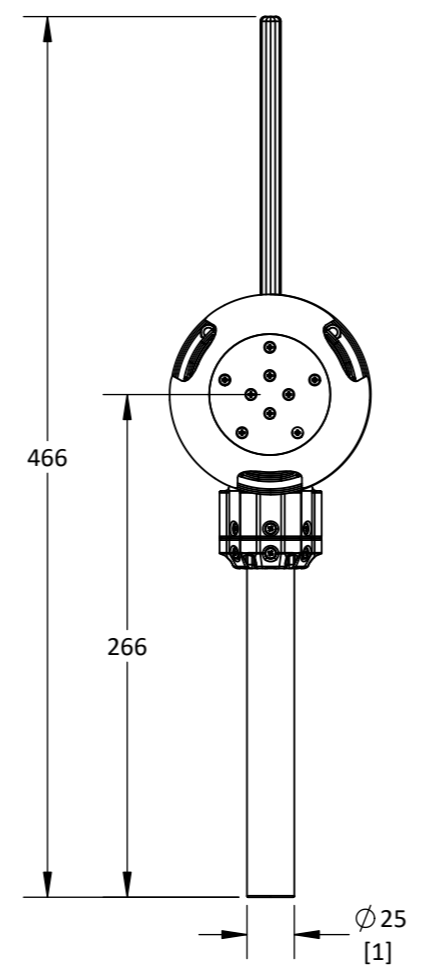
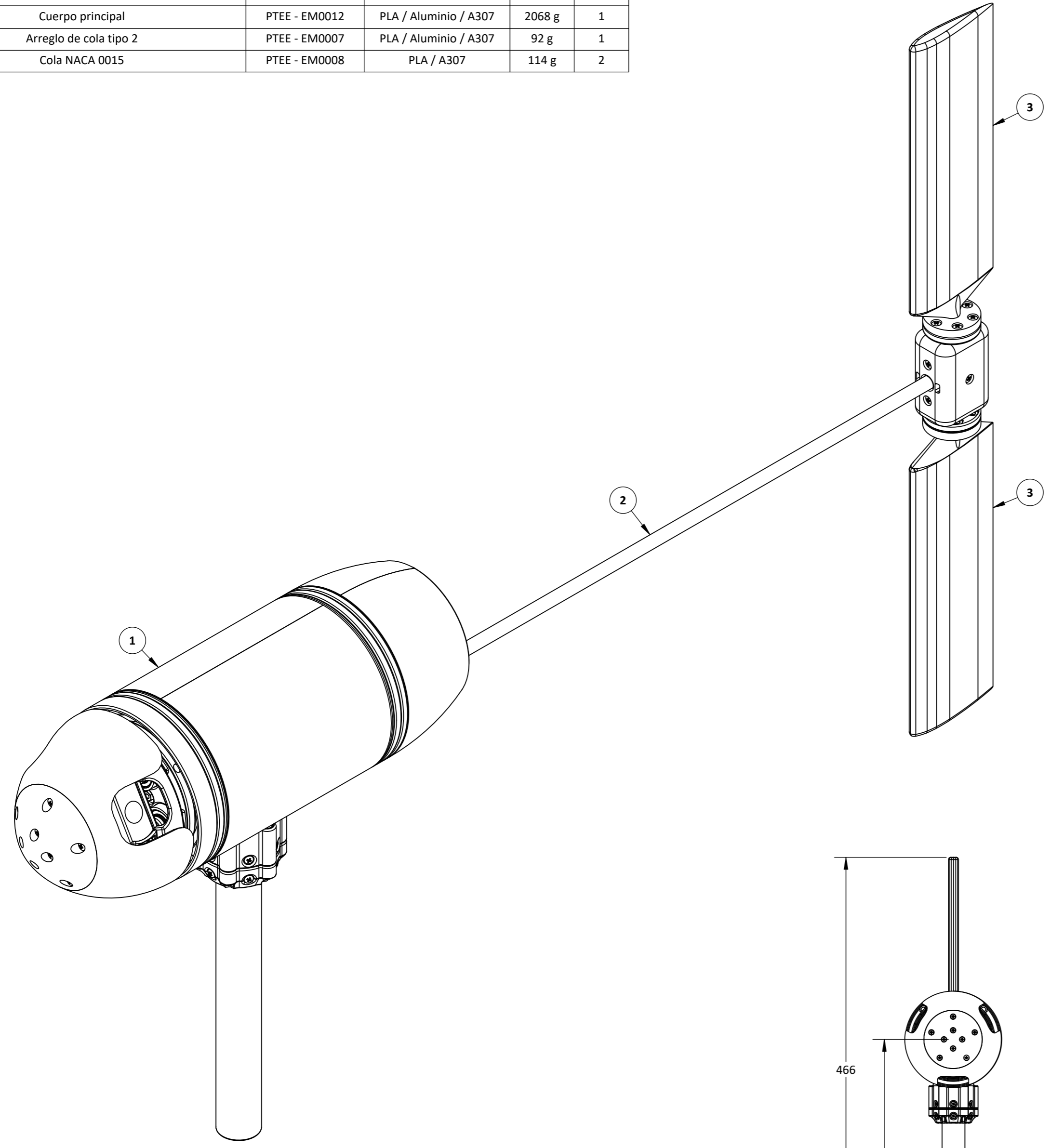


Escala 1 : 4

	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA		NOMBRE	FECHA	CÓDIGO DIBUJO	PTEE - EM0013 - 2		ACABDO	Rebarbar y romper las aristas vivas		PROTOTIPO DE TURBINA EÓLICA HORIZONTAL A ESCALA		
	Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales		DISEÑADO	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Agosto 2021	PLANO Arreglo de cola 1 - NACA 0018		MATERIAL	PLA / Aluminio / Acero A307		PESO	2418 g	
	Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica		DIBUJADO	Vultures Labs	Setiembre 2021	CONFIDENCIAL: Este plano y la información que contiene, son propiedad privada. Su uso y reproducción sin autorización, están prohibidos		DIMENSIONES	mm	NORMA	ANSI 14.5 - 2009	REVISIÓN	1.0
			REVISADO	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Setiembre 2021			ESCALA	1 : 2	No escale el dibujo		HOJA	1 de 1

NOTA:  
 • Acabado con lija fina  
 • Dimensiones entre corchetes en pulgadas

ITEM	DESCRIPCIÓN	PLANO	MATERIAL	PESO U.	CANT.
1	Cuerpo principal	PTEE - EM0012	PLA / Aluminio / A307	2068 g	1
2	Arreglo de cola tipo 2	PTEE - EM0007	PLA / Aluminio / A307	92 g	1
3	Cola NACA 0015	PTEE - EM0008	PLA / A307	114 g	2



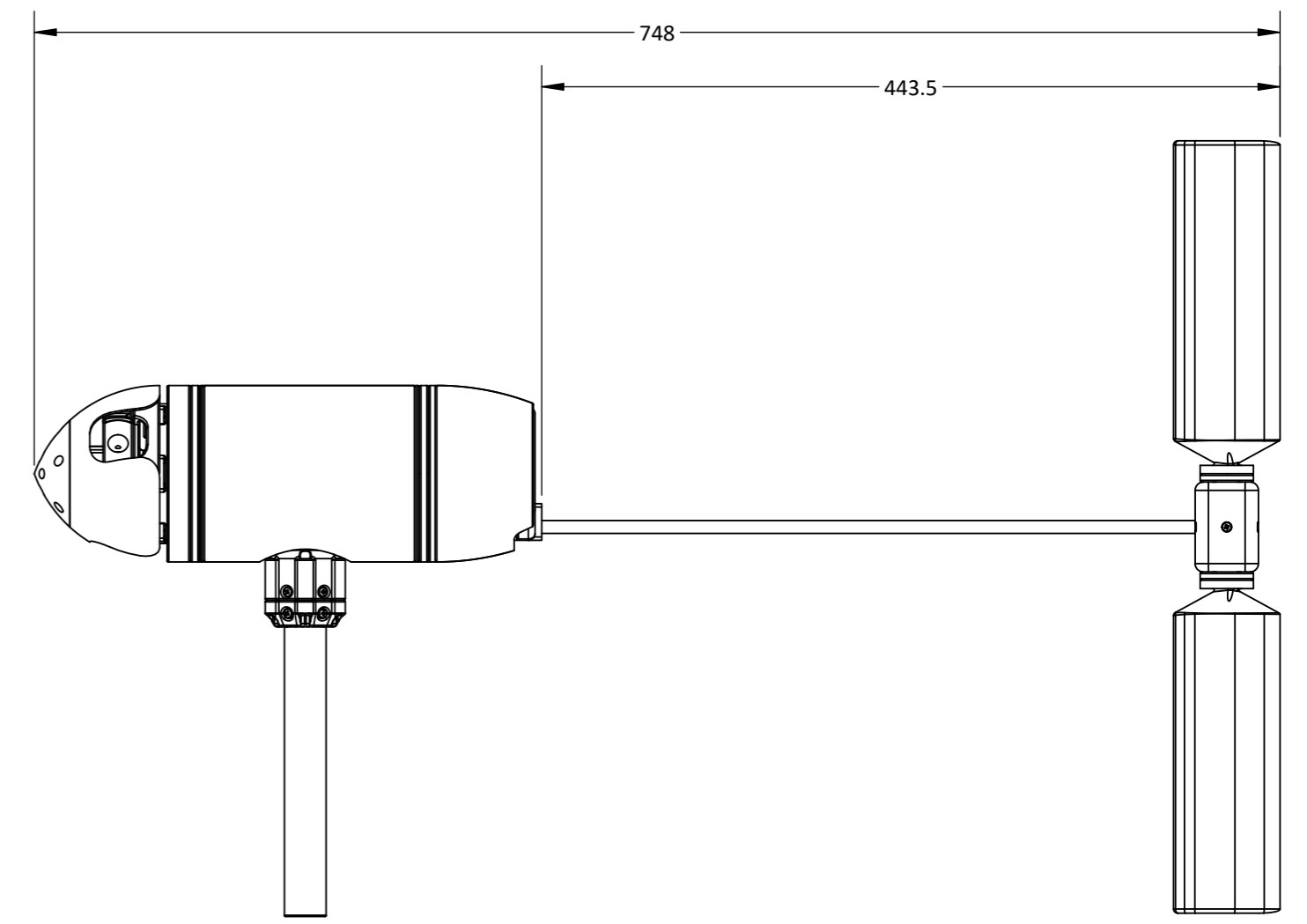
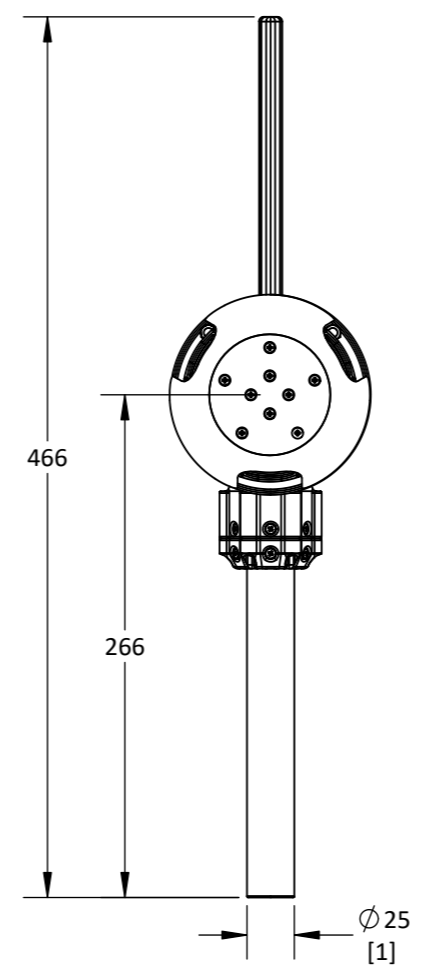
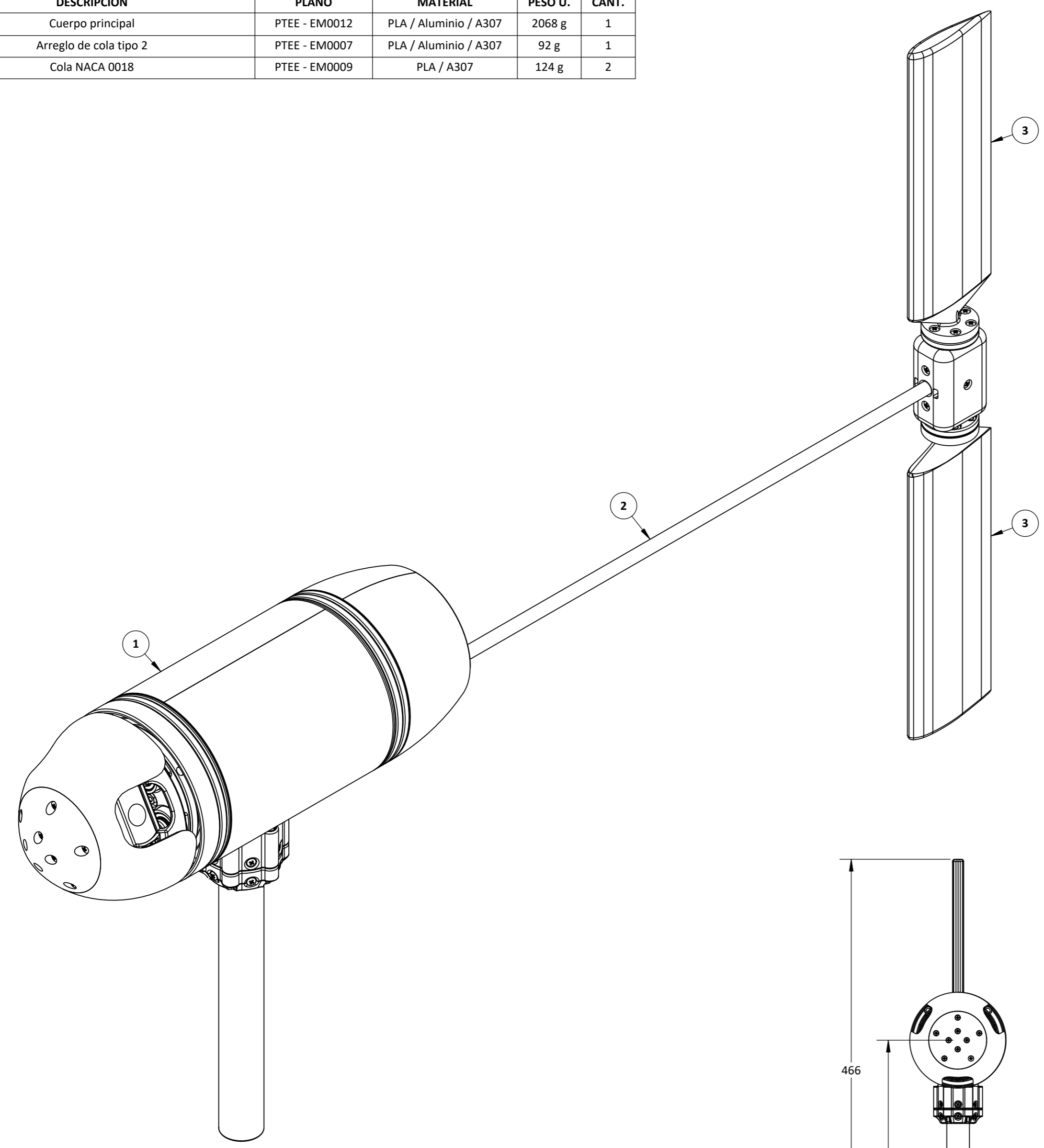
Escala 1 : 4

NOTA:  
 • Acabado con lija fina  
 • Dimensiones entre corchetes en pulgadas

	<b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA</b>		<b>NOMBRE</b>	<b>FECHA</b>	<b>CÓDIGO DIBUJO</b>	PTEE - EM0014 - 1	<b>ACABDO</b>	Rebarbar y romper las aristas vivas	<b>PROTOTIPO DE TURBINA EÓLICA HORIZONTAL A ESCALA</b>			
	Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales		Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Agosto 2021	<b>PLANO Arreglo de cola 2 - NACA 0015</b>		<b>MATERIAL</b>	PLA / Aluminio / Acero A307	<b>PESO</b>	2388 g		
	Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica		Vultures Labs	Setiembre 2021	<b>CONFIDENCIAL:</b> Este plano y la información que contiene, son propiedad privada. Su uso y reproducción sin autorización, están prohibidos		<b>DIMENSIONES</b>	mm	<b>NORMA</b>	ANSI 14.5 - 2009	<b>REVISIÓN</b>	1.0
			Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Setiembre 2021			<b>ESCALA</b>	1 : 2	No escale el dibujo		<b>HOJA</b>	1 de 1

A2

ITEM	DESCRIPCIÓN	PLANO	MATERIAL	PESO U.	CANT.
1	Cuerpo principal	PTEE - EM0012	PLA / Aluminio / A307	2068 g	1
2	Arreglo de cola tipo 2	PTEE - EM0007	PLA / Aluminio / A307	92 g	1
3	Cola NACA 0018	PTEE - EM0009	PLA / A307	124 g	2

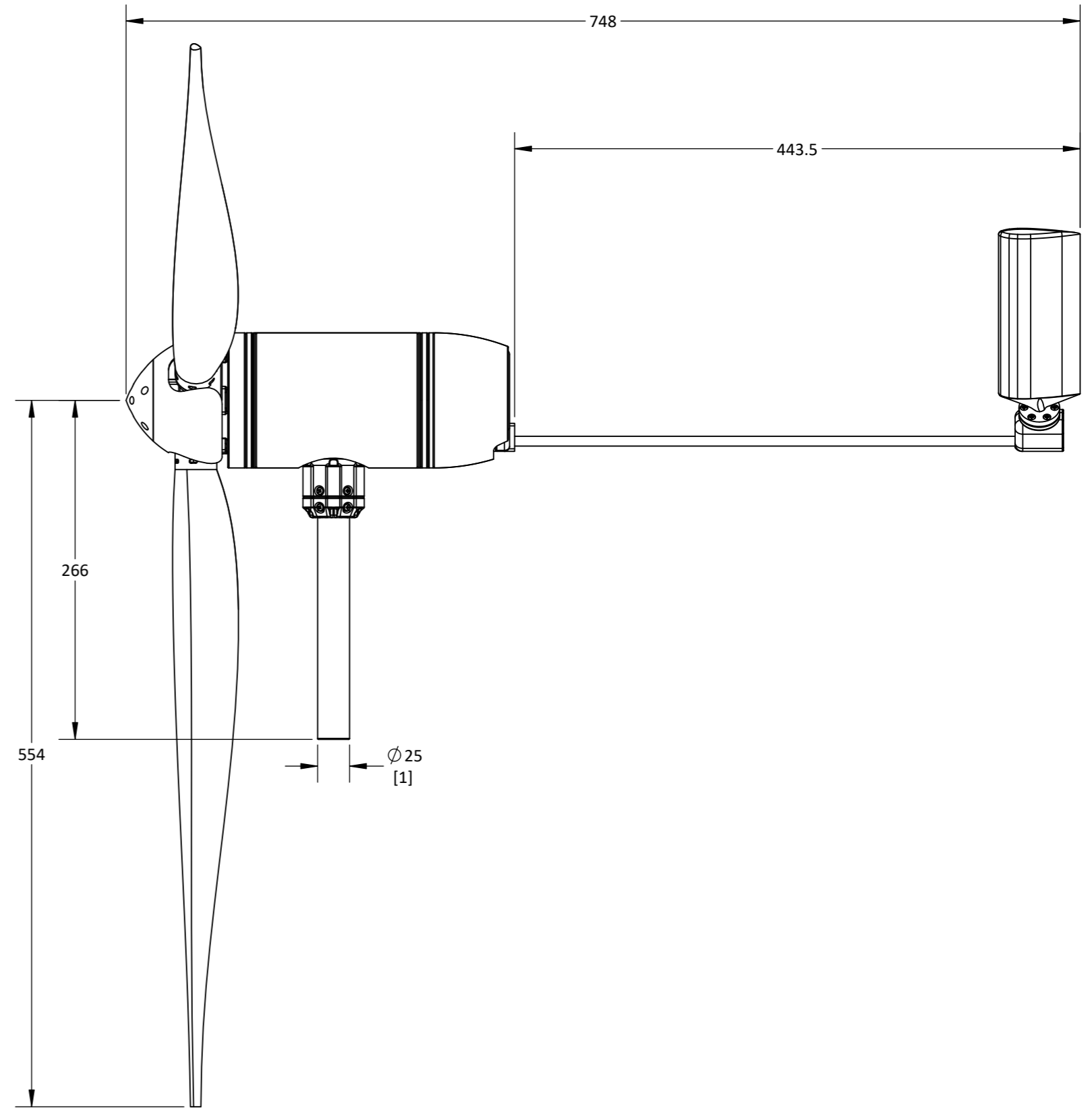
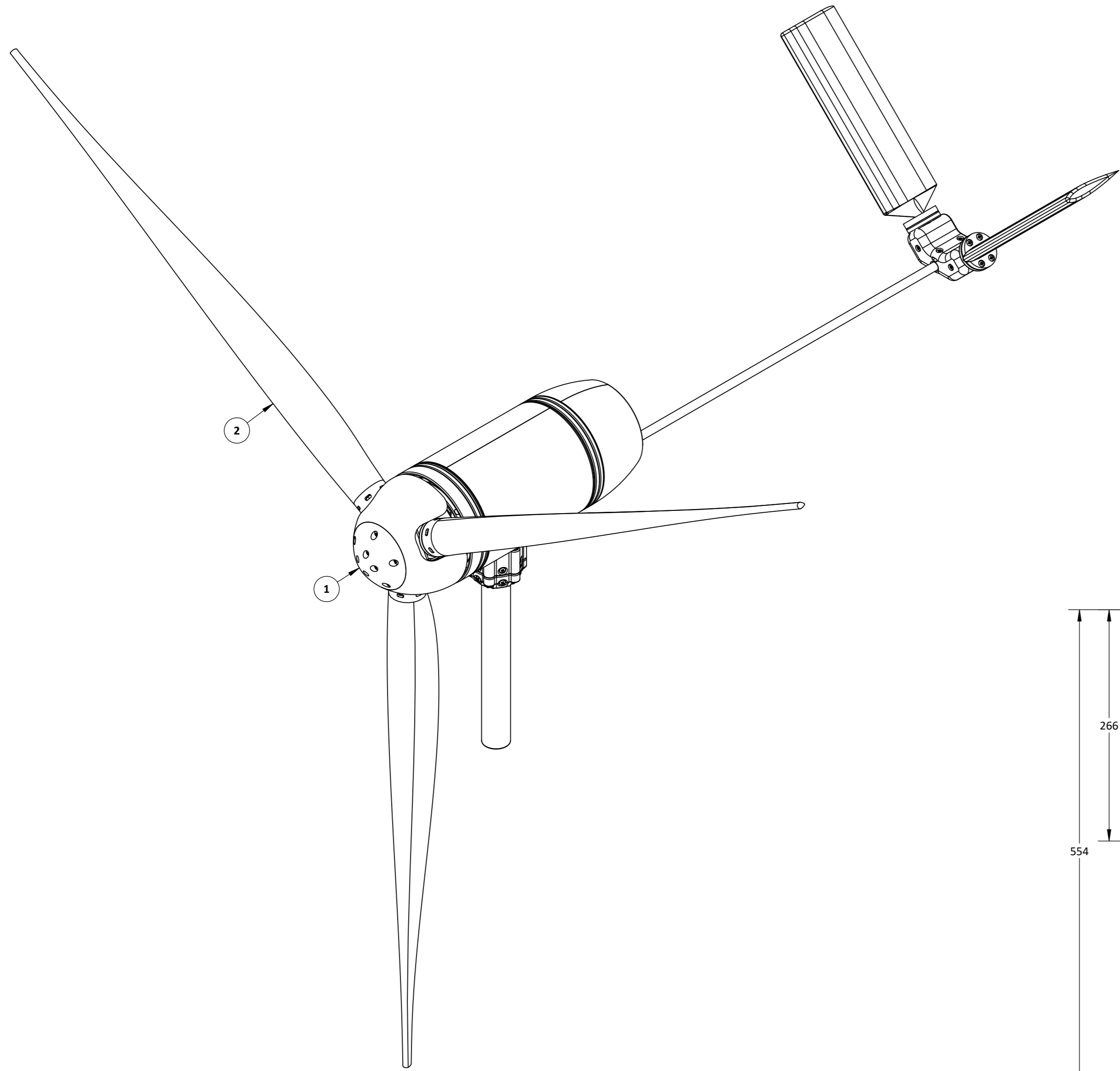


Escala 1 : 4

	<b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA</b>		<b>NOMBRE</b>	<b>FECHA</b>	<b>CÓDIGO DIBUJO</b>	PTEE - EM0014 - 2		<b>ACABDO</b>	Rebarbar y romper las aristas vivas	<b>PROTOTIPO DE TURBINA EÓLICA HORIZONTAL A ESCALA</b>		
	Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales		Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Agosto 2021	<b>PLANO</b> Arreglo de cola 2 - NACA 0018			<b>MATERIAL</b>	PLA / Aluminio / Acero A307	<b>PESO</b>	2408 g	
	Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica		Vultures Labs	Setiembre 2021	<b>CONFIDENCIAL:</b> Este plano y la información que contiene, son propiedad privada. Su uso y reproducción sin autorización, están prohibidos		<b>DIMENSIONES</b>	mm	<b>NORMA</b>	ANSI 14.5 - 2009	<b>REVISIÓN</b>	1.0
			Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Setiembre 2021			<b>ESCALA</b>	1 : 2	No escale el dibujo		<b>HOJA</b>	1 de 1

**NOTA:**  
 • Acabado con lija fina  
 • Dimensiones entre corchetes en pulgadas

ITEM	DESCRIPCIÓN	PLANO	MATERIAL	PESO U.	CANT.
1	Arreglo de cola 1 - NACA 0015 / NACA 0018	PTEE - EM0013 - 1/2	PLA / Aluminio / A307	2398 / 2418 g	1
2	Hélice NACA 0015	PTEE - EM0010	PLA / A307	179 g	3

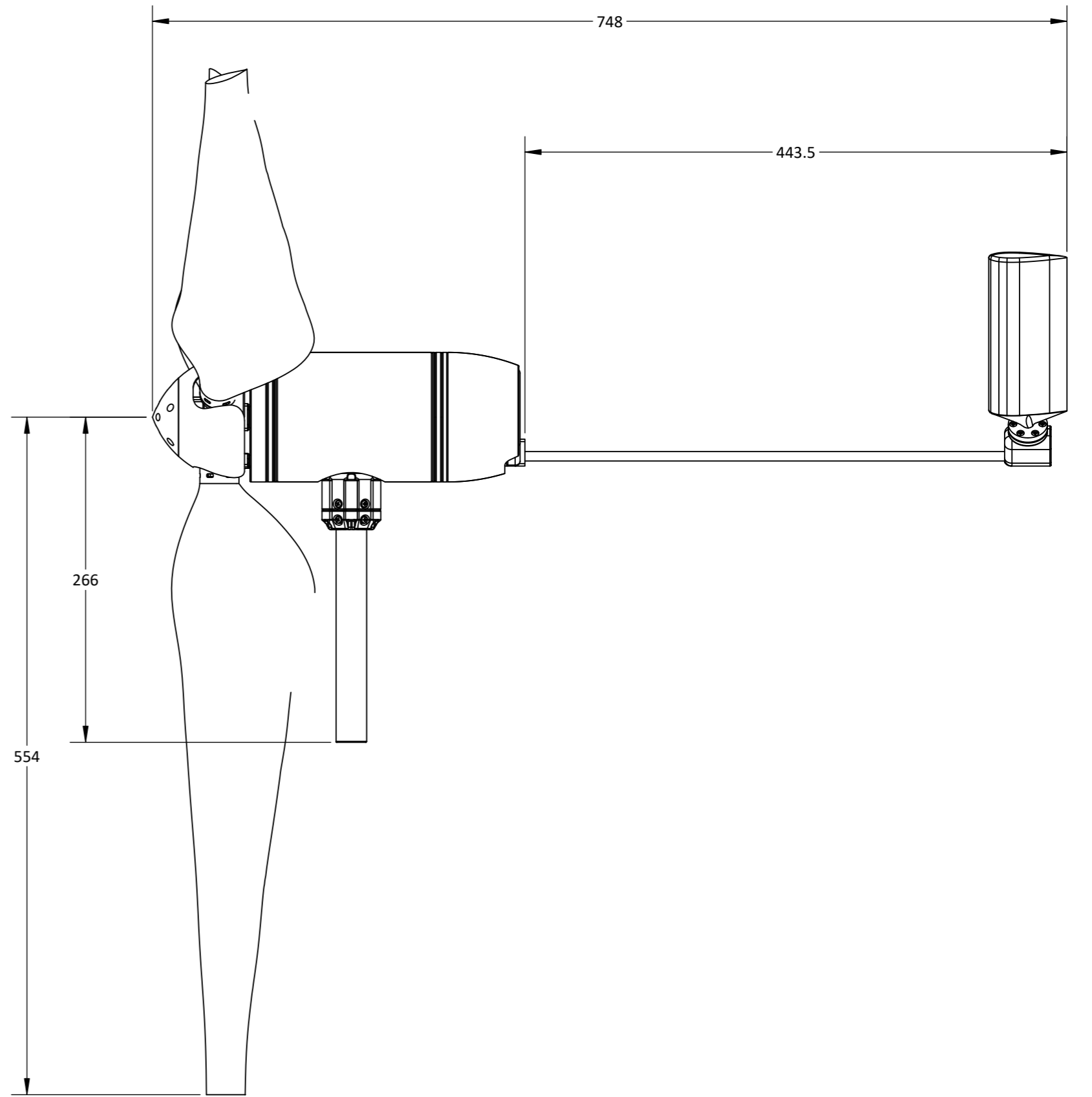
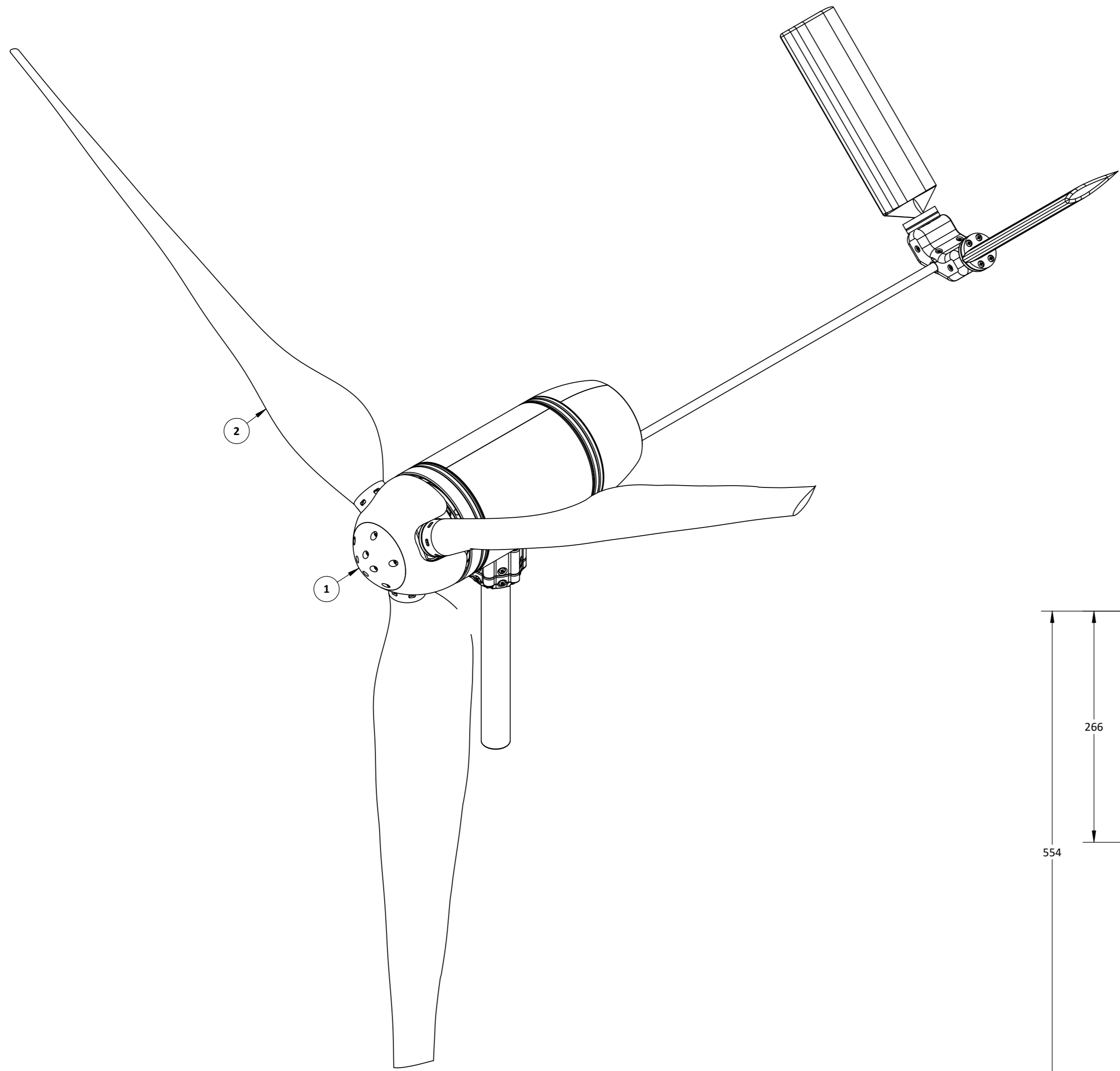


Escala 1 : 4

	<b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA</b>		<b>NOMBRE</b>	<b>FECHA</b>	<b>CÓDIGO DIBUJO</b>	PTEE - EM0015 - 1		<b>ACABDO</b>	Rebarbar y romper las aristas vivas		<b>PROTOTIPO DE TURBINA EÓLICA HORIZONTAL A ESCALA</b>		
	Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales		DISEÑADO	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Agosto 2021	PLANO <b>Turbina arreglo 1 - NACA0015 - NACA0015/8</b>		<b>MATERIAL</b>	PLA / Aluminio / Acero A307		<b>PESO</b>	2935 / 2955 g	
	Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica		DIBUJADO	Vultures Labs	Setiembre 2021	CONFIDENCIAL: Este plano y la información que contiene, son propiedad privada. Su uso y reproducción sin autorización, están prohibidos		<b>DIMENSIONES</b>	mm	<b>NORMA</b>	ANSI 14.5 - 2009	<b>REVISIÓN</b>	1.0
			REVISADO	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Setiembre 2021			<b>ESCALA</b>	1 : 3	No escale el dibujo		<b>HOJA</b>	1 de 1 <b>A2</b>

**NOTA:**  
 • Acabado con lija fina  
 • Dimensiones entre corchetes en pulgadas

ITEM	DESCRIPCIÓN	PLANO	MATERIAL	PESO U.	CANT.
1	Arreglo de cola 1 - NACA 0015 / NACA 0018	PTEE - EM0013 - 1/2	PLA / Aluminio / A307	2398 / 2418 g	1
2	Hélice NREL S823 / S833 / S822	PTEE - EM0011	PLA / A307	284 g	3



Escala 1 : 4



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**  
 Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales  
 Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica

	NOMBRE	FECHA
DISEÑADO	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Agosto 2021
DIBUJADO	Vultures Labs	Setiembre 2021
REVISADO	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Setiembre 2021

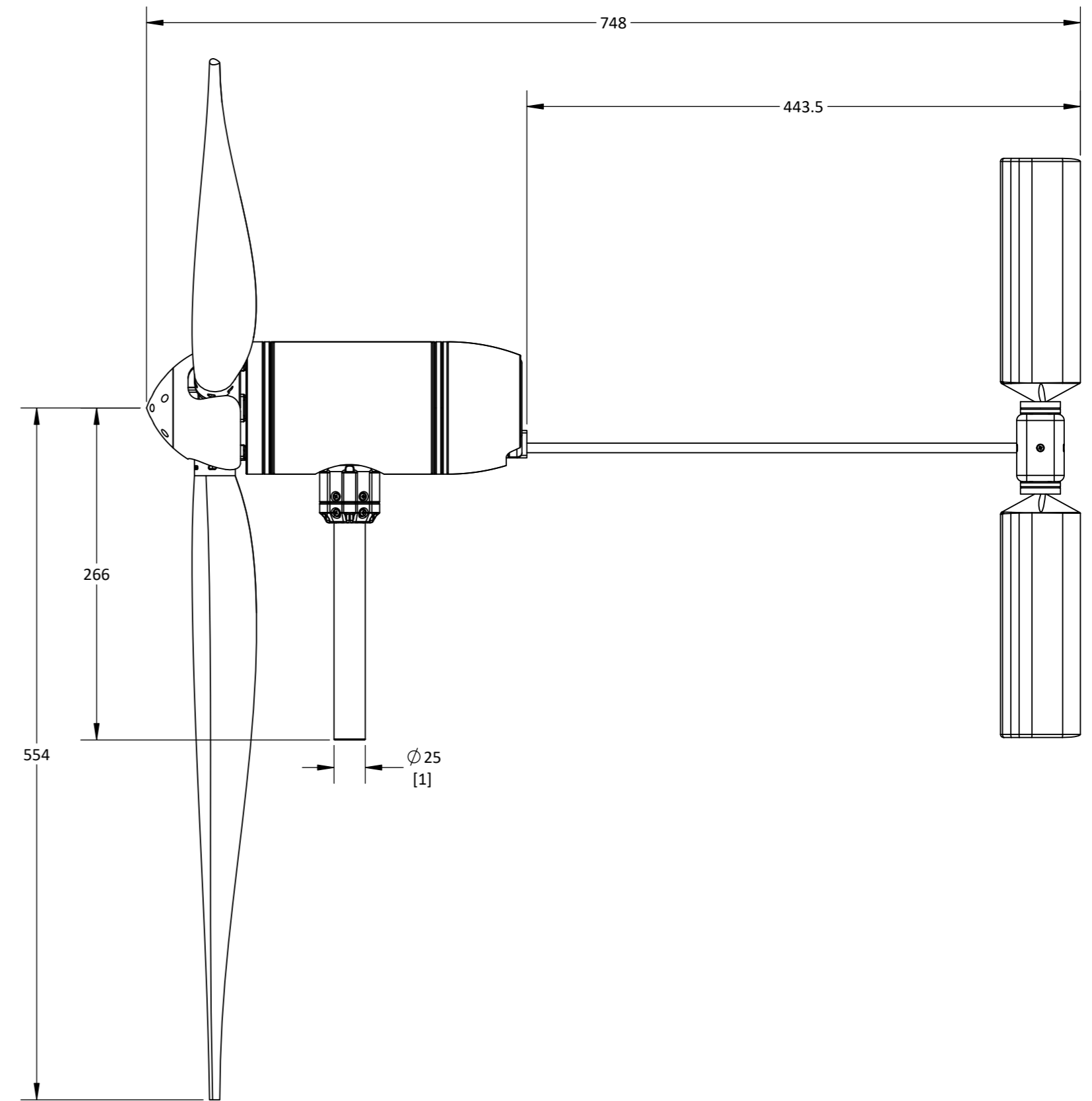
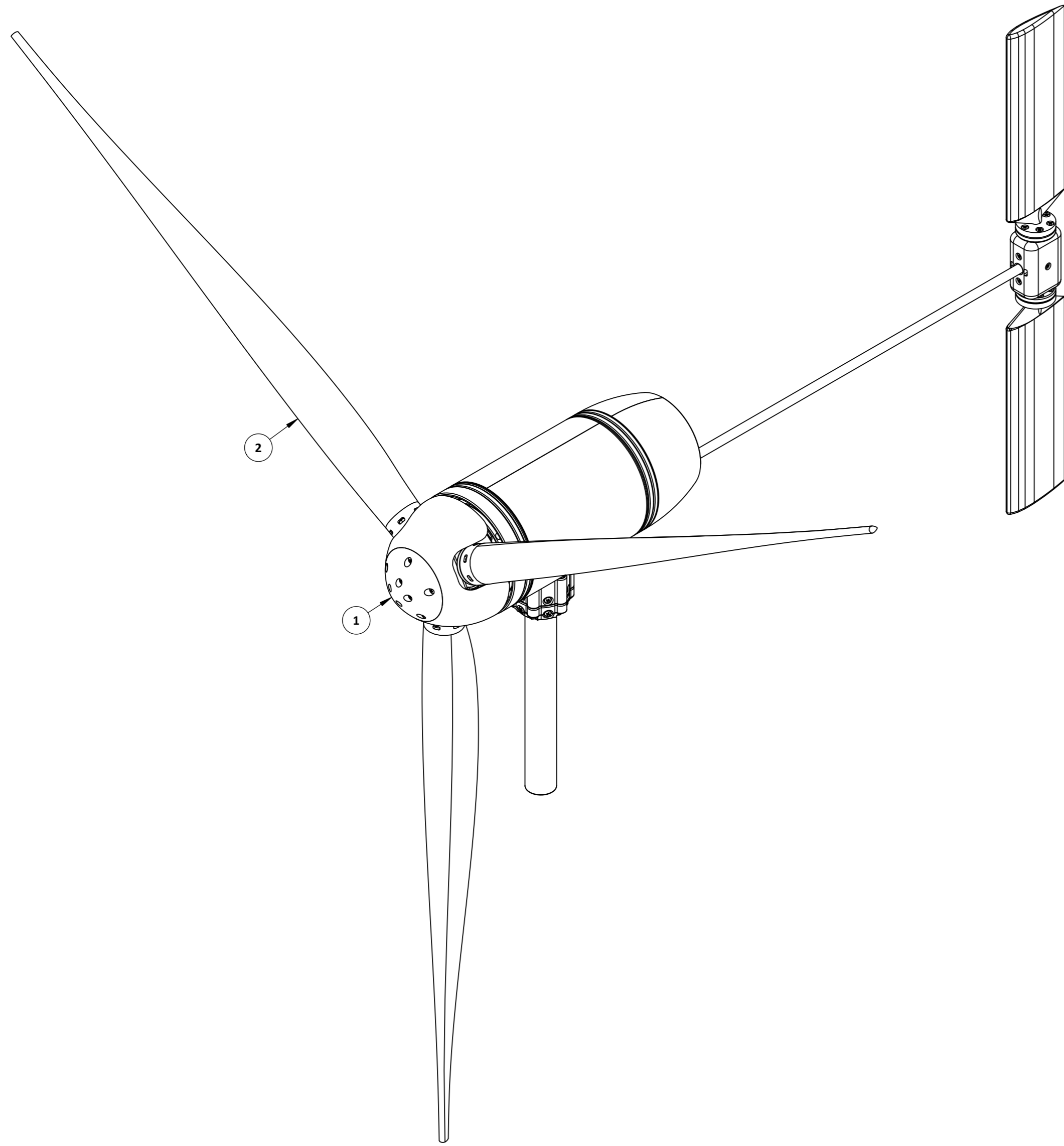
CÓDIGO DIBUJO	PTEE - EM0015 - 2
PLANO	Turbina arreglo 1 - NREL S823 / S833 / S822 - NACA0015/8

ACABDO	Rebarbar y romper las aristas vivas
MATERIAL	PLA / Aluminio / Acero A307
DIMENSIONES	mm NORMA ANSYI 14.5 - 2009
ESCALA	1 : 3 No escale el dibujo

PROTOTIPO DE TURBINA EÓLICA HORIZONTAL A ESCALA	
PESO	3250 / 3270 g
REVISIÓN	1.0
HOJA	1 de 1 A2

**NOTA:**  
 • Acabado con lija fina  
 • Dimensiones entre corchetes en pulgadas

ITEM	DESCRIPCIÓN	PLANO	MATERIAL	PESO U.	CANT.
1	Arreglo de cola 2 - NACA 0015 / NACA 0018	PTEE - EM0014 - 1/2	PLA / Aluminio / A307	2388 / 2408 g	1
2	Hélice NACA 0015	PTEE - EM0010	PLA / A307	179 g	3

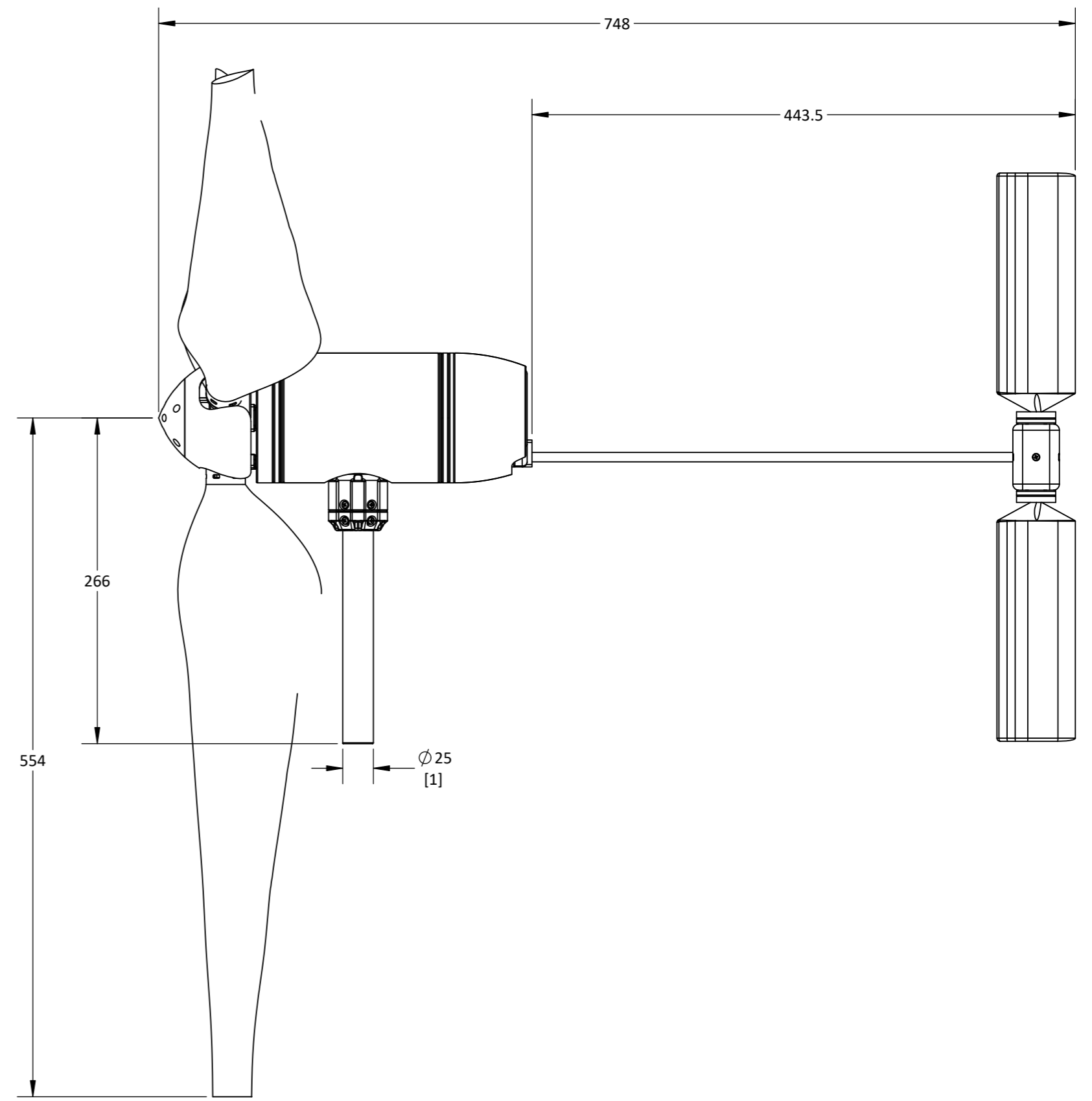
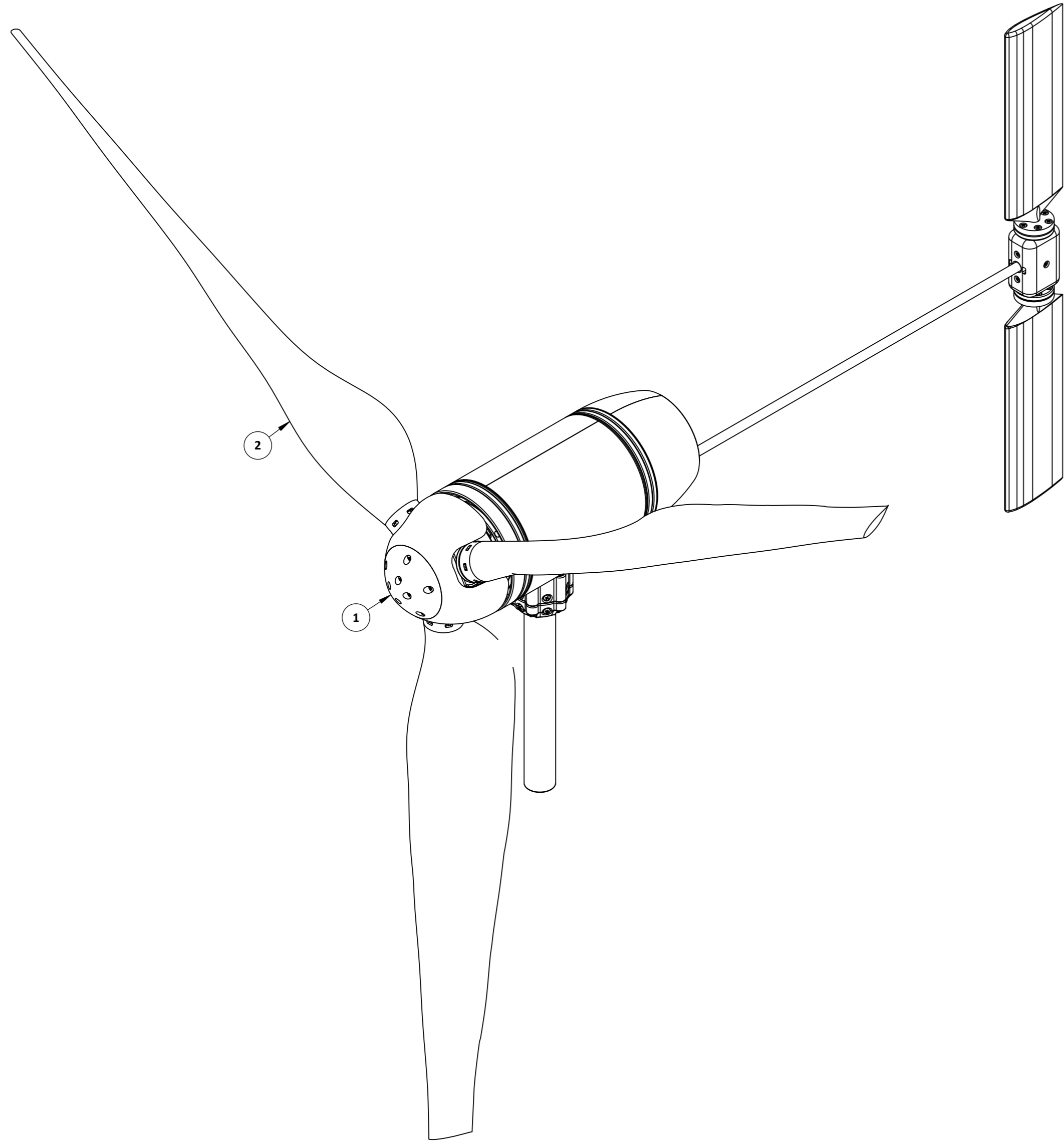


Escala 1 : 4

	<b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA</b>		<b>NOMBRE</b>	<b>FECHA</b>	<b>CÓDIGO DIBUJO</b>	PTEE - EM0016 - 1		<b>ACABDO</b>	Rebarbar y romper las aristas vivas		<b>PROTOTIPO DE TURBINA EÓLICA HORIZONTAL A ESCALA</b>		
	Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales		DISEÑADO	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Agosto 2021	<b>PLANO</b>		<b>MATERIAL</b>	PLA / Aluminio / Acero A307		<b>PESO</b>	2925 / 2945 g	
	Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica		DIBUJADO	Vultures Labs	Setiembre 2021	<b>Turbina arreglo 2 - NACA0015 - NACA0015/8</b>		<b>DIMENSIONES</b>	mm	<b>NORMA</b>	ANSI 14.5 - 2009	<b>REVISIÓN</b>	1.0
			REVISADO	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Setiembre 2021	<b>CONFIDENCIAL:</b> Este plano y la información que contiene, son propiedad privada. Su uso y reproducción sin autorización, están prohibidos		<b>ESCALA</b>	1 : 3	No escale el dibujo		<b>HOJA</b>	1 de 1 <b>A2</b>

**NOTA:**  
 • Acabado con lija fina  
 • Dimensiones entre corchetes en pulgadas

ITEM	DESCRIPCIÓN	PLANO	MATERIAL	PESO U.	CANT.
1	Arreglo de cola 2 - NACA 0015 / NACA 0018	PTEE - EM0014 - 1/2	PLA / Aluminio / A307	2388 / 2408 g	1
2	Hélice NREL S823 / S833 / S822	PTEE - EM0011	PLA / A307	284 g	3

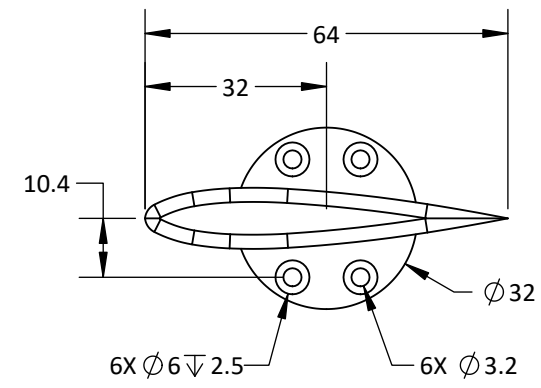


Escala 1 : 4

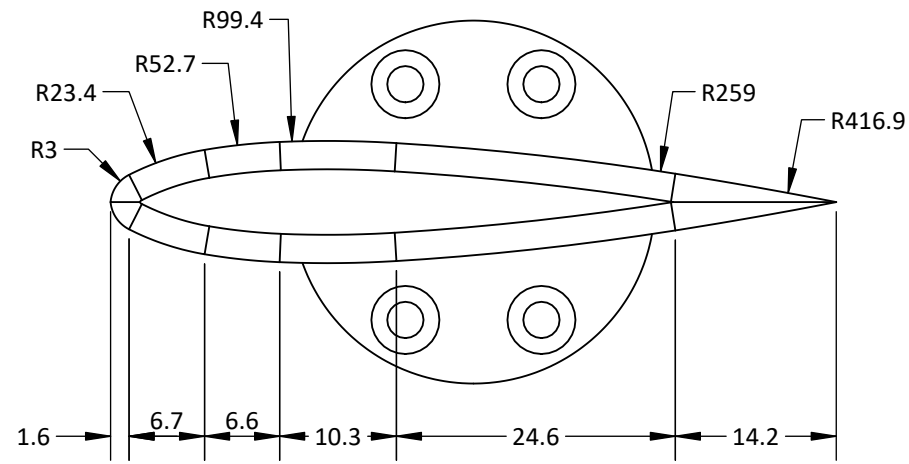


<b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA</b> Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica	<b>NOMBRE</b>		<b>FECHA</b>	<b>CÓDIGO DIBUJO</b>	PTEE - EM0016 - 2	<b>ACABDO</b>	Rebarbar y romper las aristas vivas	<b>PROTOTIPO DE TURBINA EÓLICA HORIZONTAL A ESCALA</b>	
	<b>DISEÑADO</b>	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Agosto 2021	<b>PLANO Turbina arreglo 2 - NREL S823 / S833 / S822 - NACA0015/8</b>		<b>MATERIAL</b>	PLA / Aluminio / Acero A307	<b>PESO</b>	3240 / 3260 g
	<b>DIBUJADO</b>	Vultures Labs	Setiembre 2021	<b>CONFIDENCIAL:</b> Este plano y la información que contiene, son propiedad privada. Su uso y reproducción sin autorización, están prohibidos		<b>DIMENSIONES</b>	mm <b>NORMA</b> ANSII 14.5 - 2009	<b>REVISIÓN</b>	1.0
	<b>REVISADO</b>	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Setiembre 2021			<b>ESCALA</b>	1 : 3 No escale el dibujo	<b>HOJA</b>	1 de 1 <b>A2</b>

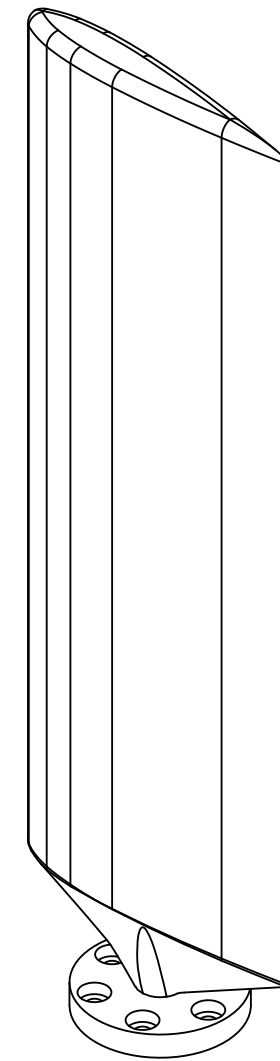
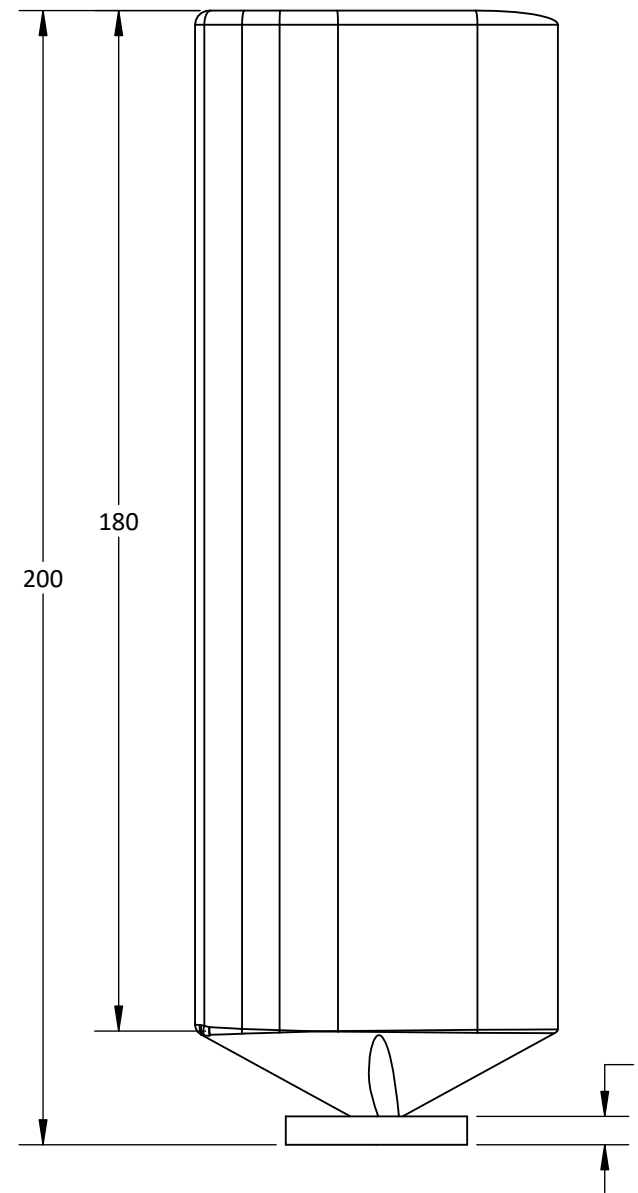
**NOTA:**  
 • Acabado con lija fina  
 • Dimensiones entre corchetes en pulgadas



Vista superior auxiliar

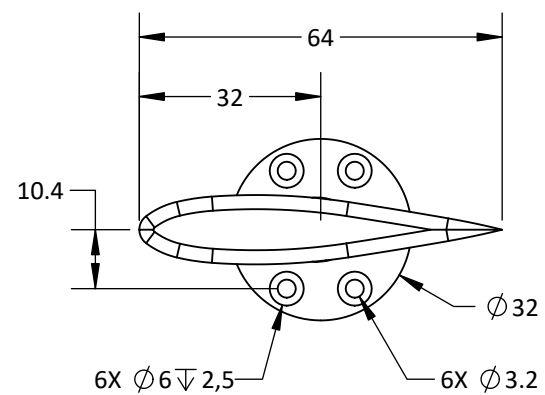


Escala 3 : 2

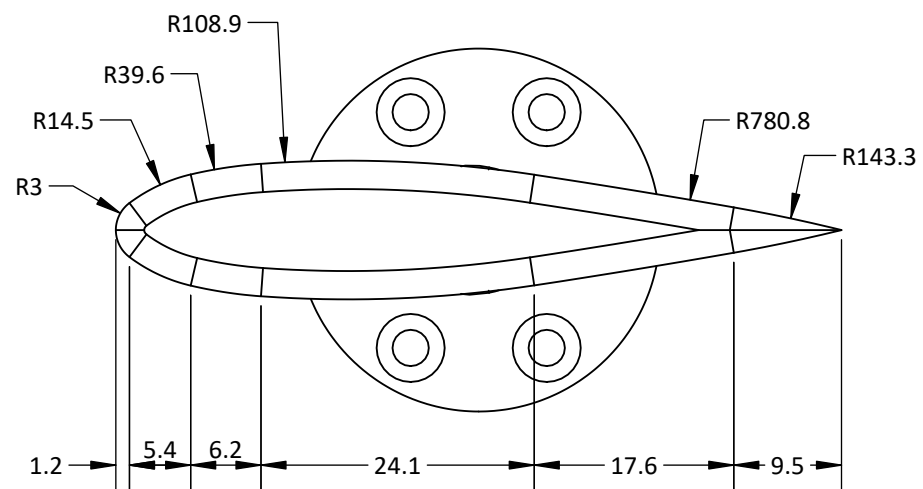


- NOTA:**
- Rebarbar y romper las aristas vivas
  - Acabado con lija fina
  - GP = Grosor de pared, DR = Densidad de relleno, R = Resolución
  - Tiempo de impresión: 8 horas 35 minutos
  - Dimensiones entre corchetes en pulgadas

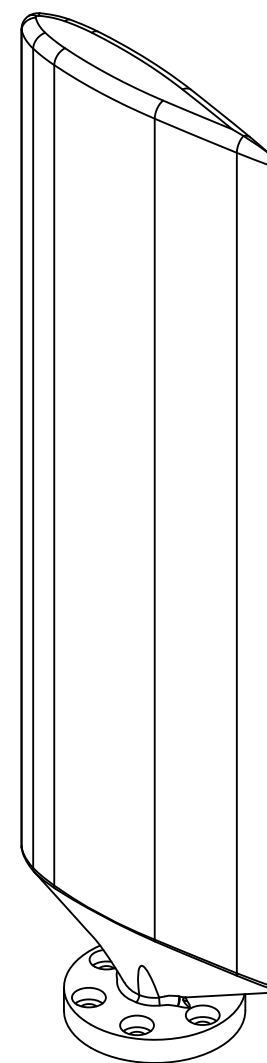
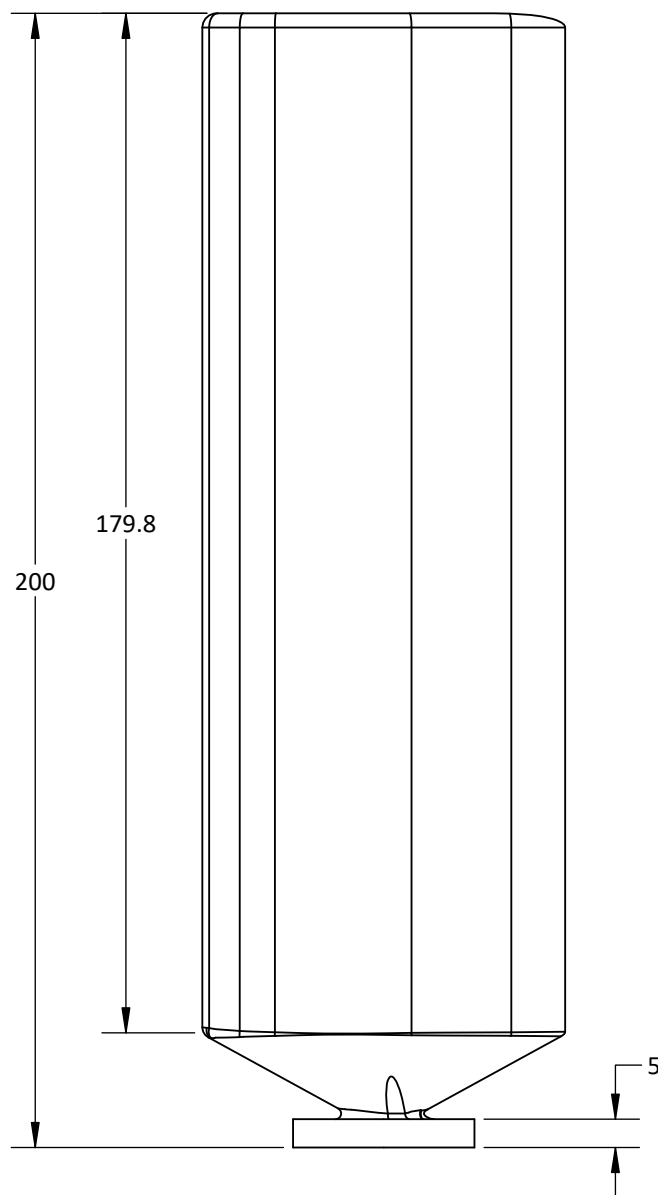
	<b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA</b>		<b>NOMBRE</b>	<b>FECHA</b>	<b>CÓDIGO DIBUJO</b>	PTEE - PM0034		<b>ACABADO</b>	Impresión 3D - GP: 2mm, DR: 90%, R: 0.15		<b>PROTOTIPO DE TURBINA EÓLICA HORIZONTAL A ESCALA</b>		
	Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales		DISEÑADO	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Agosto 2021	<b>PLANO</b> <b>Perfil NACA 0015 - cola</b>		<b>MATERIAL</b>	Filamento de PLA de 1.75 mm - blanco		<b>PESO</b>	90 g	
	Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica		DIBUJADO	Vultures Labs	Setiembre 2021			<b>DIMENSIONES</b>	mm	<b>NORMA</b>	ANSI Y 14.5 - 2009	<b>REVISIÓN</b>	1.0
			REVISADO	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Setiembre 2021	<b>CONFIDENCIAL:</b> Este plano y la información que contiene, son propiedad privada. Su uso y reproducción sin autorización, están prohibidos		<b>ESCALA</b>	3 : 4	No escale el dibujo		<b>HOJA</b>	1 de 1



Vista superior auxiliar



Escala 3 : 2



- NOTA:**
- Rebarbar y romper las aristas vivas
  - Acabado con lija fina
  - GP = Grosor de pared, DR = Densidad de relleno, R = Resolución
  - Tiempo de impresión: 8 horas 55 minutos
  - Dimensiones entre corchetes en pulgadas



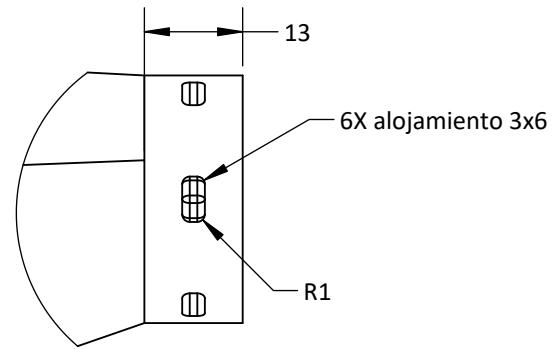
**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**  
 Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales  
 Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica

	NOMBRE	FECHA
DISEÑADO	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Agosto 2021
DIBUJADO	Vultures Labs	Setiembre 2021
REVISADO	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Setiembre 2021

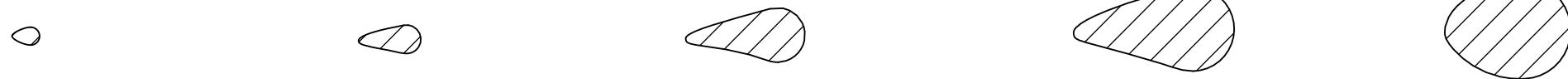
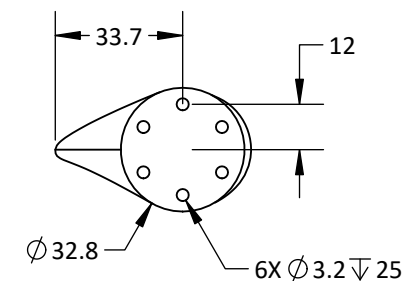
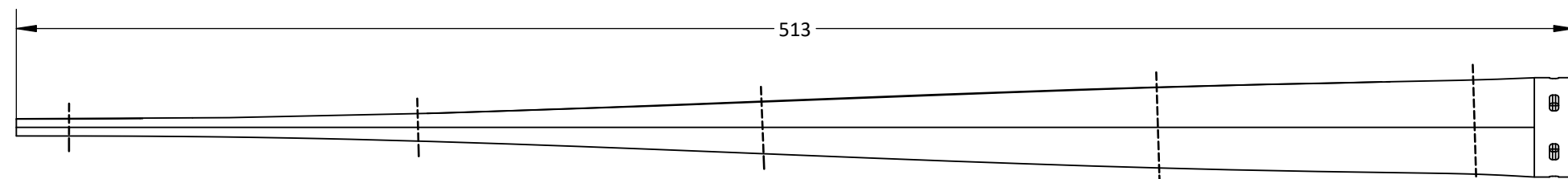
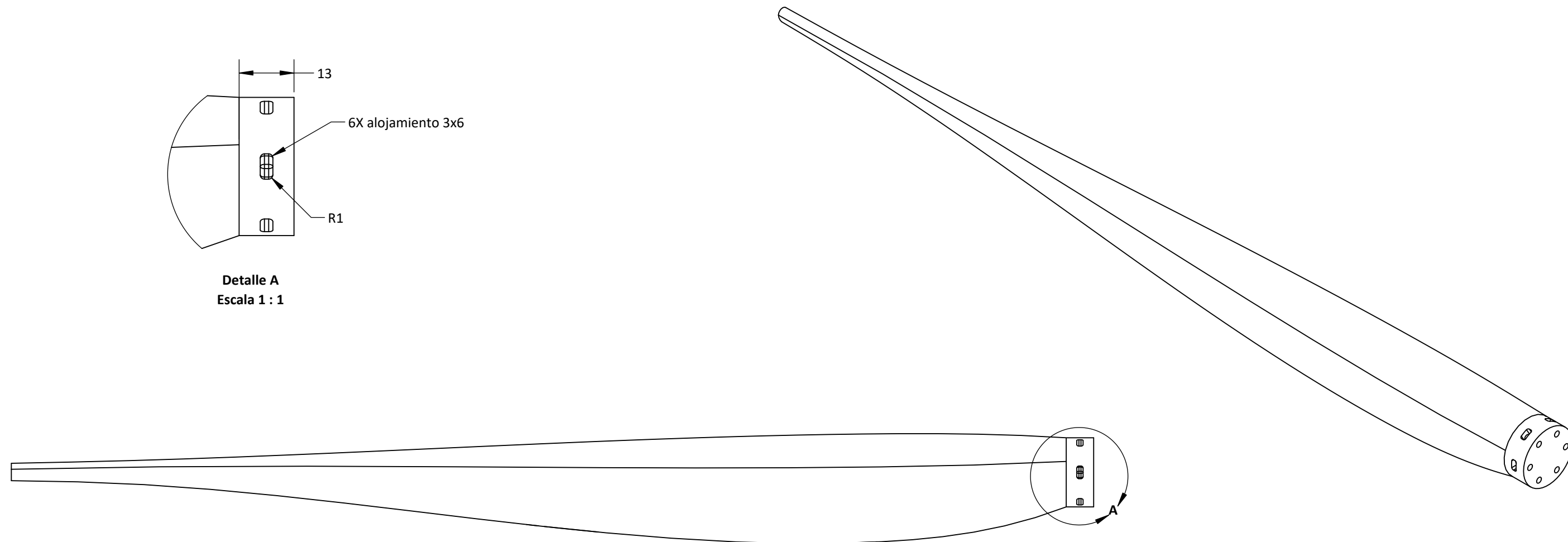
CÓDIGO DIBUJO: PTEE - PM0035  
**PLANO**  
**Perfil NACA 0018 - cola**  
**CONFIDENCIAL:** Este plano y la información que contiene, son propiedad privada. Su uso y reproducción sin autorización, están prohibidos

ACABADO	Impresión 3D - GP: 2mm, DR: 90%, R: 0.15		
MATERIAL	Filamento de PLA de 1.75 mm - blanco		
DIMENSIONES	mm	NORMA	ANSI Y 14.5 - 2009
ESCALA	3 : 4	No escale el dibujo	

PROTOTIPO DE TURBINA EÓLICA HORIZONTAL A ESCALA		
PESO	100 g	
REVISIÓN	1.0	
HOJA	1 de 1	A3



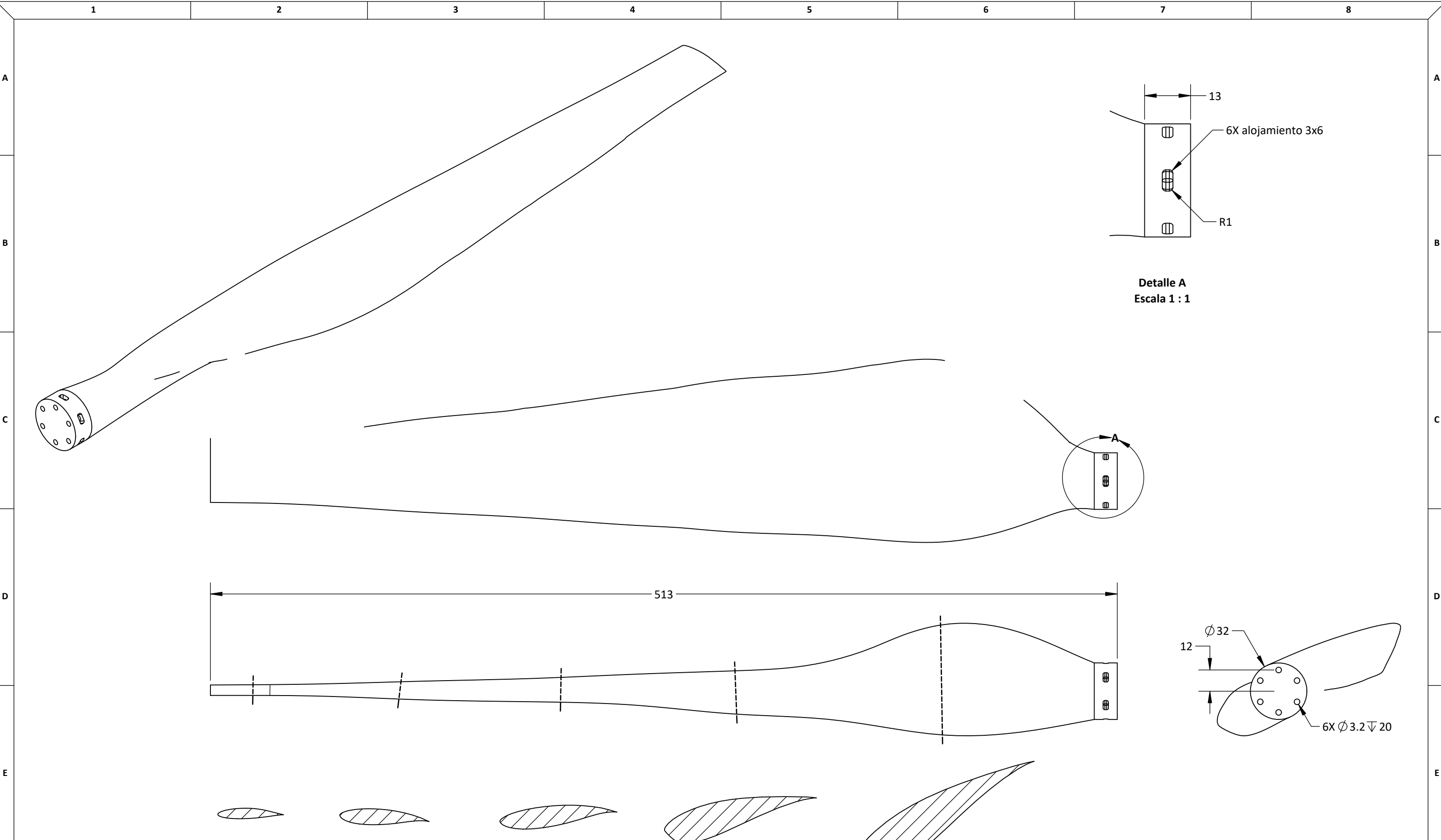
**Detalle A**  
Escala 1 : 1



- NOTA:**
- Rebarbar y romper las aristas vivas
  - Acabado con lija fina
  - GP = Grosor de pared, DR = Densidad de relleno, R = Resolución
  - Tiempo de impresión: 17 horas 15 minutos
  - Dimensiones entre corchetes en pulgadas

	<b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA</b>		<b>NOMBRE</b>	<b>FECHA</b>	<b>CÓDIGO DIBUJO</b>	PTEE - PM0036		<b>ACABADO</b>	Impresión 3D - GP: 2mm, DR: 90%, R: 0.15		<b>PROTOTIPO DE TURBINA EÓLICA HORIZONTAL A ESCALA</b>		
	Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales		DISEÑADO	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Agosto 2021	<b>PLANO</b>		<b>MATERIAL</b>	Filamento de PLA de 1.75 mm - blanco		<b>PESO</b>	155 g	
	Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica		DIBUJADO	Vultures Labs	Setiembre 2021	<b>Perfil NACA 0015 - hélice</b>		<b>DIMENSIONES</b>	mm	<b>NORMA</b>	ANSI Y 14.5 - 2009	<b>REVISIÓN</b>	1.0
			REVISADO	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Setiembre 2021	<b>CONFIDENCIAL:</b> Este plano y la información que contiene, son propiedad privada. Su uso y reproducción sin autorización, están prohibidos		<b>ESCALA</b>	1 : 2	No escale el dibujo		<b>HOJA</b>	1 de 1

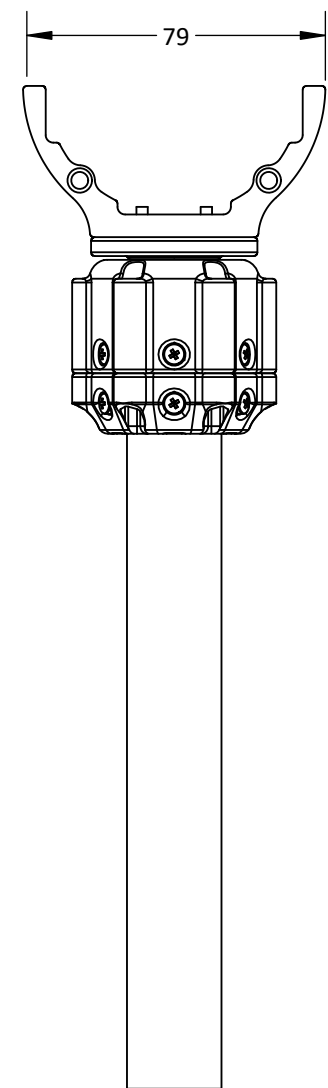
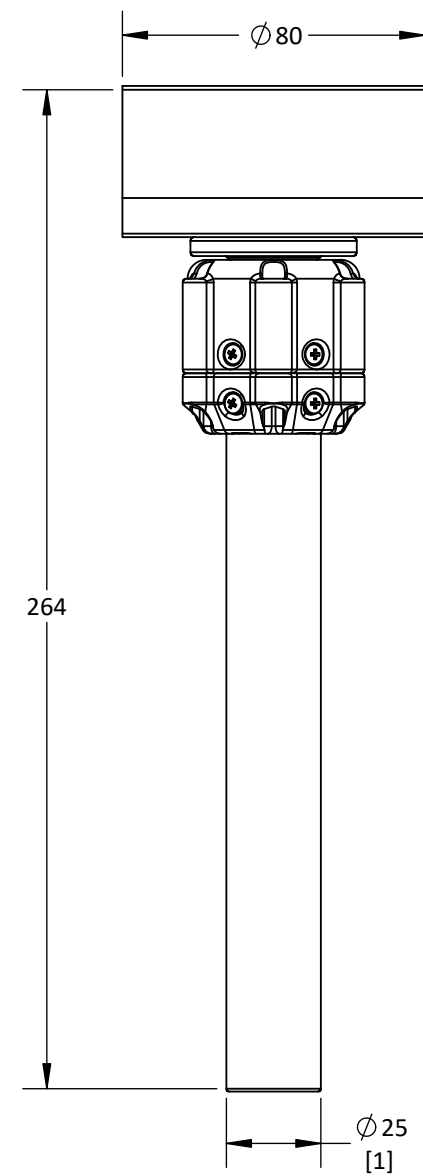
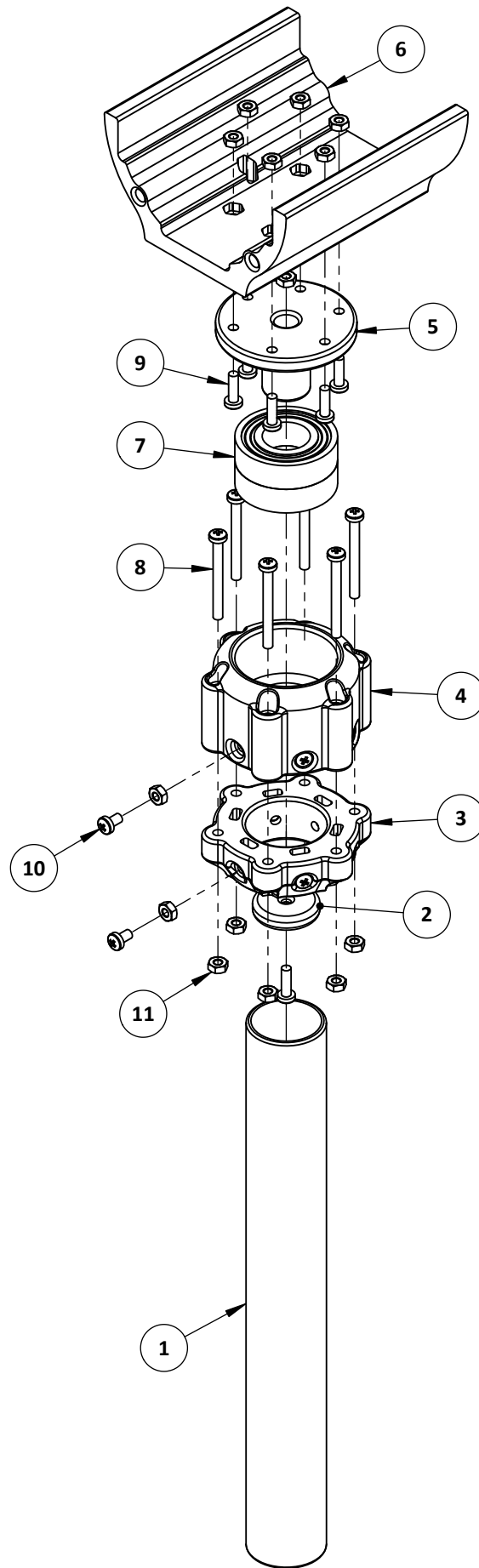
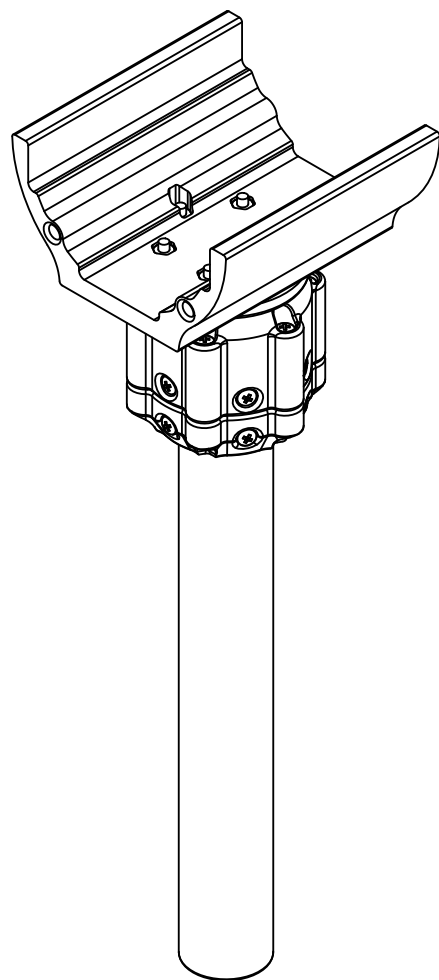
A3



- NOTA:**
- Rebarbar y romper las aristas vivas
  - Acabado con lija fina
  - GP = Grosor de pared, DR = Densidad de relleno, R = Resolución
  - Tiempo de impresión: 17 horas 15 minutos
  - Dimensiones entre corchetes en pulgadas

	<b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA</b> Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica	<b>NOMBRE</b> Manuel Eduardo Huaco Zanabria	<b>FECHA</b> Agosto 2021	<b>CÓDIGO DIBUJO</b> PTEE - PM0037	<b>ACABADO</b> Impresión 3D - GP: 2mm, DR: 90%, R: 0.15	<b>PROTOTIPO DE TURBINA EÓLICA HORIZONTAL A ESCALA</b>		
	<b>DISEÑADO</b>	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Agosto 2021	<b>PLANO</b> <b>Perfil NREL S823 / S833 / S822 - hélice</b>		<b>MATERIAL</b> Filamento de PLA de 1.75 mm - blanco	<b>PESO</b> 155 g	<b>REVISIÓN</b> 1.0
	<b>DIBUJADO</b>	Vultures Labs	Setiembre 2021	<b>CONFIDENCIAL:</b> Este plano y la información que contiene, son propiedad privada. Su uso y reproducción sin autorización, están prohibidos		<b>DIMENSIONES</b> mm	<b>NORMA</b> ANSIY 14.5 - 2009	<b>HOJA</b> 1 de 1
	<b>REVISADO</b>	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Setiembre 2021	<b>ESCALA</b> 3 : 4	No escale el dibujo	<b>HOJA</b> 1 de 1	<b>A3</b>	

ITEM	DESCRIPCIÓN	PLANO	MATERIAL	PESO U.	CANT.
1	Tubo redondo 5576 (25.4 x 1.58 mm) de 200 mm	-	Aluminio	65 g	1
2	Espaciador	PTEE - PM0003	PLA	5 g	1
3	Asiento para rodamiento - 2	PTEE - PM0004	PLA	20 g	1
4	Asiento para rodamiento - 1	PTEE - PM0001	PLA	40 g	1
5	Soporte para rodamiento	PTEE - PM0002	PLA	15 g	1
6	Guarda para motor de rotación - 2	PTEE - PM0019	PLA	70 g	1
7	6002RS	-	-	30 g	2
8	TORN CAB RED M3x30	-	A307	1 g	6
9	TORN CAB RED M3x10	-	A307	1 g	7
10	TORN CAB RED M3x5	-	A307	1 g	12
11	TUER HEX M3	-	A307	1 g	25

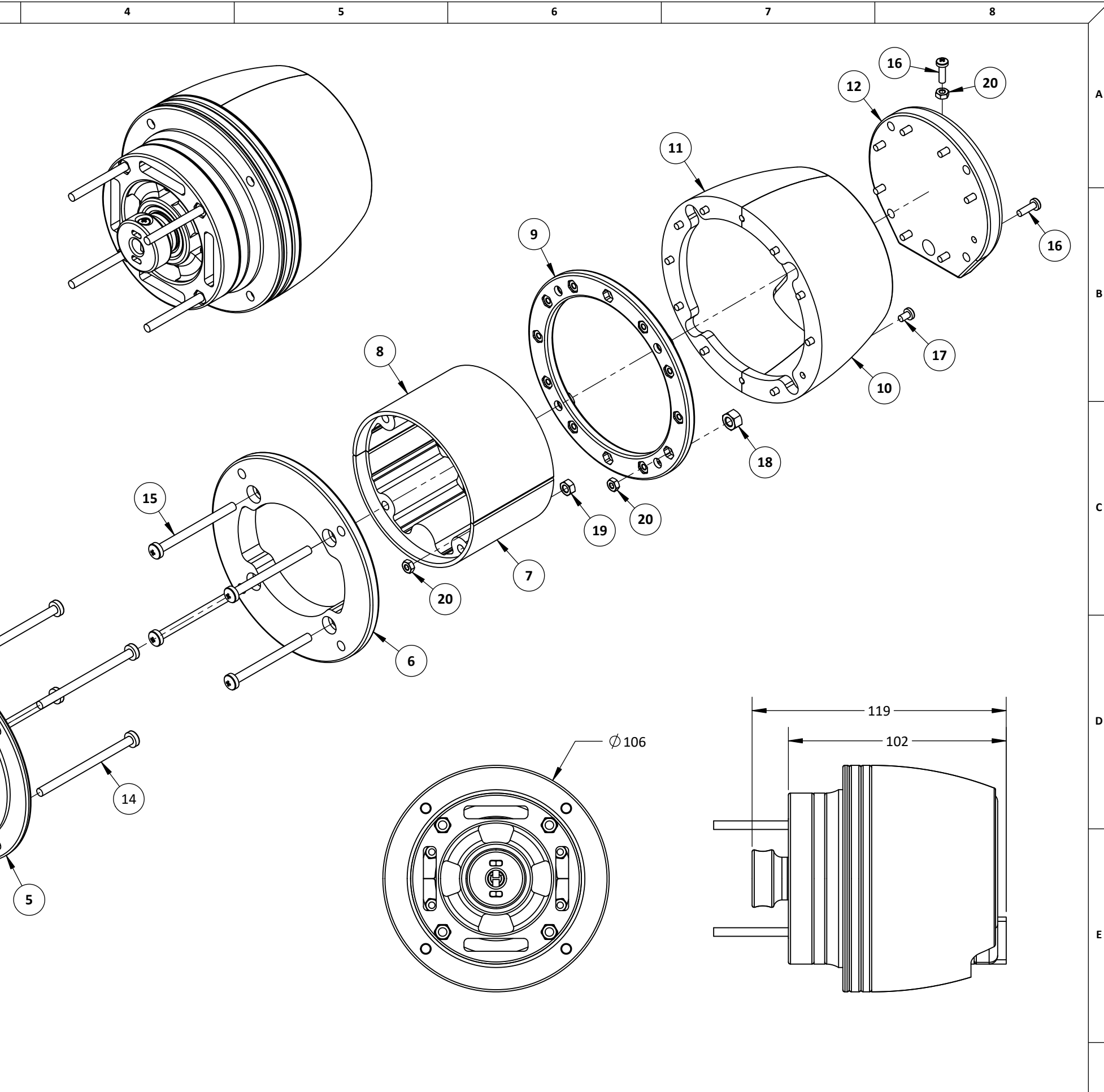


**NOTA:**

- Acabado con lija fina
- Dimensiones entre corchetes en pulgadas

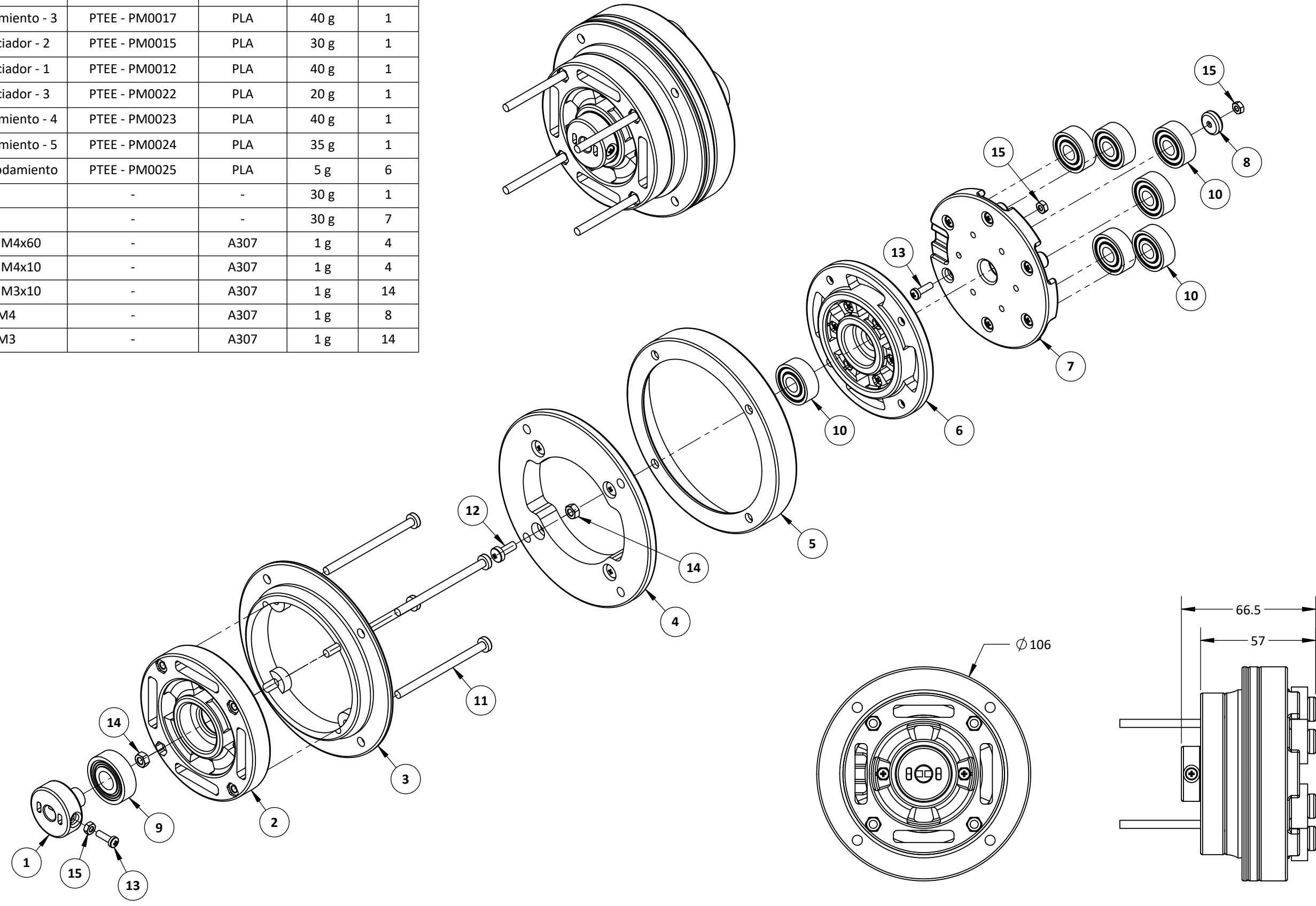
	<b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA</b>		<b>NOMBRE</b>		<b>FECHA</b>		<b>CÓDIGO DIBUJO</b>		<b>ACABADO</b>		<b>PROTOTIPO DE TURBINA EÓLICA HORIZONTAL A ESCALA</b>	
	Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales		Manuel Eduardo Huaco Zanabria		Agosto 2021		PTEE - EM0001		Rebarbar y romper las aristas vivas		PESO 295 g	
	Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica		Vultures Labs		Setiembre 2021		<b>PLANO</b>		PLA / Aluminio / Acero A307		REVISIÓN 1.0	
	Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica		Manuel Eduardo Huaco Zanabria		Setiembre 2021		<b>Poste soporte</b>		DIMENSIONES mm NORMA ANSIY 14.5 - 2009		HOJA 1 de 1 A3	
<b>CONFIDENCIAL:</b> Este plano y la información que contiene, son propiedad privada. Su uso y reproducción sin autorización, están prohibidos		<b>ESCALA</b>		1 : 2		No escale el dibujo						

ITEM	DESCRIPCIÓN	PLANO	MATERIAL	PESO U.	CANT.
1	Motor paso a paso - 17HS4401	17HS4401 - ESP	-	280 g	1
2	Soporte para tubo motriz - 1	PTEE - PM0032	PLA	10 g	1
3	Asiento para rodamiento - 3	PTEE - PM0017	PLA	40 g	1
4	Soporte de motor	PTEE - PM0016	PLA	25 g	1
5	Soporte de espaciador - 2	PTEE - PM0015	PLA	30 g	1
6	Soporte de espaciador - 1	PTEE - PM0012	PLA	40 g	1
7	Guarda de motor - 2	PTEE - PM0010	PLA	45 g	1
8	Guarda de motor - 1	PTEE - PM0009	PLA	40 g	1
9	Espaciador para guarda de motor	PTEE - PM0011	PLA	20 g	1
10	Guarda para arreglo de cola - 1	PTEE - PM0013	PLA	30 g	1
11	Guarda para arreglo de cola - 2	PTEE - PM0014	PLA	30 g	1
12	Soporte de espaciador - 1	PTEE - PM0008	PLA	40 g	1
13	6000RS	-	-	30 g	1
14	TORN CAB RED M4x60	-	A307	1 g	4
15	TORN CAB RED M4x50	-	A307	1 g	4
16	TORN CAB RED M3x10	-	A307	1 g	10
17	TORN CAB RED M3x5	-	A307	1 g	14
18	TUER HEX M5	-	A307	1 g	4
19	TUER HEX M4	-	A307	1 g	8
20	TUER HEX M3	-	A307	1 g	24



	<b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA</b> Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica	<b>NOMBRE</b> Manuel Eduardo Huaco Zanabria	<b>FECHA</b> Agosto 2021	<b>CÓDIGO DIBUJO</b> PTEE - EM0002	<b>ACABADO</b> Rebarbar y romper las aristas vivas	<b>PROTOTIPO DE TURBINA EÓLICA HORIZONTAL A ESCALA</b>		<b>NOTA:</b> • Acabado con lija fina • Dimensiones entre corchetes en pulgadas
	<b>DISEÑADO</b>	<b>MATERIAL</b> PLA / Acero A307	<b>PLANO</b> <b>Generador</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>PESO</b> 728 g	<b>REVISIÓN</b> 1.0		<b>HOJA</b> 1 de 1   A3
	<b>DIBUJADO</b>	<b>DIMENSIONES</b> mm   <b>NORMA</b> ANSII 14.5 - 2009	<b>CONFIDENCIAL:</b> Este plano y la información que contiene, son propiedad privada. Su uso y reproducción sin autorización, están prohibidos	<b>ESCALA</b> 1 : 2   No escale el dibujo	<b>REVISIÓN</b> 1.0			
	<b>REVISADO</b>	<b>ESCALA</b> 1 : 2   No escale el dibujo	<b>CONFIDENCIAL:</b> Este plano y la información que contiene, son propiedad privada. Su uso y reproducción sin autorización, están prohibidos	<b>ESCALA</b> 1 : 2   No escale el dibujo	<b>REVISIÓN</b> 1.0			

ITEM	DESCRIPCIÓN	PLANO	MATERIAL	PESO U.	CANT.
1	Soporte para tubo motriz - 2	PTEE - PM0033	PLA	10 g	1
2	Asiento para rodamiento - 3	PTEE - PM0017	PLA	40 g	1
3	Soporte de espaciador - 2	PTEE - PM0015	PLA	30 g	1
4	Soporte de espaciador - 1	PTEE - PM0012	PLA	40 g	1
5	Soporte de espaciador - 3	PTEE - PM0022	PLA	20 g	1
6	Asiento para rodamiento - 4	PTEE - PM0023	PLA	40 g	1
7	Asiento para rodamiento - 5	PTEE - PM0024	PLA	35 g	1
8	Espaciador para rodamiento	PTEE - PM0025	PLA	5 g	6
9	6000RS	-	-	30 g	1
10	6082RS	-	-	30 g	7
11	TORN CAB RED M4x60	-	A307	1 g	4
12	TORN CAB RED M4x10	-	A307	1 g	4
13	TORN CAB RED M3x10	-	A307	1 g	14
14	TUER HEX M4	-	A307	1 g	8
15	TUER HEX M3	-	A307	1 g	14



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**  
 Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales  
 Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica

	NOMBRE	FECHA
DISEÑADO	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Agosto 2021
DIBUJADO	Vultures Labs	Setiembre 2021
REVISADO	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Setiembre 2021

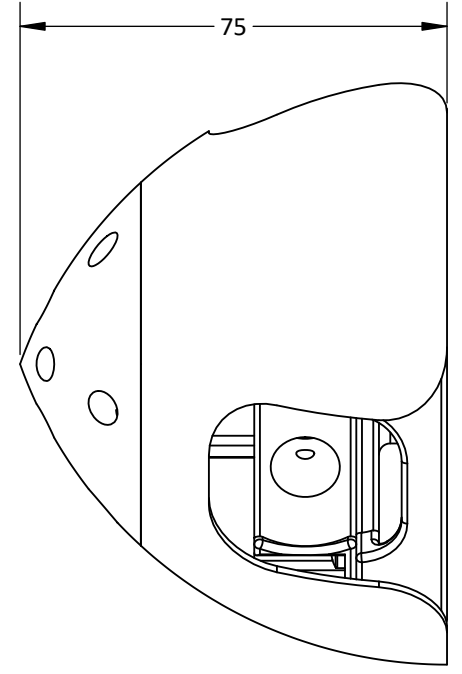
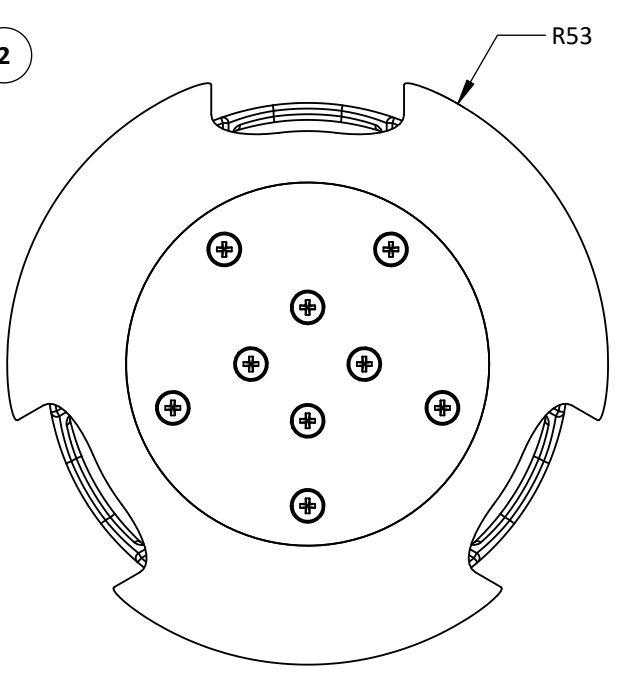
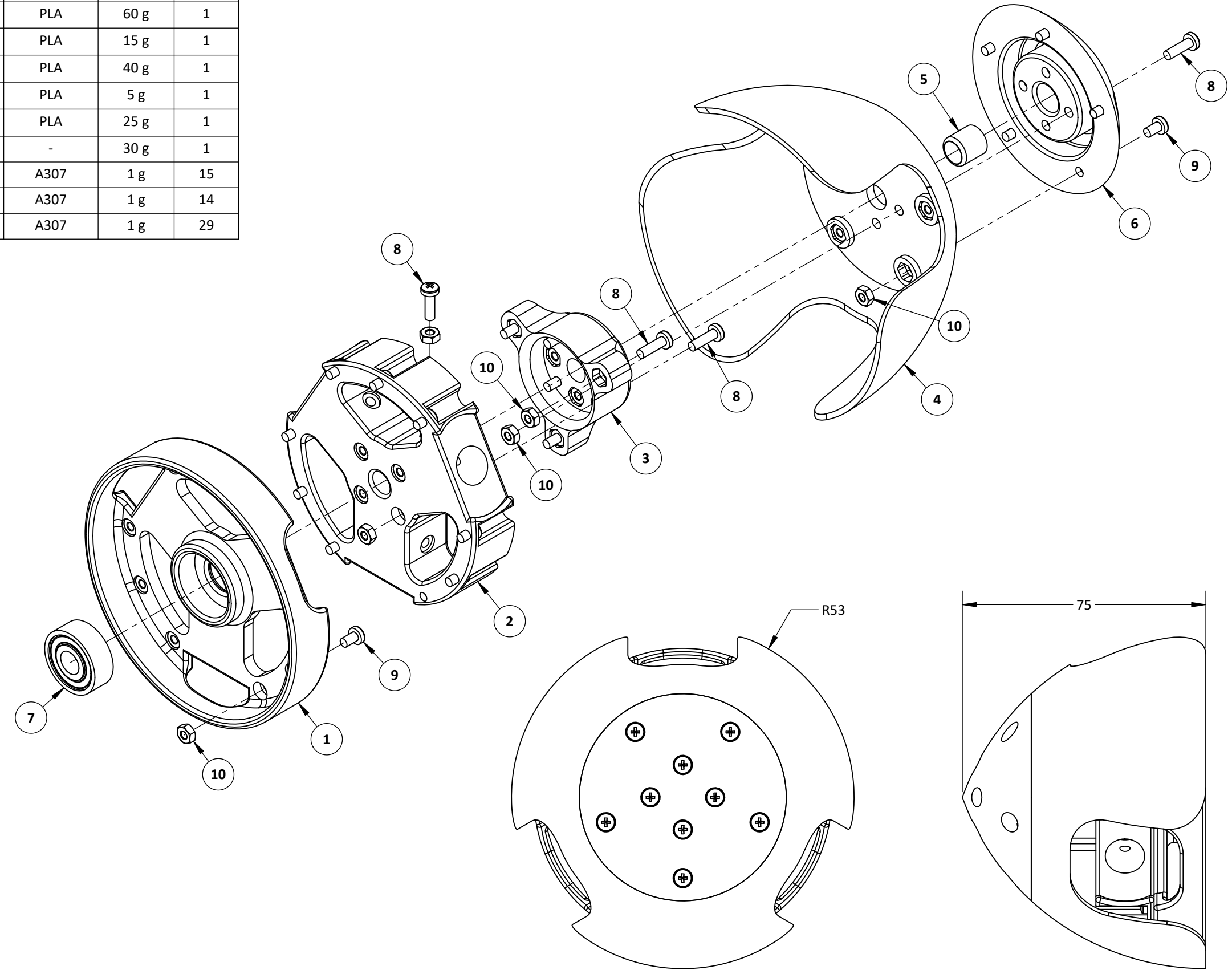
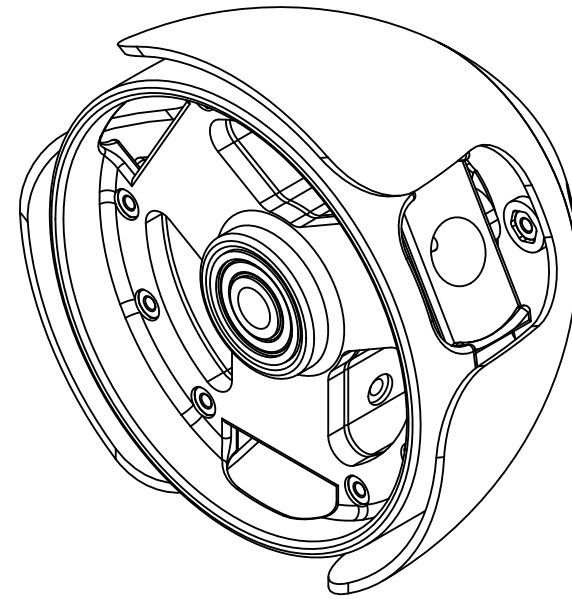
CÓDIGO DIBUJO: PTEE - EM0003  
**PLANO**  
**Soporte transmisor**  
 CONFIDENCIAL: Este plano y la información que contiene, son propiedad privada. Su uso y reproducción sin autorización, están prohibidos

ACABADO	Rebarbar y romper las aristas vivas		
MATERIAL	PLA / Acero A307		
DIMENSIONES	mm	NORMA	ANSI Y 14.5 - 2009
ESCALA	1 : 2	No escale el dibujo	

PROTOTIPO DE TURBINA EÓLICA HORIZONTAL A ESCALA		
PESO	529 g	
REVISIÓN	1.0	
HOJA	1 de 1	A3

**NOTA:**  
 • Acabado con lija fina  
 • Dimensiones entre corchetes en pulgadas

ITEM	DESCRIPCIÓN	PLANO	MATERIAL	PESO U.	CANT.
1	Guía para rodamientos	PTEE - PM0026	PLA	35 g	1
2	Soporte para hélice motriz - 1	PTEE - PM0027	PLA	60 g	1
3	Soporte para hélice motriz - 2	PTEE - PM0028	PLA	15 g	1
4	Guarda para hélice motriz - 1	PTEE - PM0029	PLA	40 g	1
5	Guarda para tubo	PTEE - PM0031	PLA	5 g	1
6	Guarda para hélice motriz - 2	PTEE - PM0030	PLA	25 g	1
7	6082RS	-	-	30 g	1
8	TORN CAB RED M3x10	-	A307	1 g	15
9	TORN CAB RED M3x5	-	A307	1 g	14
10	TUER HEX M3	-	A307	1 g	29



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA		NOMBRE	FECHA
Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales	DISEÑADO	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Agosto 2021
	DIBUJADO	Vultures Labs	Setiembre 2021
	REVISADO	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Setiembre 2021

CÓDIGO DIBUJO	PTEE - EM0004
PLANO	
Punta transmisora	
CONFIDENCIAL: Este plano y la información que contiene, son propiedad privada. Su uso y reproducción sin autorización, están prohibidos	

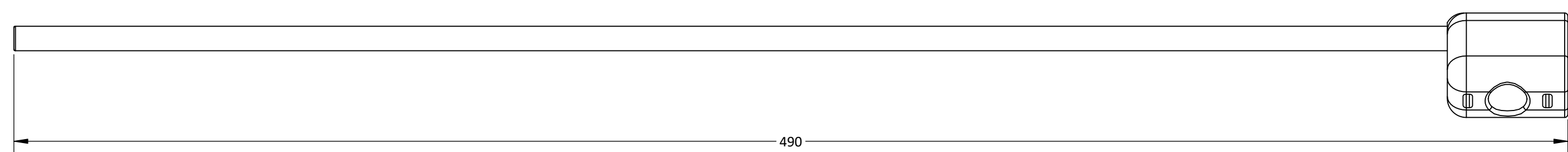
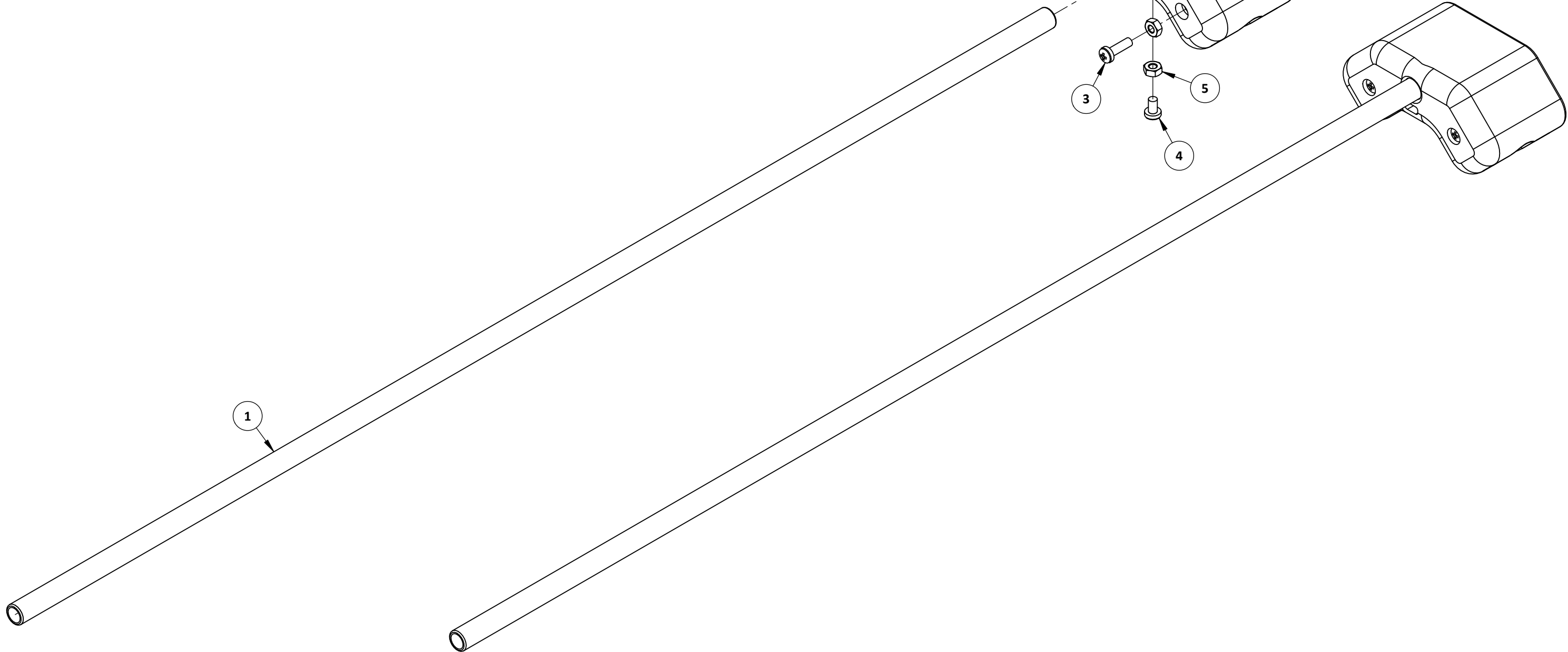
ACABADO	Rebarbar y romper las aristas vivas		
MATERIAL	PLA / Acero A307		
DIMENSIONES	mm	NORMA	ANSI Y 14.5 - 2009
ESCALA	3 : 4	No escale el dibujo	

PROTOTIPO DE TURBINA EÓLICA HORIZONTAL A ESCALA		
PESO	268 g	
REVISIÓN	1.0	
HOJA	1 de 1	A3

**NOTA:**

- Acabado con lija fina
- Dimensiones entre corchetes en pulgadas

ITEM	DESCRIPCIÓN	PLANO	MATERIAL	PESO U.	CANT.
1	Tubo redondo 5505 (8 x 1 mm) de 490 mm	-	Aluminio	35 g	1
2	Arreglo de cola tipo 1	PTEE - PM0005	PLA	55 g	1
3	TORN CAB RED M3x10	-	A307	1 g	4
4	TORN CAB RED M3x5	-	A307	1 g	2
5	TUER HEX M3	-	A307	1 g	6



	<b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA</b>		<b>NOMBRE</b>	<b>FECHA</b>	<b>CÓDIGO DIBUJO</b>	PTEE - EM0006
	Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales		Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Agosto 2021	<b>PLANO</b>	
	Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica		Vultures Labs	Setiembre 2021	<b>Arreglo de cola tipo 1</b>	
			Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Setiembre 2021	<b>CONFIDENCIAL:</b> Este plano y la información que contiene, son propiedad privada. Su uso y reproducción sin autorización, están prohibidos	

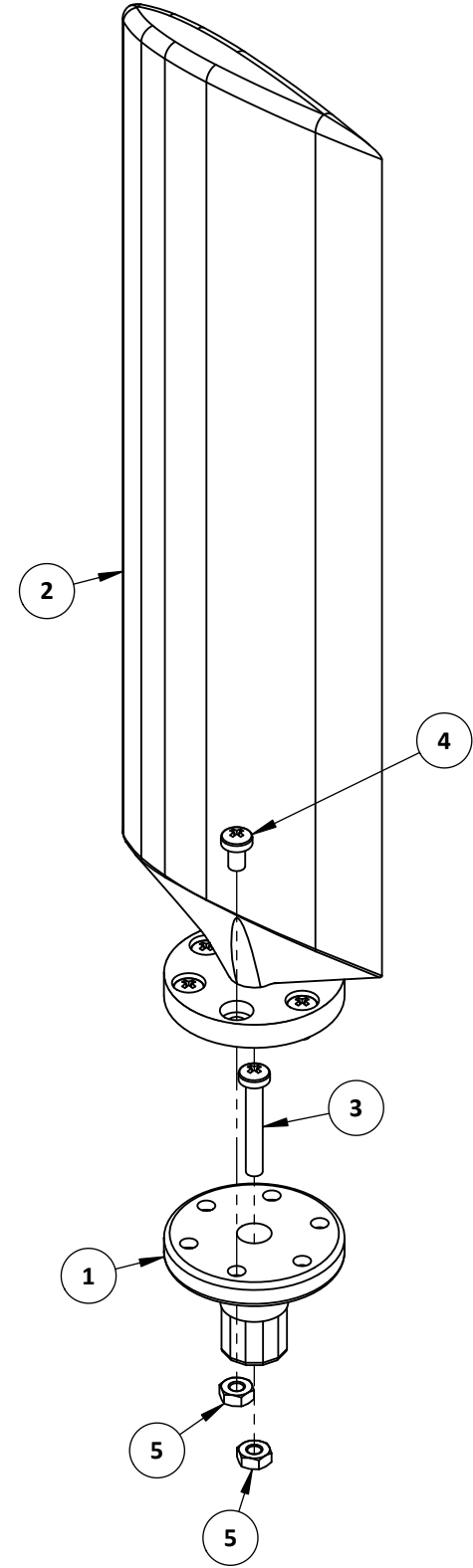
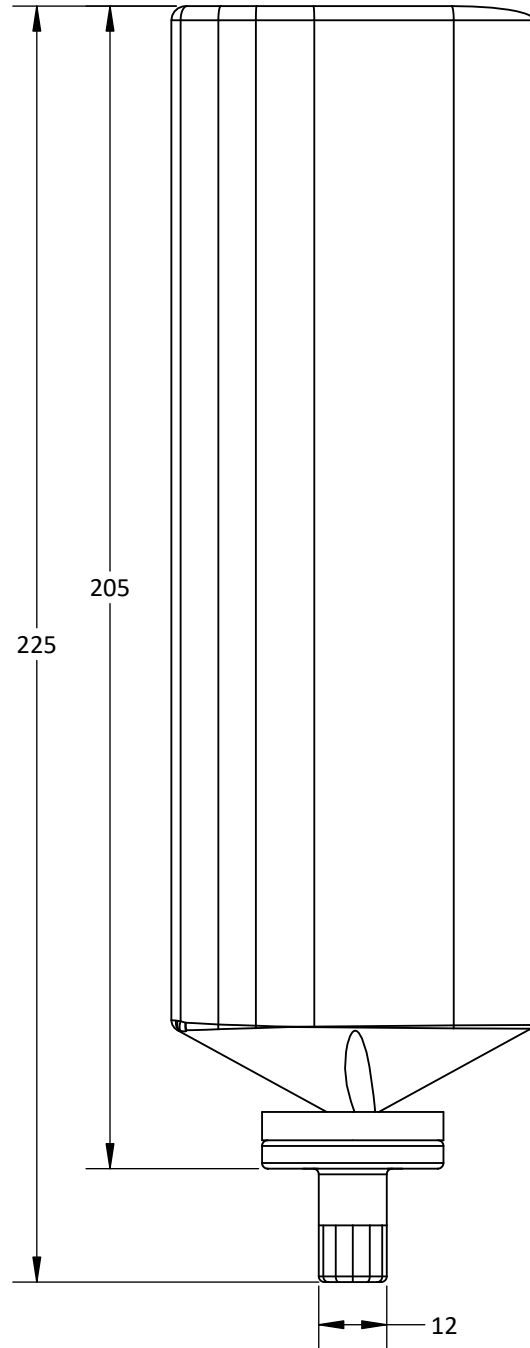
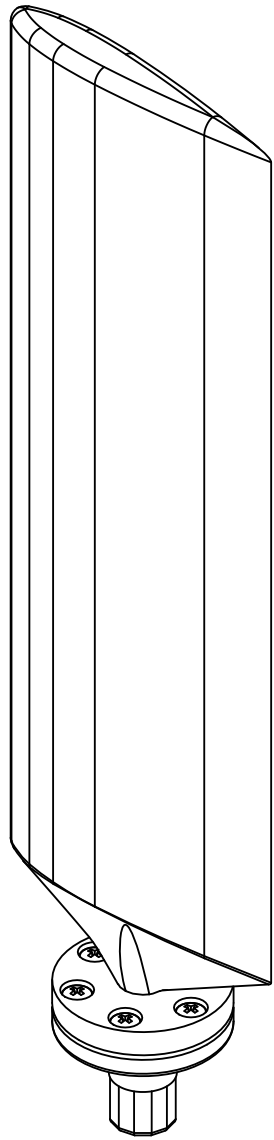
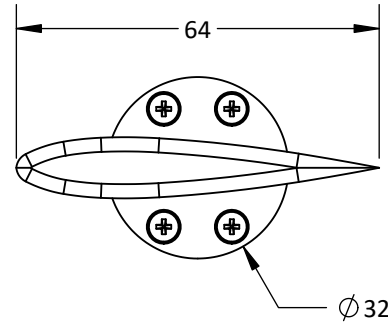
<b>ACABADO</b>	Rebarbar y romper las aristas vivas	
<b>MATERIAL</b>	PLA / Aluminio / Acero A307	
<b>DIMENSIONES</b>	mm	<b>NORMA</b> ANSIY 14.5 - 2009
<b>ESCALA</b>	3 : 4	No escale el dibujo

<b>PROTOTIPO DE TURBINA EÓLICA HORIZONTAL A ESCALA</b>		
<b>PESO</b>	102 g	
<b>REVISIÓN</b>	1.0	
<b>HOJA</b>	1 de 1	A3

**NOTA:**

- Acabado con lija fina
- Dimensiones entre corchetes en pulgadas

ITEM	DESCRIPCIÓN	PLANO	MATERIAL	PESO U.	CANT.
1	Soporte de hélice	PTEE - PM0007	PLA	10 g	1
2	Perfil NACA 0015 - cola	PTEE - PM0034	PLA	90 g	1
3	TORN CAB RED M3x20	-	A307	1 g	1
4	TORN CAB RED M3x5	-	A307	1 g	6
5	TUER HEX M3	-	A307	1 g	7



	<b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA</b>		<b>NOMBRE</b>	<b>FECHA</b>
	Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales		Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Agosto 2021
	Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica		Vultures Labs	Setiembre 2021
			Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Setiembre 2021

<b>CÓDIGO DIBUJO</b>	PTEE - EM0008
<b>PLANO</b>	<b>Cola NACA 0015</b>
<b>CONFIDENCIAL:</b> Este plano y la información que contiene, son propiedad privada. Su uso y reproducción sin autorización, están prohibidos	

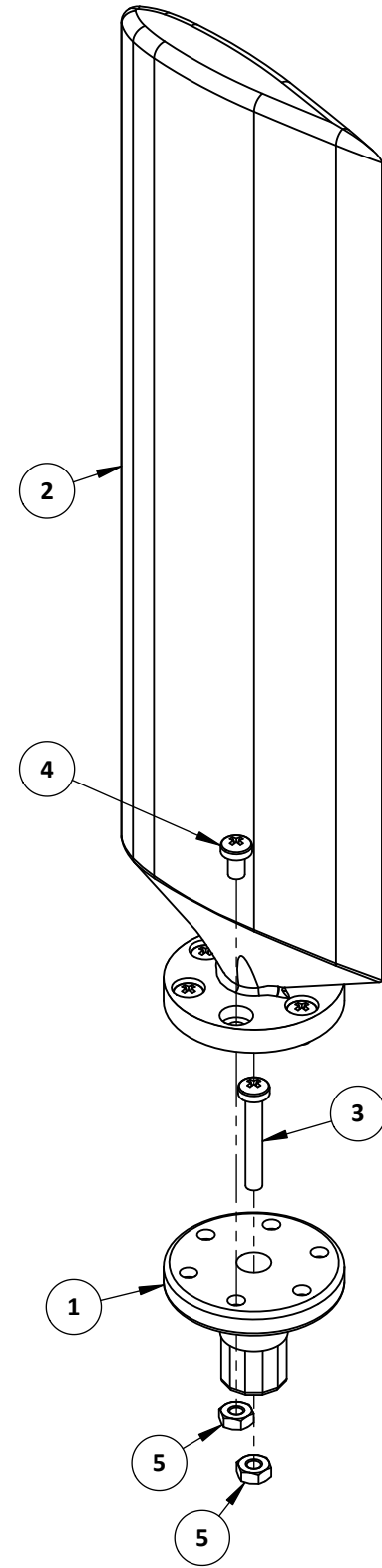
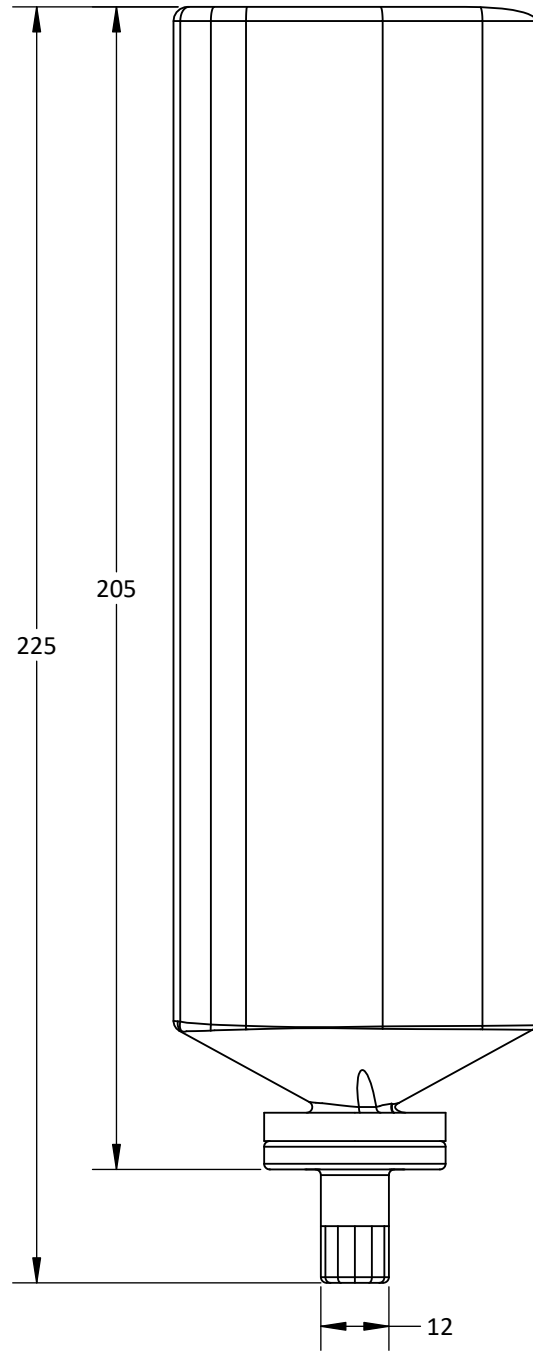
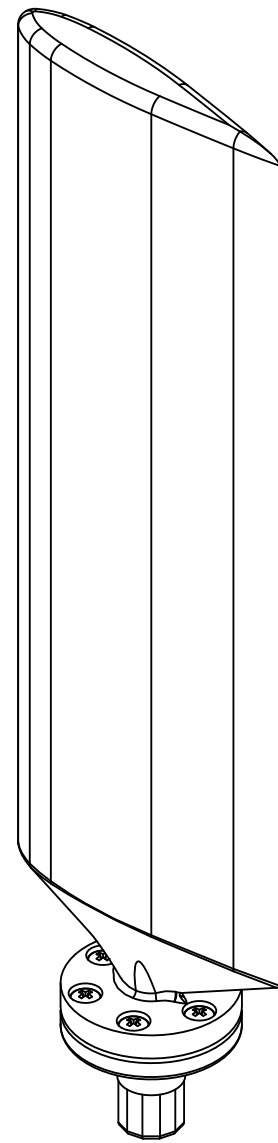
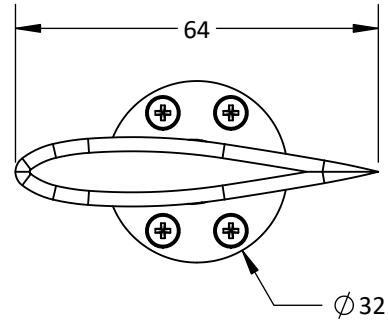
<b>ACABADO</b>	Rebarbar y romper las aristas vivas	
<b>MATERIAL</b>	PLA / Acero A307	
<b>DIMENSIONES</b>	mm	<b>NORMA</b> ANSIY 14.5 - 2009
<b>ESCALA</b>	3 : 4	No escale el dibujo

<b>PROTOTIPO DE TURBINA EÓLICA HORIZONTAL A ESCALA</b>	
<b>PESO</b>	114 g
<b>REVISIÓN</b>	1.0
<b>HOJA</b>	1 de 1 A3

**NOTA:**

- Acabado con lija fina
- Dimensiones entre corchetes en pulgadas

ITEM	DESCRIPCIÓN	PLANO	MATERIAL	PESO U.	CANT.
1	Soporte de hélice	PTEE - PM0007	PLA	10 g	1
2	Perfil NACA 0018 - cola	PTEE - PM0035	PLA	100 g	1
3	TORN CAB RED M3x20	-	A307	1 g	1
4	TORN CAB RED M3x5	-	A307	1 g	6
5	TUER HEX M3	-	A307	1 g	7



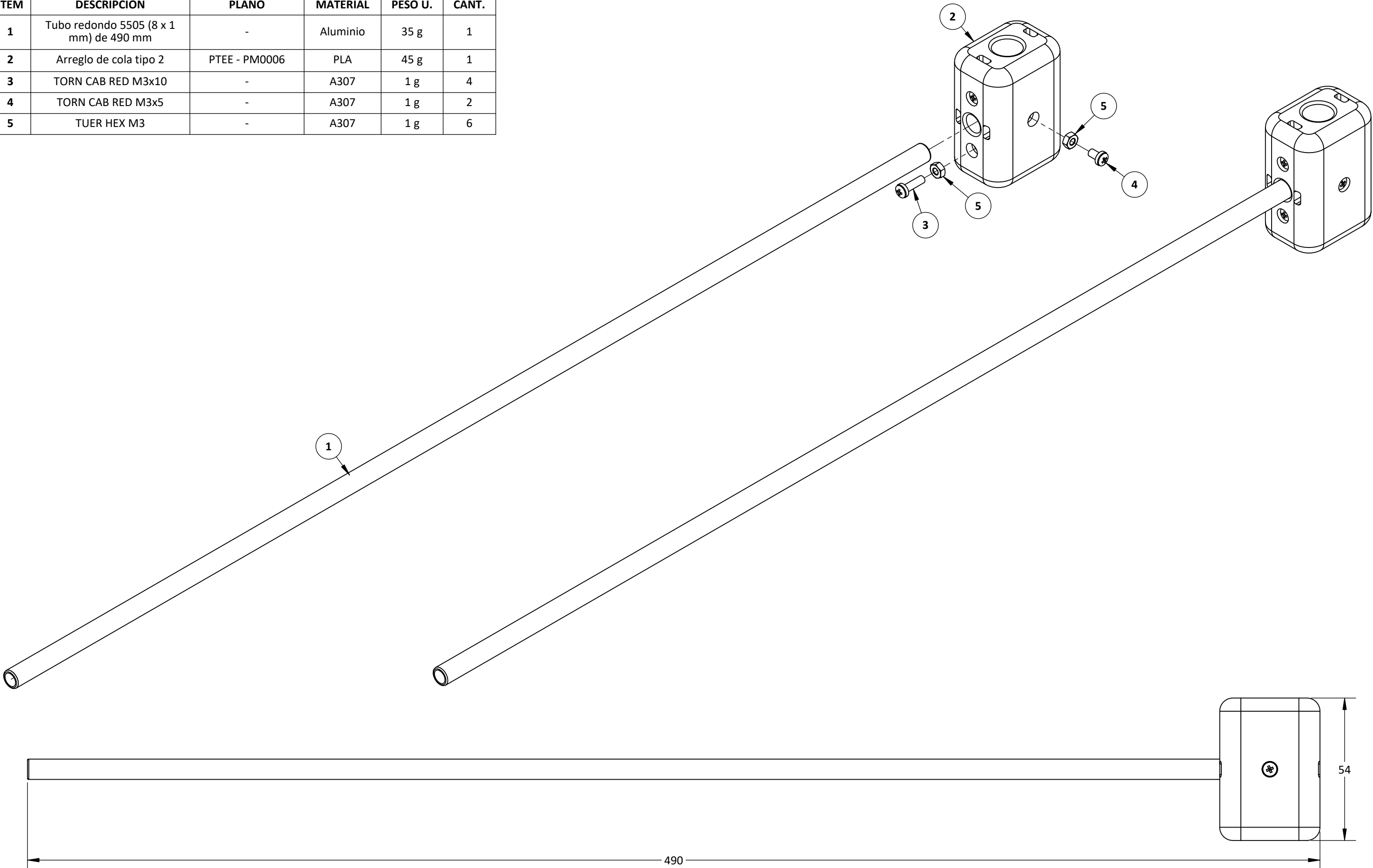
<b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA</b> Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica	<b>NOMBRE</b>		<b>FECHA</b>	<b>CÓDIGO DIBUJO</b>	PTEE - EM0009
	<b>DISEÑADO</b>	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Agosto 2021	<b>PLANO</b>	
	<b>DIBUJADO</b>	Vultures Labs	Setiembre 2021	<b>Cola NACA 0018</b>	
	<b>REVISADO</b>	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Setiembre 2021	<b>CONFIDENCIAL:</b> Este plano y la información que contiene, son propiedad privada. Su uso y reproducción sin autorización, están prohibidos	

<b>ACABADO</b>	Rebarbar y romper las aristas vivas			<b>PROTOTIPO DE TURBINA EÓLICA HORIZONTAL A ESCALA</b>	
<b>MATERIAL</b>	PLA / Acero A307			<b>PESO</b>	124 g
<b>DIMENSIONES</b>	mm	<b>NORMA</b>	ANSI Y 14.5 - 2009	<b>REVISIÓN</b>	1.0
<b>ESCALA</b>	3 : 4	No escale el dibujo		<b>HOJA</b>	1 de 1 A3

**NOTA:**

- Acabado con lija fina
- Dimensiones entre corchetes en pulgadas

ITEM	DESCRIPCIÓN	PLANO	MATERIAL	PESO U.	CANT.
1	Tubo redondo 5505 (8 x 1 mm) de 490 mm	-	Aluminio	35 g	1
2	Arreglo de cola tipo 2	PTEE - PM0006	PLA	45 g	1
3	TORN CAB RED M3x10	-	A307	1 g	4
4	TORN CAB RED M3x5	-	A307	1 g	2
5	TUER HEX M3	-	A307	1 g	6



	<b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA</b>		<b>NOMBRE</b>	<b>FECHA</b>	<b>CÓDIGO DIBUJO</b>	PTEE - EM0007
	Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales		Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Agosto 2021	<b>PLANO</b>	
	Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica		Vultures Labs	Setiembre 2021	<b>Arreglo de cola tipo 2</b>	
			Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Setiembre 2021	<b>CONFIDENCIAL:</b> Este plano y la información que contiene, son propiedad privada. Su uso y reproducción sin autorización, están prohibidos	

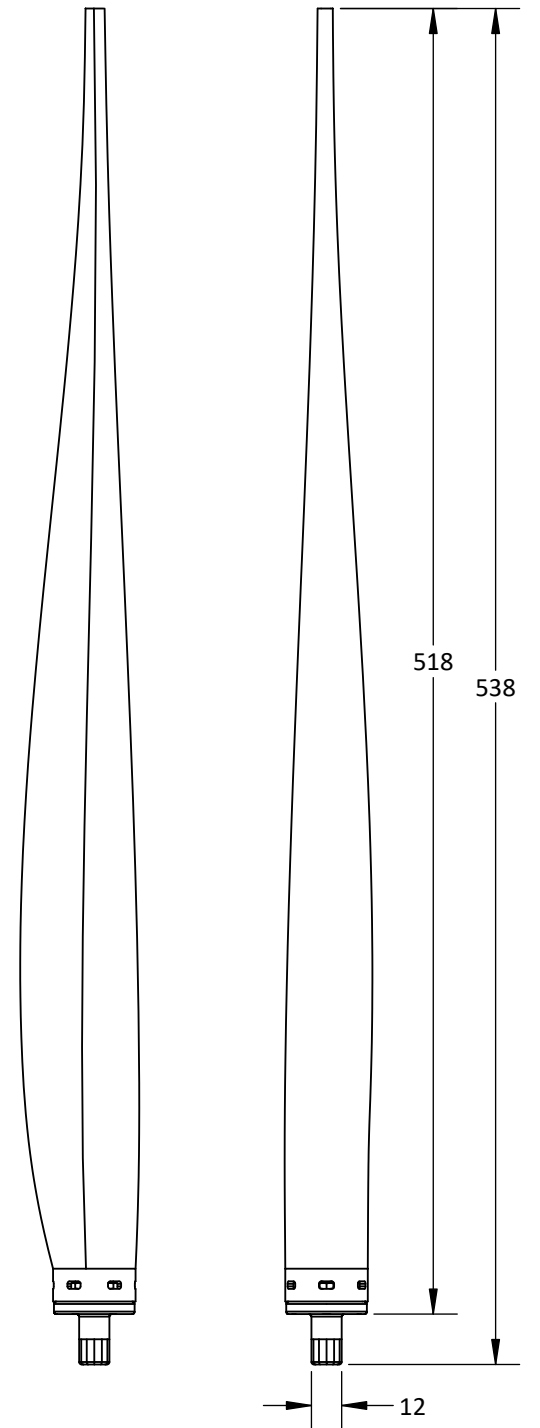
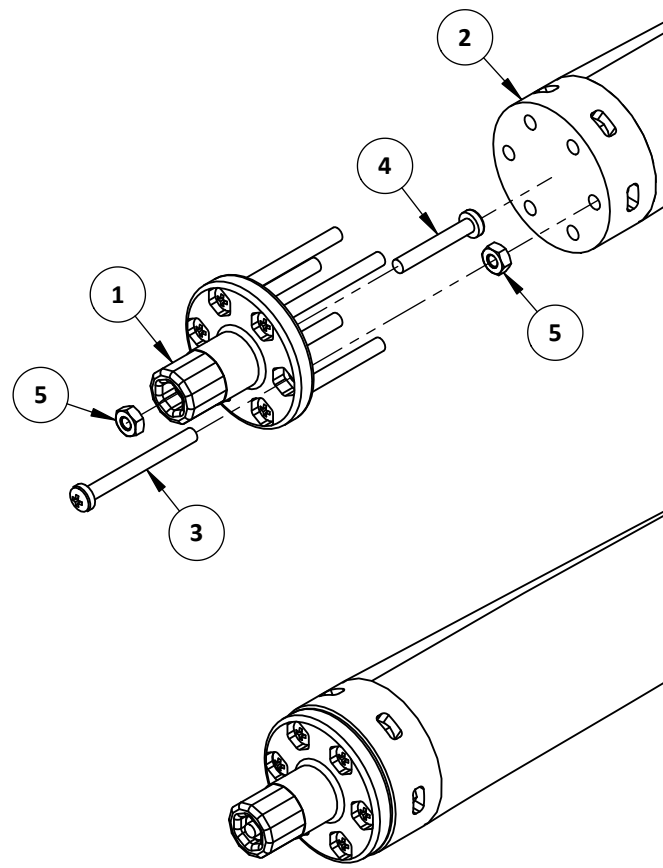
<b>ACABADO</b>	Rebarbar y romper las aristas vivas	
<b>MATERIAL</b>	PLA / Aluminio / Acero A307	
<b>DIMENSIONES</b>	mm	<b>NORMA</b> ANSIY 14.5 - 2009
<b>ESCALA</b>	3 : 4	No escale el dibujo

<b>PROTOTIPO DE TURBINA EÓLICA HORIZONTAL A ESCALA</b>		
<b>PESO</b>	92 g	
<b>REVISIÓN</b>	1.0	
<b>HOJA</b>	1 de 1	A3

**NOTA:**

- Acabado con lija fina
- Dimensiones entre corchetes en pulgadas

ITEM	DESCRIPCIÓN	PLANO	MATERIAL	PESO U.	CANT.
1	Soporte de hélice	PTEE - PM0007	PLA	10 g	1
2	Perfil NACA 0015 - hélice	PTEE - PM0036	PLA	155 g	1
3	TORN CAB RED M3x30	-	A307	1 g	6
4	TORN CAB RED M3x20	-	A307	1 g	1
5	TUER HEX M3	-	A307	1 g	7



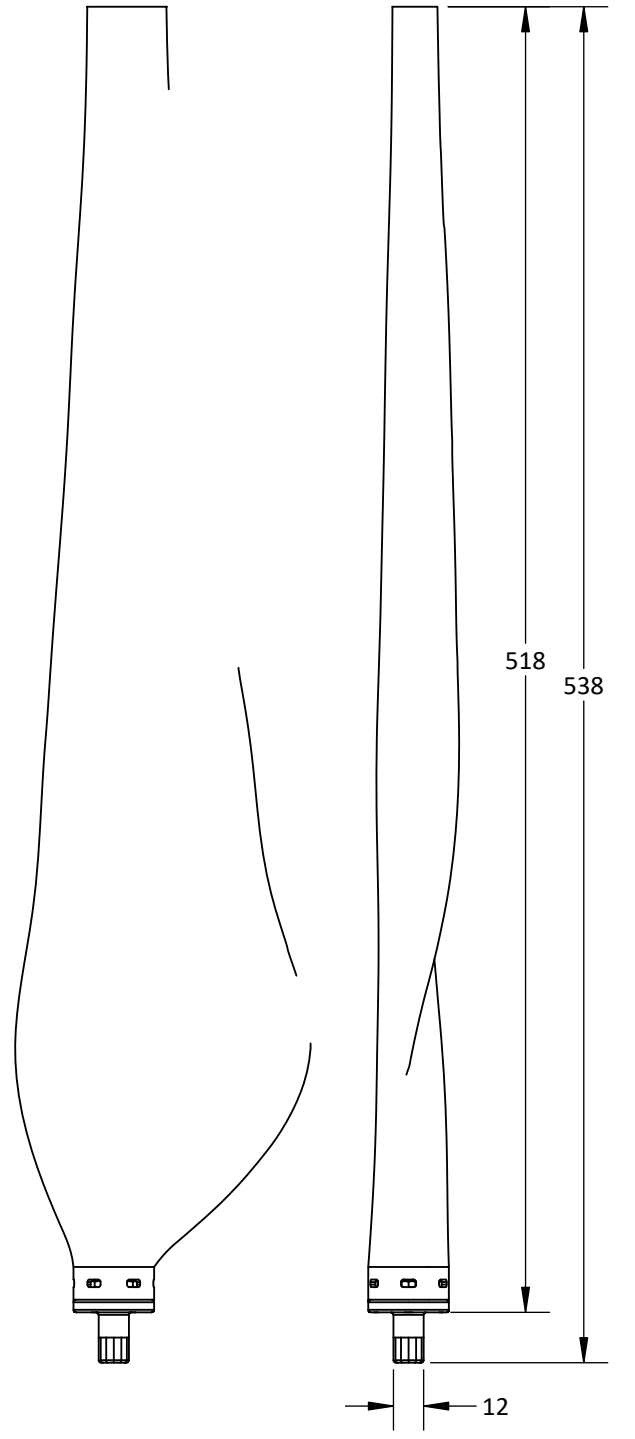
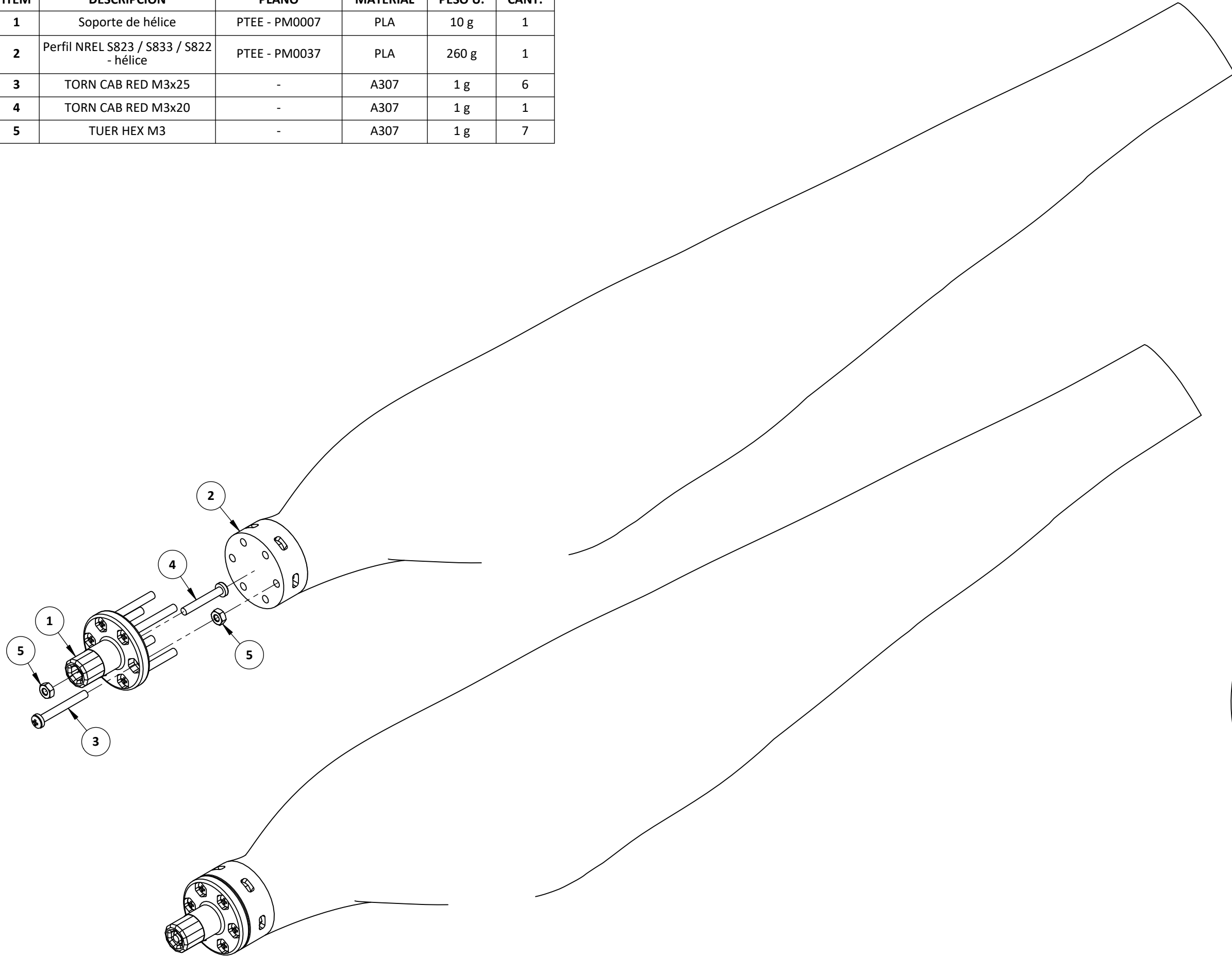
Escala 1 : 3

	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA		NOMBRE	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	FECHA	Agosto 2021
	Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales		DISEÑADO	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	FECHA	Agosto 2021
	Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica		DIBUJADO	Vultures Labs	FECHA	Setiembre 2021
			REVISADO	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	FECHA	Setiembre 2021

CÓDIGO DIBUJO	PTEE - EM0010		ACABADO	Rebarbar y romper las aristas vivas		PROTOTIPO DE TURBINA EÓLICA HORIZONTAL A ESCALA		
PLANO			MATERIAL	PLA / Acero A307		PESO	179 g	
Hélice NACA 0015			DIMENSIONES	mm	NORMA	ANSI Y 14.5 - 2009	REVISIÓN	1.0
CONFIDENCIAL: Este plano y la información que contiene, son propiedad privada. Su uso y reproducción sin autorización, están prohibidos			ESCALA	2 : 3	No escale el dibujo		HOJA	1 de 1 A3

- NOTA:**
- Acabado con lija fina
  - Dimensiones entre corchetes en pulgadas

ITEM	DESCRIPCIÓN	PLANO	MATERIAL	PESO U.	CANT.
1	Soporte de hélice	PTEE - PM0007	PLA	10 g	1
2	Perfil NREL S823 / S833 / S822 - hélice	PTEE - PM0037	PLA	260 g	1
3	TORN CAB RED M3x25	-	A307	1 g	6
4	TORN CAB RED M3x20	-	A307	1 g	1
5	TUER HEX M3	-	A307	1 g	7



Escala 1 : 3

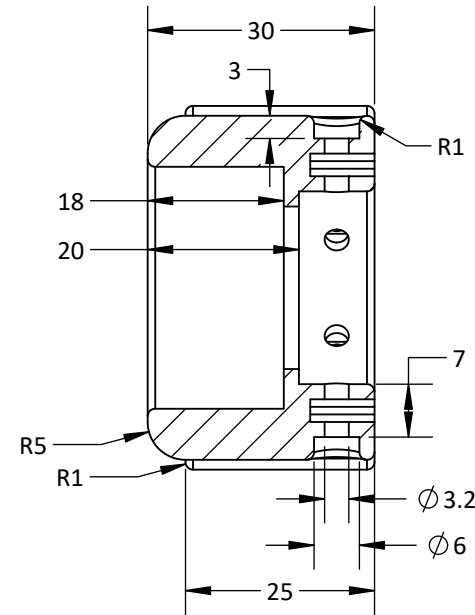
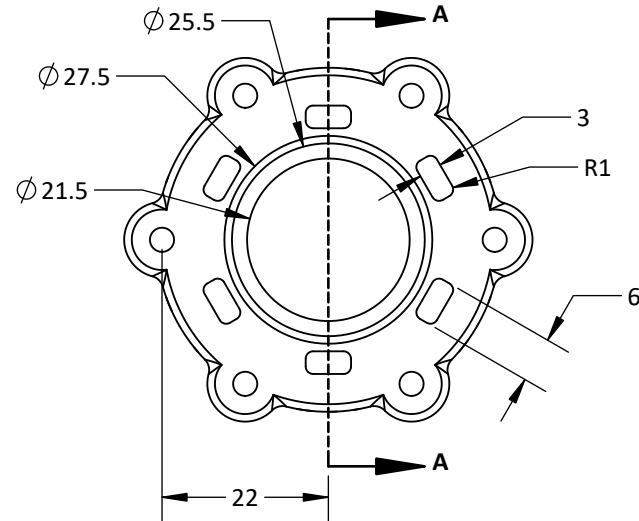
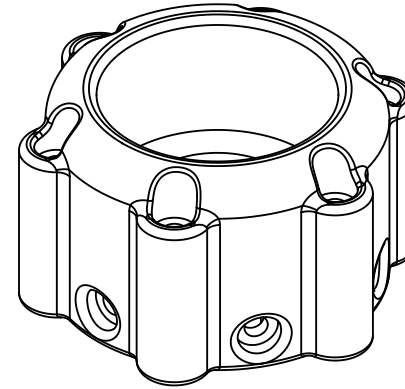
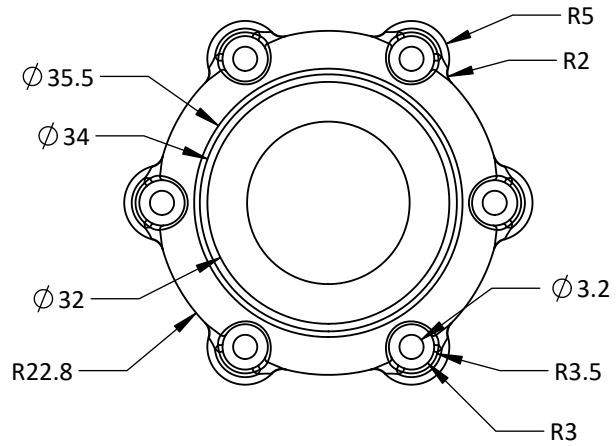
	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA		NOMBRE	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	FECHA	Agosto 2021
	Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales		DISEÑADO	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	FECHA	Agosto 2021
	Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica		DIBUJADO	Vultures Labs	FECHA	Setiembre 2021
			REVISADO	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	FECHA	Setiembre 2021

CÓDIGO DIBUJO	PTEE - EM0011		ACABADO	Rebarbar y romper las aristas vivas		PROTOTIPO DE TURBINA EÓLICA HORIZONTAL A ESCALA		
PLANO	Hélice NREL S823 / S833 / S822		MATERIAL	PLA / Acero A307		PESO	284 g	
CONFIDENCIAL: Este plano y la información que contiene, son propiedad privada. Su uso y reproducción sin autorización, están prohibidos			DIMENSIONES	mm	NORMA	ANSI Y 14.5 - 2009	REVISIÓN	1.0
ESCALA	2 : 3	No escale el dibujo		HOJA	1 de 1	A3		

**NOTA:**

- Acabado con lija fina
- Dimensiones entre corchetes en pulgadas

Vista superior auxiliar



Sección A-A

NOTA:

- Rebarbar y romper las aristas vivas
- Acabado con lija fina
- GP = Grosor de pared, DR = Densidad de relleno, R = Resolución
- Tiempo de impresión: 4 horas 50 minutos
- Dimensiones entre corchetes en pulgadas



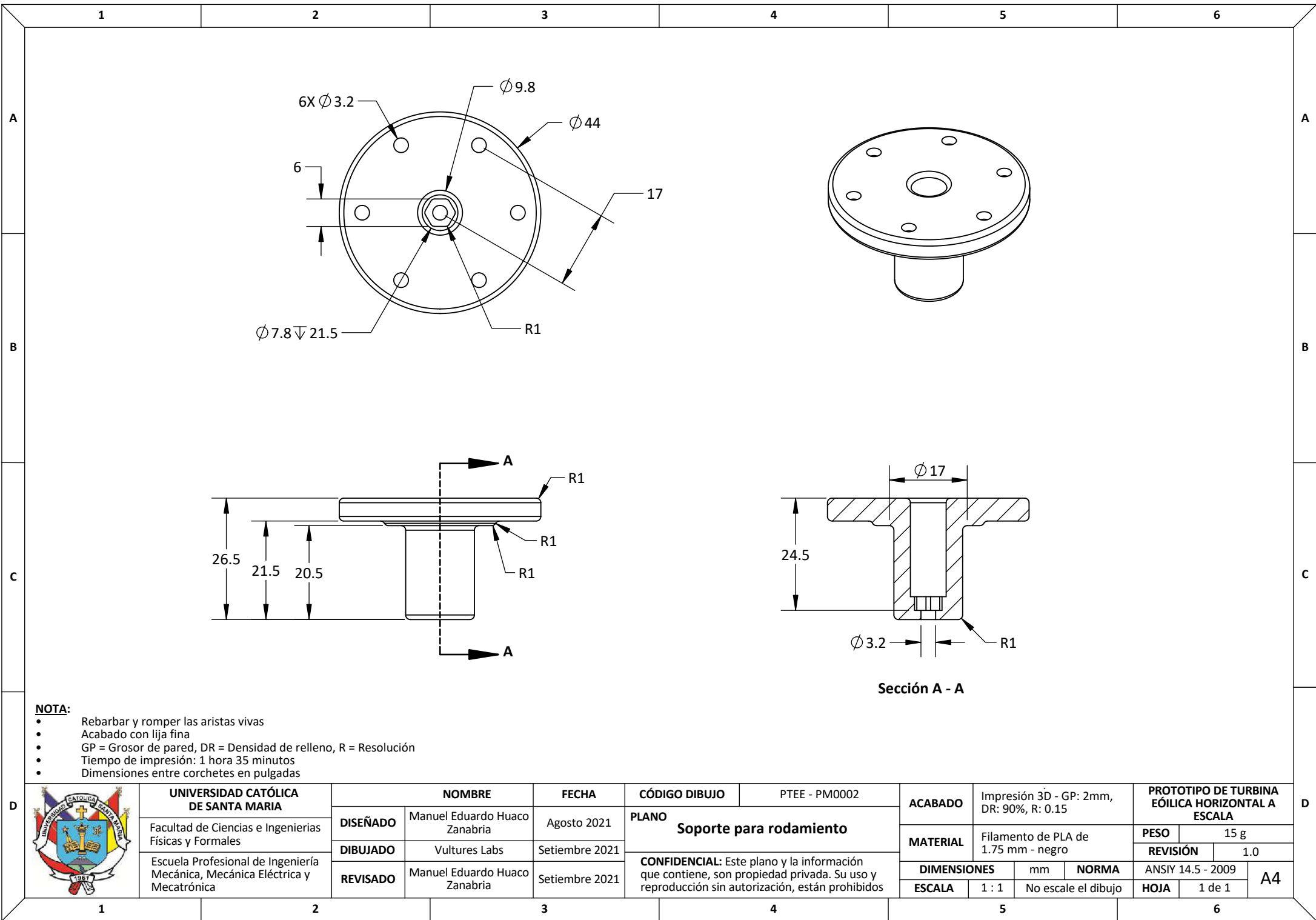
**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**  
 Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales  
 Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica

	NOMBRE	FECHA
DISEÑADO	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Agosto 2021
DIBUJADO	Vultures Labs	Setiembre 2021
REVISADO	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Setiembre 2021


CÓDIGO DIBUJO	PTEE - PM0001
PLANO <b>Asiento para rodamiento - 1</b>	
CONFIDENCIAL: Este plano y la información que contiene, son propiedad privada. Su uso y reproducción sin autorización, están prohibidos	

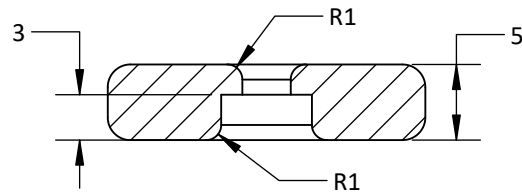
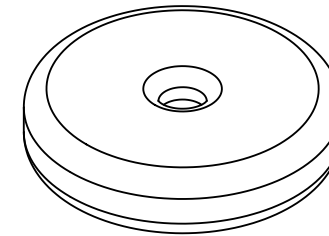
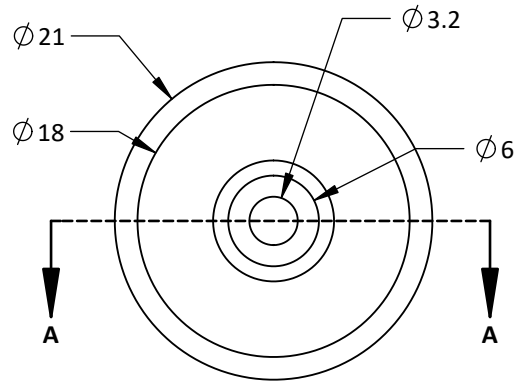
ACABADO	MATERIAL	DIMENSIONES	ESCALA
Impresión 3D - GP: 2mm, DR: 90%, R: 0.15	Filamento de PLA de 1.75 mm - negro	mm	1 : 1
		NORMA	No escale el dibujo

PROTOTIPO DE TURBINA EÓLICA HORIZONTAL A ESCALA	
PESO	40 g
REVISIÓN	1.0
ANSI Y 14.5 - 2009	A4
HOJA	1 de 1



- NOTA:**
- Rebarbar y romper las aristas vivas
  - Acabado con lija fina
  - GP = Grosor de pared, DR = Densidad de relleno, R = Resolución
  - Tiempo de impresión: 1 hora 35 minutos
  - Dimensiones entre corchetes en pulgadas


	<b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA</b>	<b>NOMBRE</b>		<b>FECHA</b>	<b>CÓDIGO DIBUJO</b>	PTEE - PM0002	<b>ACABADO</b>		Impresión 3D - GP: 2mm, DR: 90%, R: 0.15		<b>PROTOTIPO DE TURBINA EÓLICA HORIZONTAL A ESCALA</b>	
	Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales	<b>DISEÑADO</b>	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Agosto 2021	<b>PLANO</b> <b>Soporte para rodamiento</b>		<b>MATERIAL</b>		Filamento de PLA de 1.75 mm - negro		<b>PESO</b>	15 g
	Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica	<b>DIBUJADO</b>	Vultures Labs	Setiembre 2021			<b>CONFIDENCIAL:</b> Este plano y la información que contiene, son propiedad privada. Su uso y reproducción sin autorización, están prohibidos		<b>DIMENSIONES</b>		mm	<b>NORMA</b>
		<b>REVISADO</b>	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Setiembre 2021	<b>ESCALA</b>		1 : 1	No escale el dibujo		<b>HOJA</b>	1 de 1	

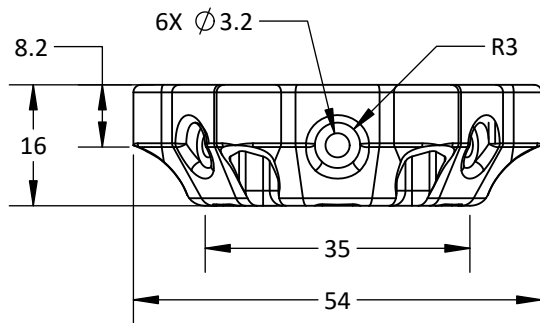


Sección A-A

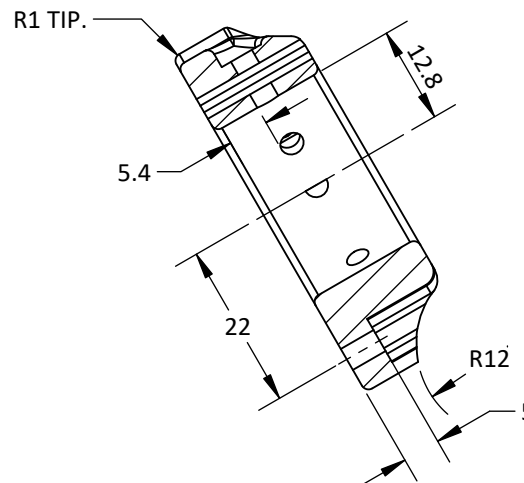
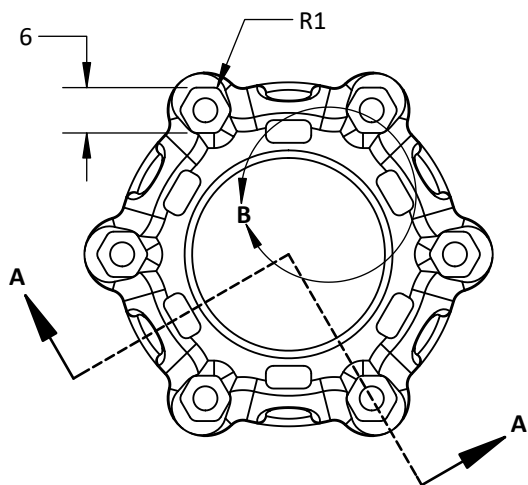
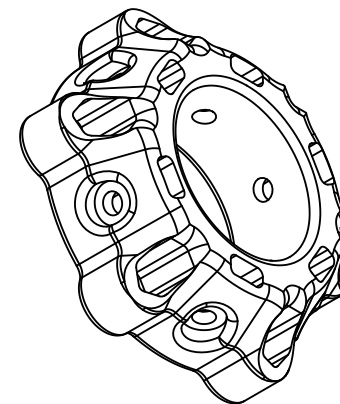
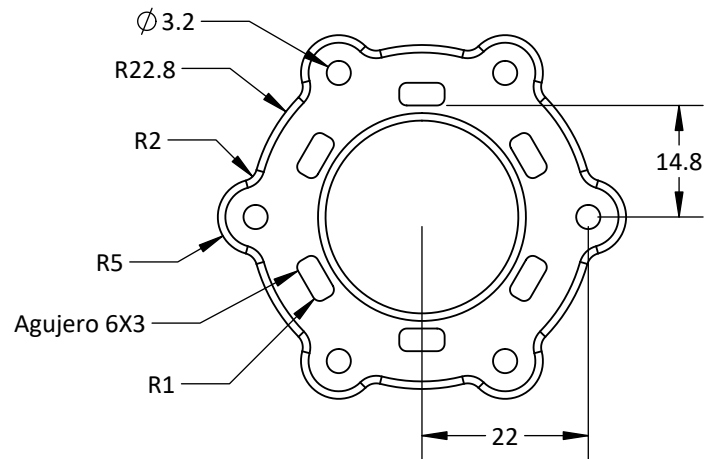
**NOTA:**

- Rebarbar y romper las aristas vivas
- Acabado con lija fina
- GP = Grosor de pared, DR = Densidad de relleno, R = Resolución
- Tiempo de impresión: 15 minutos
- Dimensiones entre corchetes en pulgadas

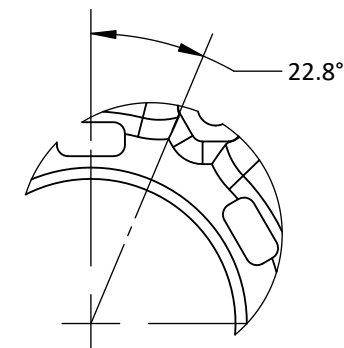
	<b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA</b> Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica	<b>NOMBRE</b>		<b>FECHA</b>	<b>CÓDIGO DIBUJO</b>	PTEE - PM0003		<b>ACABADO</b>	Impresión 3D - GP: 2mm, DR: 90%, R: 0.15	<b>PROTOTIPO DE TURBINA EÓLICA HORIZONTAL A ESCALA</b>			
		<b>DISEÑADO</b>	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Agosto 2021	<b>PLANO</b> <b>Espaciador</b>		<b>MATERIAL</b>	Filamento de PLA de 1.75 mm - negro	<b>PESO</b>	5 g	<b>REVISIÓN</b>		1.0
		<b>DIBUJADO</b>	Vultures Labs	Setiembre 2021				<b>CONFIDENCIAL:</b> Este plano y la información que contiene, son propiedad privada. Su uso y reproducción sin autorización, están prohibidos	<b>DIMENSIONES</b>	mm	<b>NORMA</b>	ANSIY 14.5 - 2009	<b>HOJA</b>
		<b>REVISADO</b>	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Setiembre 2021	<b>ESCALA</b>	2 : 1	No escale el dibujo		<b>HOJA</b>	1 de 1			



Vista inferior auxiliar



Sección A-A



Detalle B  
Escala 3 : 2

**NOTA:**

- Rebarbar y romper las aristas vivas
- Acabado con lija fina
- GP = Grosor de pared, DR = Densidad de relleno, R = Resolución
- Tiempo de impresión: 2 horas 35 minutos
- Dimensiones entre corchetes en pulgadas



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**  
Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales  
Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica

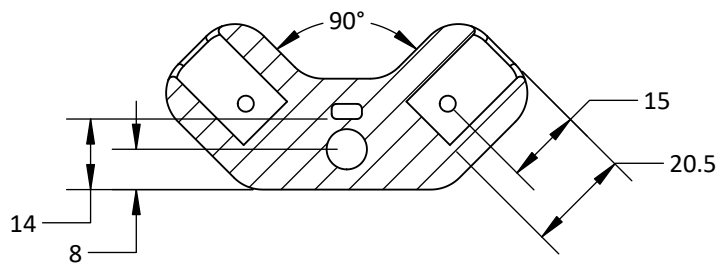
	NOMBRE	FECHA
DISEÑADO	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Agosto 2021
DIBUJADO	Vultures Labs	Setiembre 2021
REVISADO	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Setiembre 2021

CÓDIGO DIBUJO	PTEE - PM0004
PLANO <b>Asiento para rodamiento - 2</b>	
CONFIDENCIAL: Este plano y la información que contiene, son propiedad privada. Su uso y reproducción sin autorización, están prohibidos	

ACABADO	Impresión 3D - GP: 2mm, DR: 90%, R: 0.15
MATERIAL	Filamento de PLA de 1.75 mm - negro
DIMENSIONES	mm
ESCALA	1 : 1

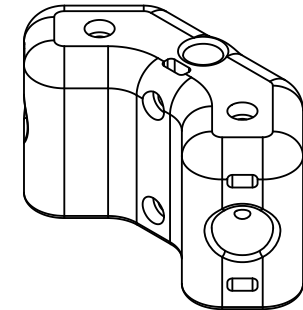
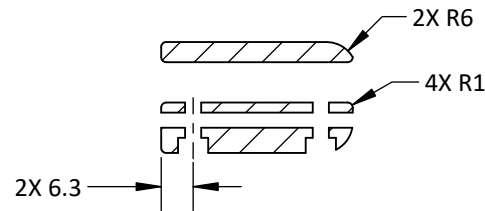
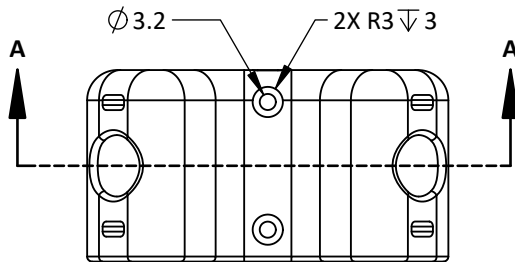
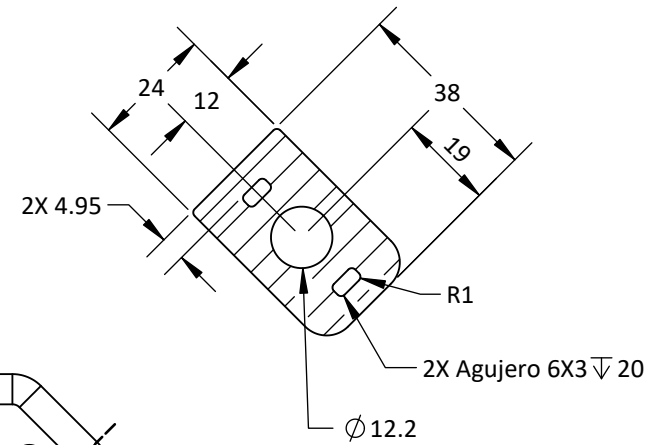
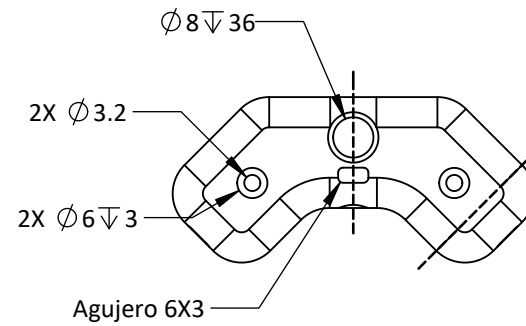
PROTOTIPO DE TURBINA EÓLICA HORIZONTAL A ESCALA	
PESO	20 g
REVISIÓN	1.0
ANSI Y 14.5 - 2009	
HOJA	1 de 1

A4




Sección A-A

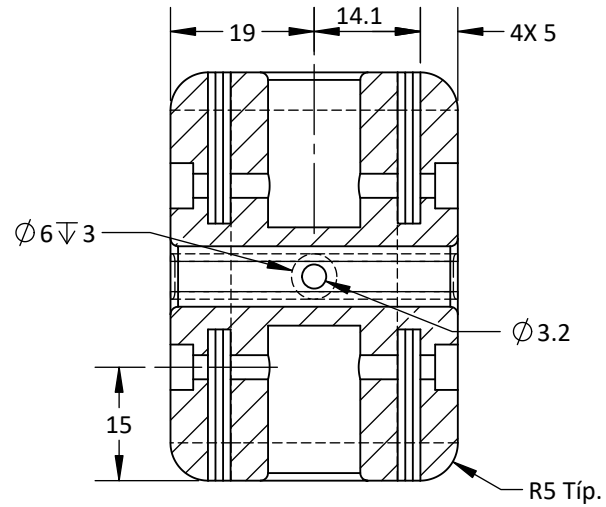
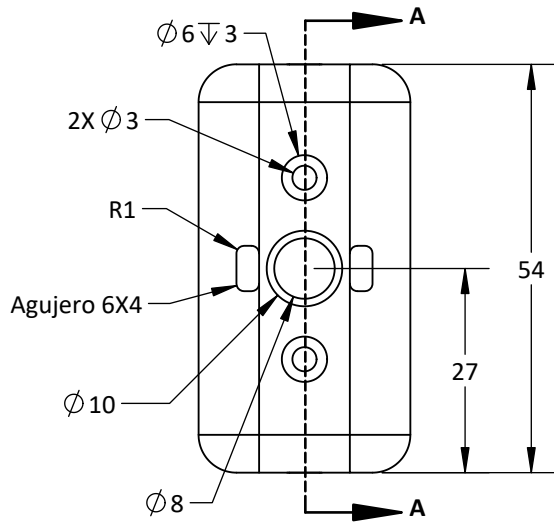
Vista superior auxiliar



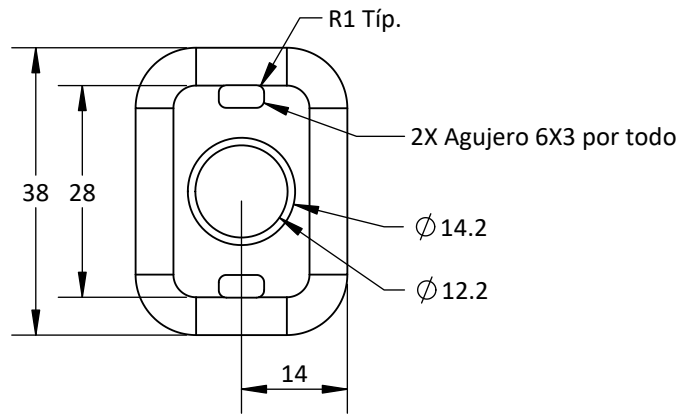
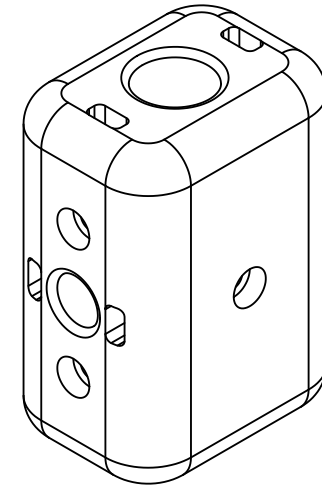
**NOTA:**

- Rebarbar y romper las aristas vivas
- Acabado con lija fina
- GP = Grosor de pared, DR = Densidad de relleno, R = Resolución
- Tiempo de impresión: 5 horas 12 minutos
- Dimensiones entre corchetes en pulgadas

	<b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA</b> Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica	<b>NOMBRE</b>		<b>FECHA</b>	<b>CÓDIGO DIBUJO</b>	PTEE - PM0005		<b>ACABADO</b>	Impresión 3D - GP: 2mm, DR: 90%, R: 0.15	<b>PROTOTIPO DE TURBINA EÓLICA HORIZONTAL A ESCALA</b>		
		<b>DISEÑADO</b>	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Agosto 2021	<b>PLANO</b> <b>Arreglo de cola tipo 1</b>		<b>MATERIAL</b>	Filamento de PLA de 1.75 mm - blanco	<b>PESO</b>	55 g		<b>A4</b>
		<b>DIBUJADO</b>	Vultures Labs	Setiembre 2021			<b>REVISIÓN</b>	1.0				
		<b>REVISADO</b>	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Setiembre 2021	<b>CONFIDENCIAL:</b> Este plano y la información que contiene, son propiedad privada. Su uso y reproducción sin autorización, están prohibidos		<b>DIMENSIONES</b>	mm	<b>NORMA</b>	ANSIY 14.5 - 2009		
				<b>ESCALA</b>			2 : 3	No escale el dibujo	<b>HOJA</b>	1 de 1		




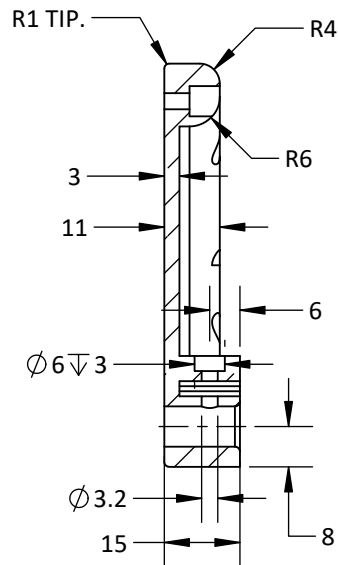
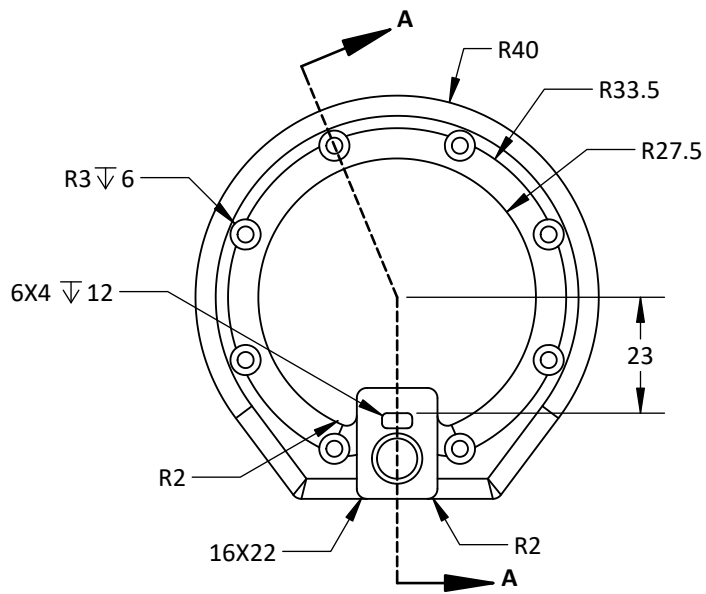
Sección A-A



**NOTA:**

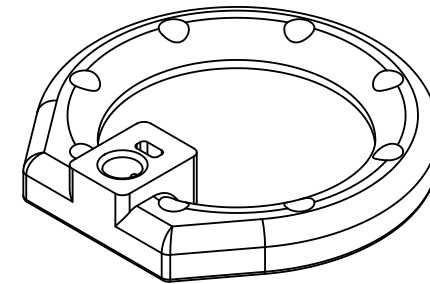
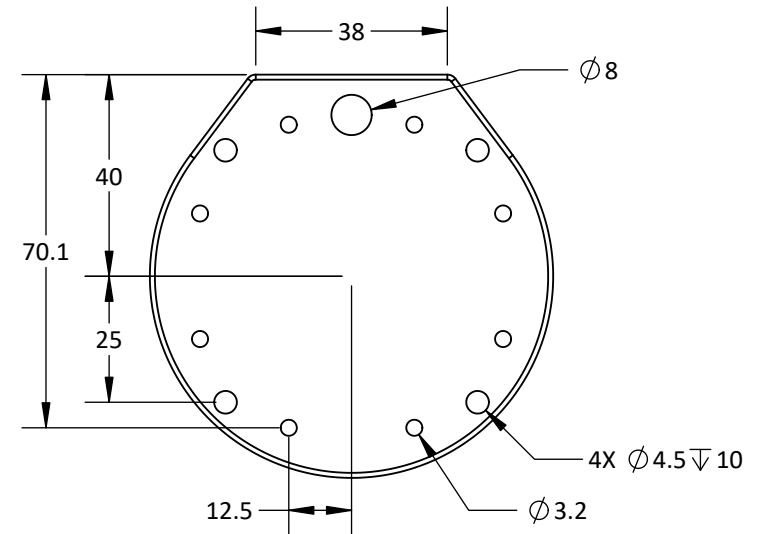
- Rebarbar y romper las aristas vivas
- Acabado con lija fina
- GP = Grosor de pared, DR = Densidad de relleno, R = Resolución
- Tiempo de impresión: 5 horas
- Dimensiones entre corchetes en pulgadas

	<b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA</b> Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica	<b>NOMBRE</b>		<b>FECHA</b>	<b>CÓDIGO DIBUJO</b>	PTEE - PM0006		<b>ACABADO</b>	Impresión 3D - GP: 2mm, DR: 90%, R: 0.15		<b>PROTOTIPO DE TURBINA EÓLICA HORIZONTAL A ESCALA</b>	
		<b>DISEÑADO</b>	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Agosto 2021	<b>PLANO</b> <b>Arreglo de cola tipo 2</b>		<b>MATERIAL</b>	Filamento de PLA de 1.75 mm - blanco		<b>PESO</b>	45 g	
		<b>DIBUJADO</b>	Vultures Labs	Setiembre 2021			<b>DIMENSIONES</b>	mm	<b>NORMA</b>	ANSIY 14.5 - 2009		
		<b>REVISADO</b>	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Setiembre 2021	<b>CONFIDENCIAL:</b> Este plano y la información que contiene, son propiedad privada. Su uso y reproducción sin autorización, están prohibidos		<b>ESCALA</b>	1 : 1	No escale el dibujo	<b>HOJA</b>	1 de 1	
											<b>A4</b>	




Sección A-A

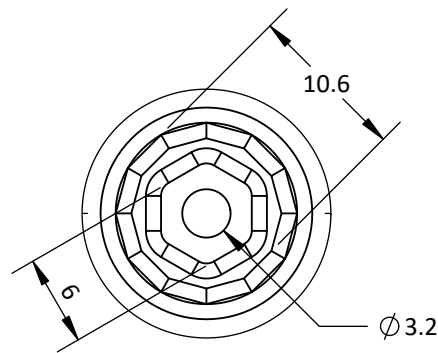
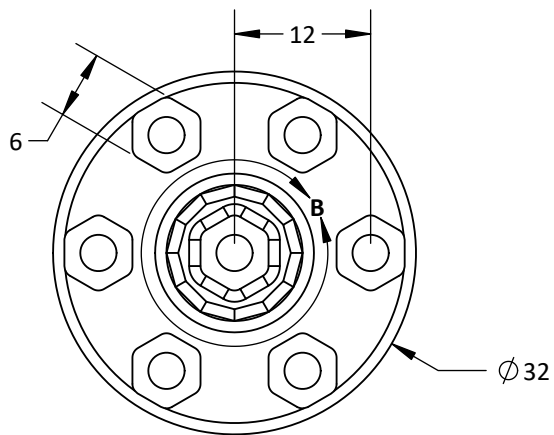
Vista posterior auxiliar



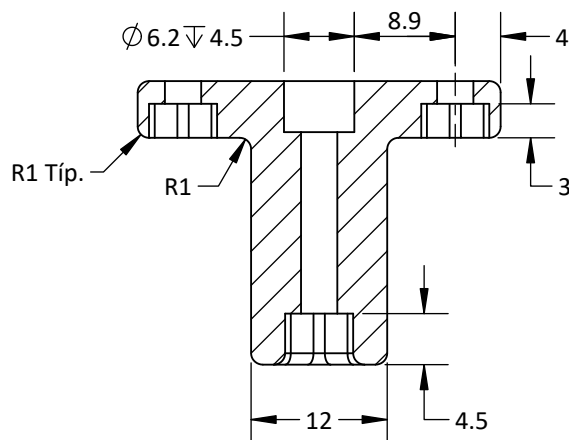
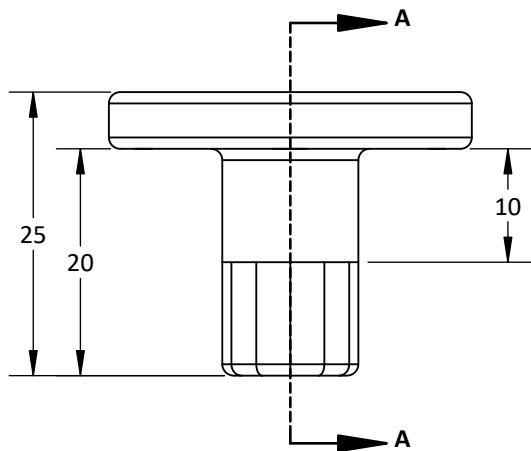
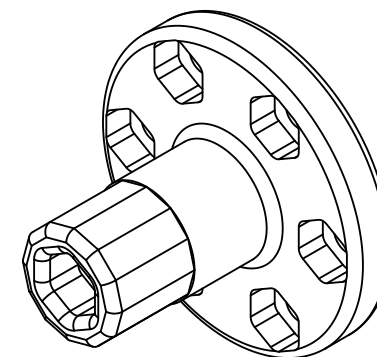
**NOTA:**

- Rebarbar y romper las aristas vivas
- Acabado con lija fina
- GP = Grosor de pared, DR = Densidad de relleno, R = Resolución
- Tiempo de impresión: 4 horas 10 minutos
- Dimensiones entre corchetes en pulgadas

	<b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA</b> Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica	<b>NOMBRE</b>		<b>FECHA</b>	<b>CÓDIGO DIBUJO</b>	PTEE - PM0008		<b>ACABADO</b>	Impresión 3D - GP: 2mm, DR: 90%, R: 0.15	<b>PROTOTIPO DE TURBINA EÓLICA HORIZONTAL A ESCALA</b>		
		<b>DISEÑADO</b>	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Agosto 2021	<b>PLANO</b> <b>Tapa para arreglo de cola</b>		<b>MATERIAL</b>	Filamento de PLA de 1.75 mm - blanco	<b>PESO</b>	40 g	<b>REVISIÓN</b>	1.0
		<b>DIBUJADO</b>	Vultures Labs	Setiembre 2021			<b>DIMENSIONES</b>	mm	<b>NORMA</b>	ANSIY 14.5 - 2009	<b>A4</b>	
		<b>REVISADO</b>	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Setiembre 2021	<b>CONFIDENCIAL:</b> Este plano y la información que contiene, son propiedad privada. Su uso y reproducción sin autorización, están prohibidos		<b>ESCALA</b>	2 : 3	No escale el dibujo	<b>HOJA</b>		1 de 1




Detalle B

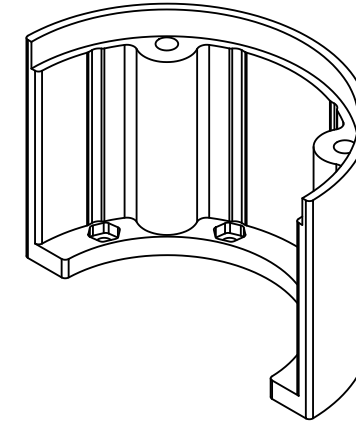
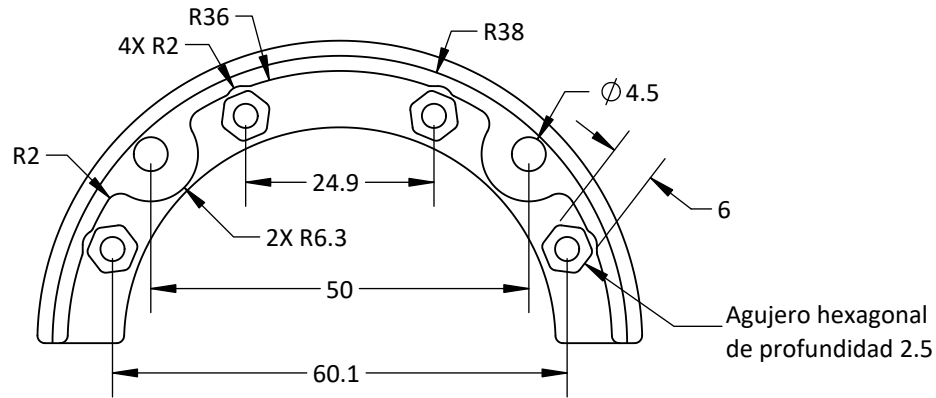


Sección A-A  
Escala 3 : 2

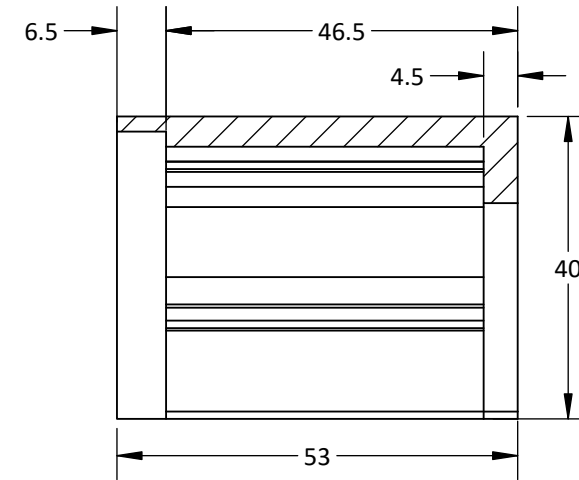
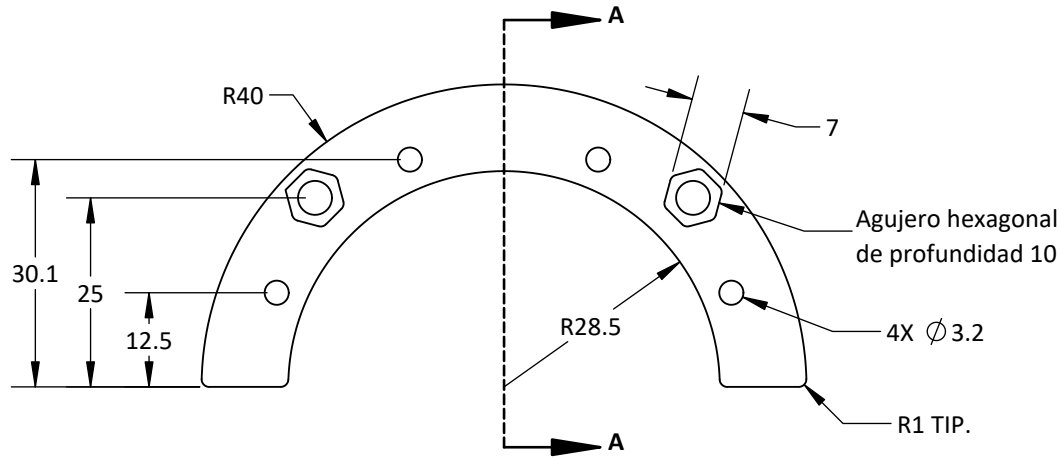
**NOTA:**

- Rebarbar y romper las aristas vivas
- Acabado con lija fina
- GP = Grosor de pared, DR = Densidad de relleno, R = Resolución
- Tiempo de impresión: 1 hora 10 minutos
- Dimensiones entre corchetes en pulgadas

	<b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA</b> Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica	<b>NOMBRE</b>		<b>FECHA</b>	<b>CÓDIGO DIBUJO</b>	PTEE - PM0007		<b>ACABADO</b>	Impresión 3D - GP: 2mm, DR: 90%, R: 0.15	<b>PROTOTIPO DE TURBINA EÓLICA HORIZONTAL A ESCALA</b>		
		<b>DISEÑADO</b>	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Agosto 2021	<b>PLANO</b>		<b>Soporte de hélice</b>		<b>MATERIAL</b>	Filamento de PLA de 1.75 mm - blanco	<b>PESO</b>	10 g
		<b>DIBUJADO</b>	Vultures Labs	Setiembre 2021	<b>CONFIDENCIAL:</b> Este plano y la información que contiene, son propiedad privada. Su uso y reproducción sin autorización, están prohibidos		<b>DIMENSIONES</b>	mm	<b>NORMA</b>	ANSIY 14.5 - 2009	<b>REVISIÓN</b>	1.0
		<b>REVISADO</b>	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Setiembre 2021	<b>ESCALA</b>	3 : 2	No escale el dibujo	<b>HOJA</b>	1 de 1	<b>A4</b>		




Escala 2 : 3

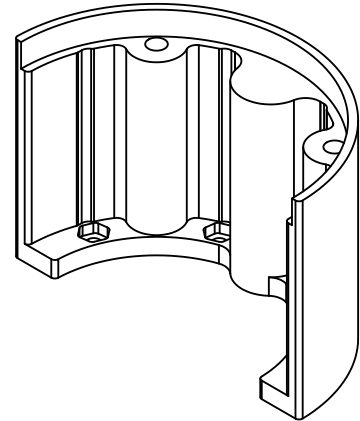
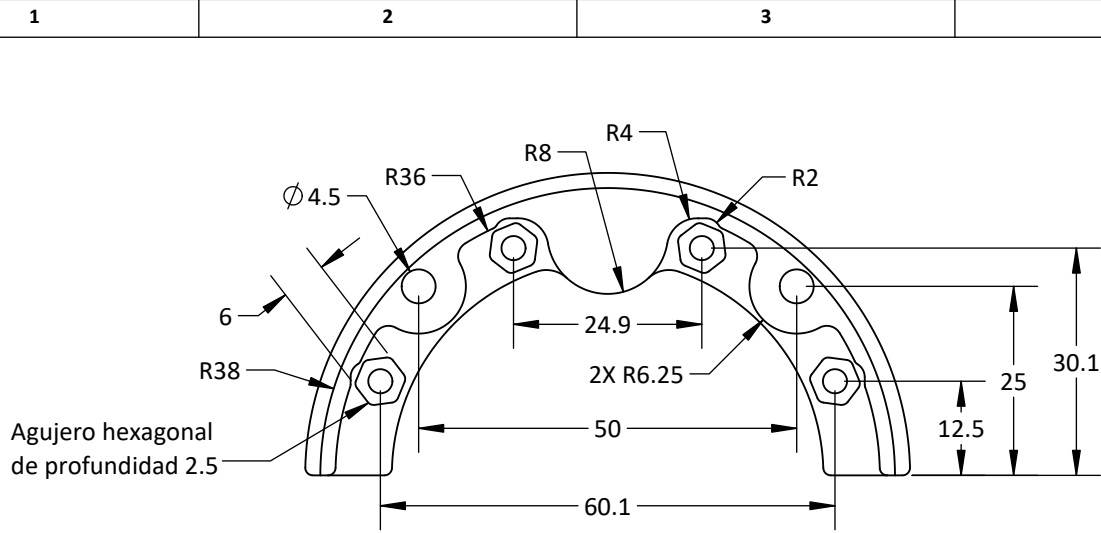


Sección A-A

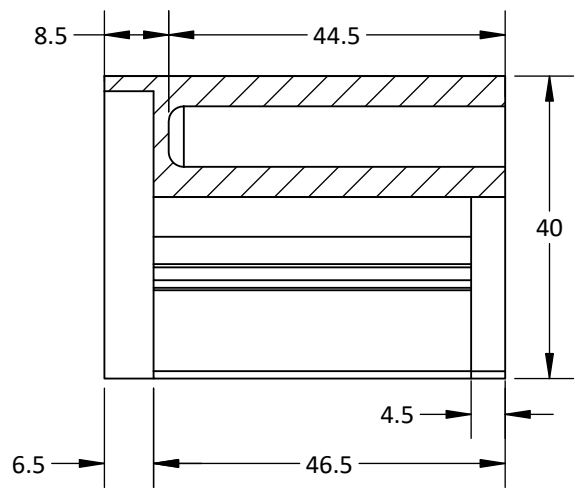
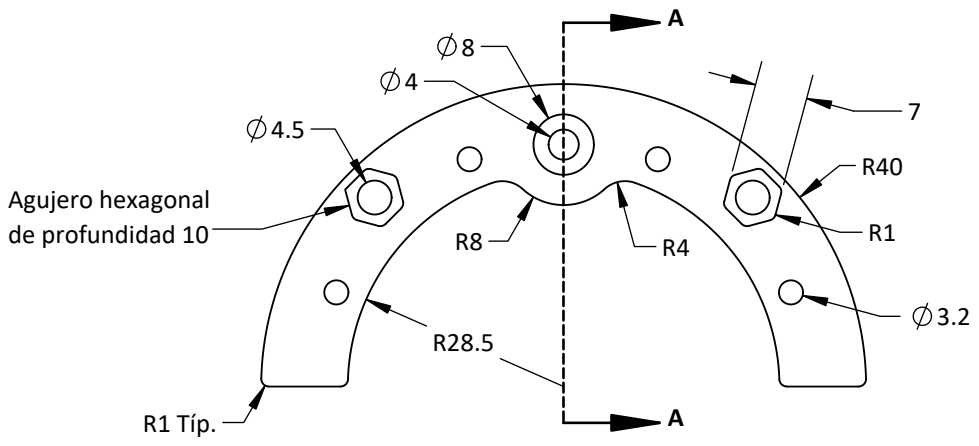
**NOTA:**

- Rebarbar y romper las aristas vivas
- Acabado con lija fina
- GP = Grosor de pared, DR = Densidad de relleno, R = Resolución
- Tiempo de impresión: 4 horas 25 minutos
- Dimensiones entre corchetes en pulgadas

	<b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA</b> Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales		NOMBRE		FECHA	CÓDIGO DIBUJO	PTEE - PM0009		ACABADO	Impresión 3D - GP: 2mm, DR: 90%, R: 0.15		<b>PROTOTIPO DE TURBINA EÓLICA HORIZONTAL A ESCALA</b>	
			DISEÑADO	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Agosto 2021	PLANO		<b>Guarda de motor - 1</b>		MATERIAL	Filamento de PLA de 1.75 mm - negro		PESO
	DIBUJADO	Vultures Labs	Setiembre 2021	CONFIDENCIAL: Este plano y la información que contiene, son propiedad privada. Su uso y reproducción sin autorización, están prohibidos		DIMENSIONES	mm			NORMA	ANSIY 14.5 - 2009		REVISIÓN
	REVISADO	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Setiembre 2021	ESCALA		1 : 1	No escale el dibujo		HOJA	1 de 1		<b>A4</b>	
	Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica												



Escala 2 : 3

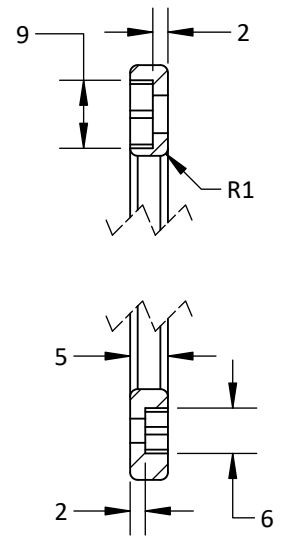


Sección A-A

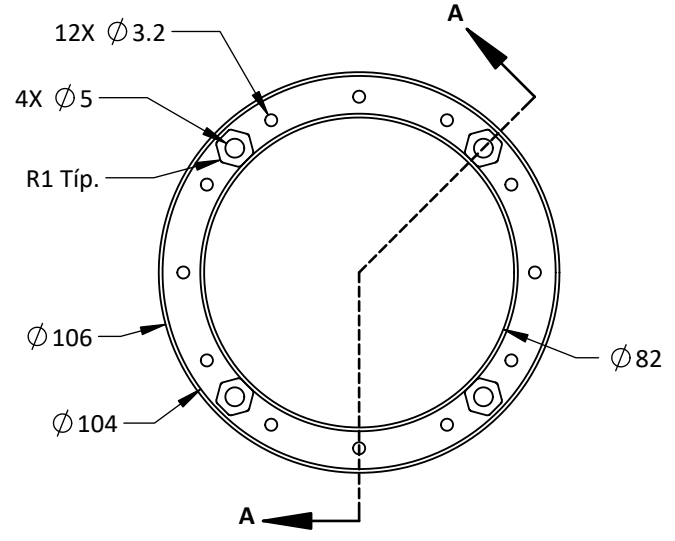
- NOTA:**
- Rebarbar y romper las aristas vivas
  - Acabado con lija fina
  - GP = Grosor de pared, DR = Densidad de relleno, R = Resolución
  - Tiempo de impresión: 5 horas 25 minutos
  - Dimensiones entre corchetes en pulgadas

	<b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA</b> Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica	<b>NOMBRE</b>		<b>FECHA</b>	<b>CÓDIGO DIBUJO</b>	PTEE - PM0010		<b>ACABADO</b>	Impresión 3D - GP: 2mm, DR: 90%, R: 0.15		<b>PROTOTIPO DE TURBINA EÓLICA HORIZONTAL A ESCALA</b>		
		<b>DISEÑADO</b>	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Agosto 2021	<b>PLANO</b>		<b>MATERIAL</b>		Filamento de PLA de 1.75 mm - negro		<b>PESO</b>	45 g	
		<b>DIBUJADO</b>	Vultures Labs	Setiembre 2021	<b>CONFIDENCIAL:</b> Este plano y la información que contiene, son propiedad privada. Su uso y reproducción sin autorización, están prohibidos		<b>DIMENSIONES</b>		mm	<b>NORMA</b>	ANSIY 14.5 - 2009	<b>REVISIÓN</b>	1.0
		<b>REVISADO</b>	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Setiembre 2021	<b>ESCALA</b>		1 : 1	No escale el dibujo		<b>HOJA</b>	1 de 1	<b>A4</b>	

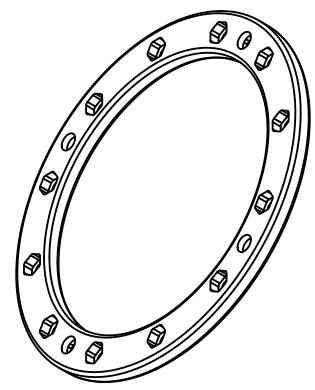
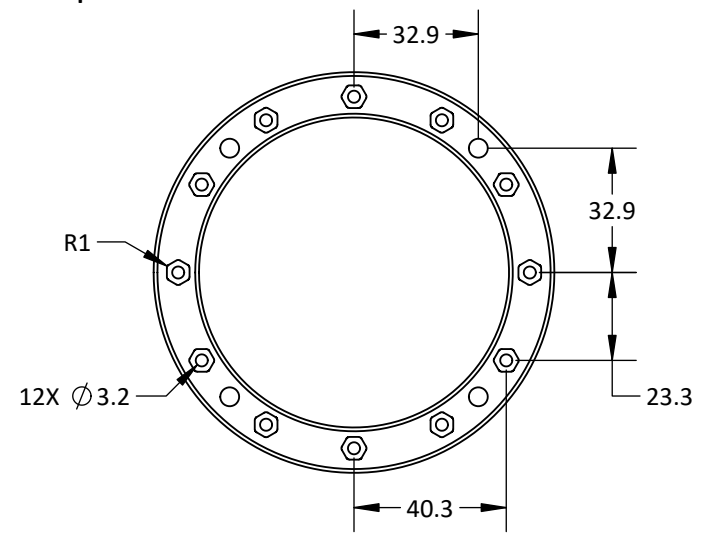
A



**Sección A-A**  
**Escala 3 : 2**




**Vista posterior auxiliar**



- NOTA:**
- Rebarbar y romper las aristas vivas
  - Acabado con lija fina
  - GP = Grosor de pared, DR = Densidad de relleno, R = Resolución
  - Tiempo de impresión: 2 horas 15 minutos
  - Dimensiones entre corchetes en pulgadas

D

	<b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA</b>		<b>NOMBRE</b>	<b>FECHA</b>	<b>CÓDIGO DIBUJO</b>	PTEE - PM0011	<b>ACABADO</b>	Impresión 3D - GP: 2mm, DR: 90%, R: 0.15	<b>PROTOTIPO DE TURBINA EÓLICA HORIZONTAL A ESCALA</b>		
	Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales		Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Agosto 2021	<b>PLANO Espaciador para guarda de motor</b>		<b>MATERIAL</b>	Filamento de PLA de 1.75 mm - blanco	<b>PESO</b>	20 g	
	Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica		Vultures Labs	Setiembre 2021	<b>CONFIDENCIAL:</b> Este plano y la información que contiene, son propiedad privada. Su uso y reproducción sin autorización, están prohibidos		<b>DIMENSIONES</b>	mm	<b>NORMA</b>	ANSIY 14.5 - 2009	<b>A4</b>
			Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Setiembre 2021	<b>ESCALA</b>	1 : 2	No escale el dibujo	<b>HOJA</b>	1 de 1		

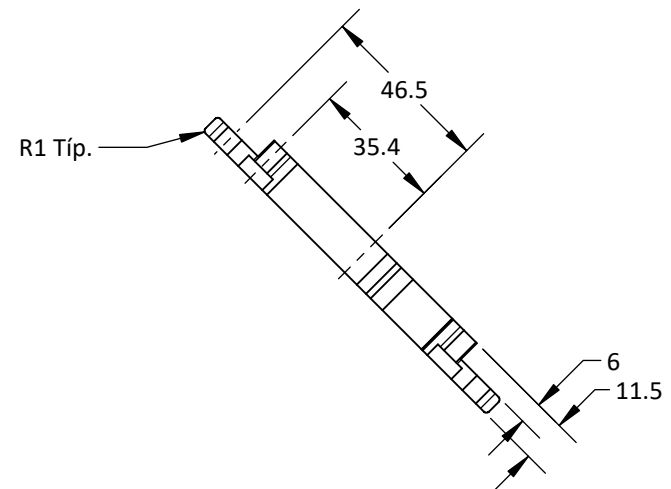
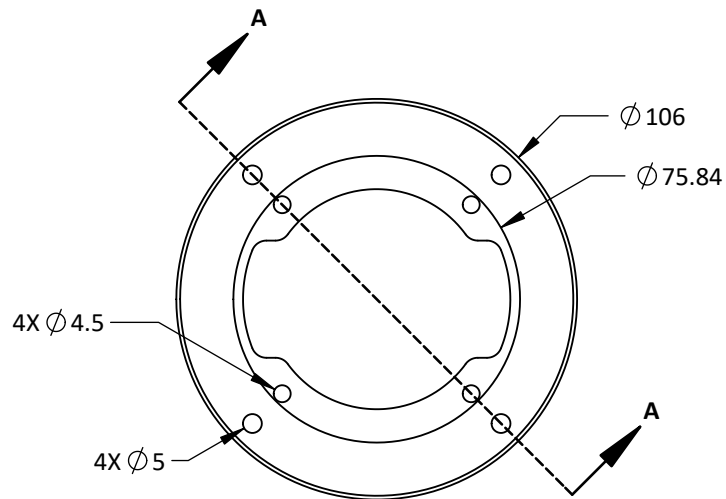
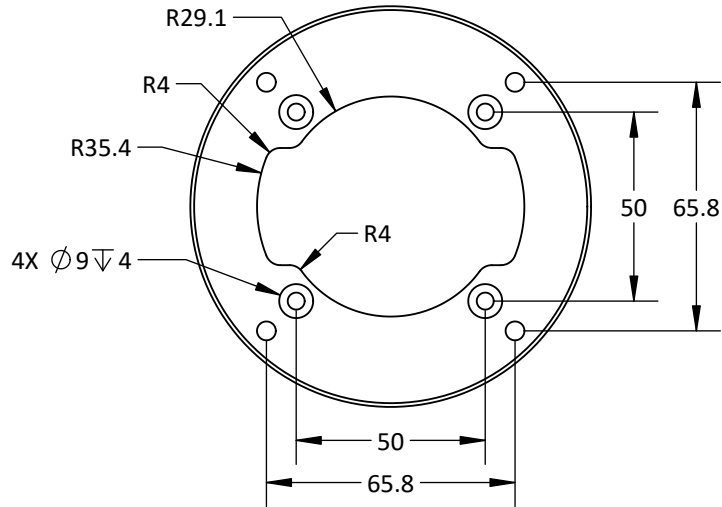
A

B

C

D

Vista posterior auxiliar



Sección A-A

NOTA:

- Rebarbar y romper las aristas vivas
- Acabado con lija fina
- GP = Grosor de pared, DR = Densidad de relleno, R = Resolución
- Tiempo de impresión: 3 horas 40 minutos
- Dimensiones entre corchetes en pulgadas



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**  
 Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales  
 Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica

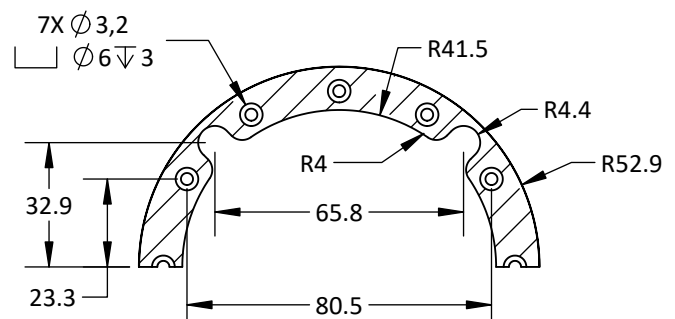
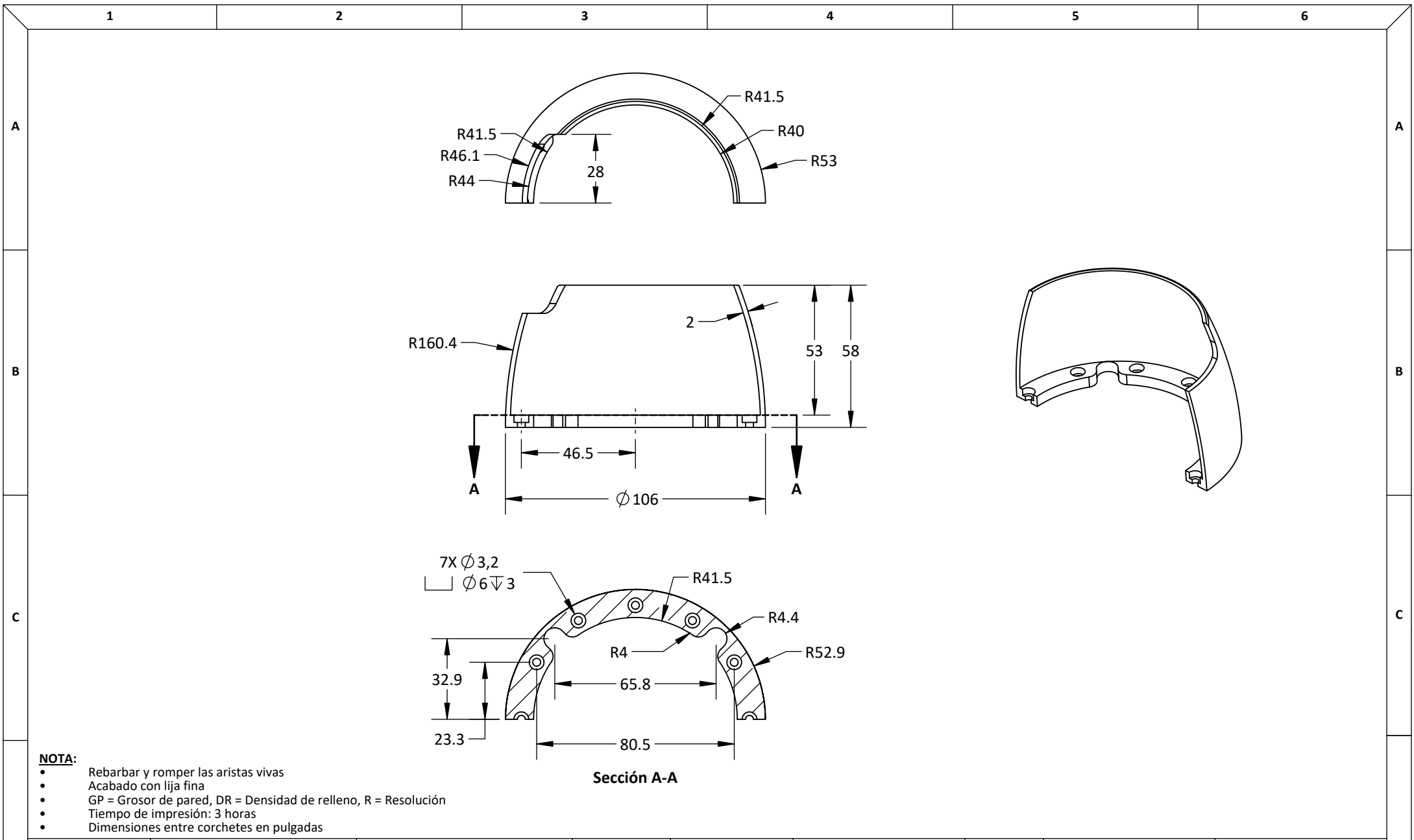
	NOMBRE	FECHA
DISEÑADO	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Agosto 2021
DIBUJADO	Vultures Labs	Setiembre 2021
REVISADO	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Setiembre 2021

CÓDIGO DIBUJO	PTEE - PM0012
PLANO <b>Soporte de espaciador - 1</b>	
CONFIDENCIAL: Este plano y la información que contiene, son propiedad privada. Su uso y reproducción sin autorización, están prohibidos	

ACABADO	Impresión 3D - GP: 2mm, DR: 90%, R: 0.15
MATERIAL	Filamento de PLA de 1.75 mm - blanco
DIMENSIONES	mm
ESCALA	1 : 2


PROTOTIPO DE TURBINA EÓLICA HORIZONTAL A ESCALA	
PESO	40 g
REVISIÓN	1.0
ANSI Y 14.5 - 2009	
HOJA	1 de 1

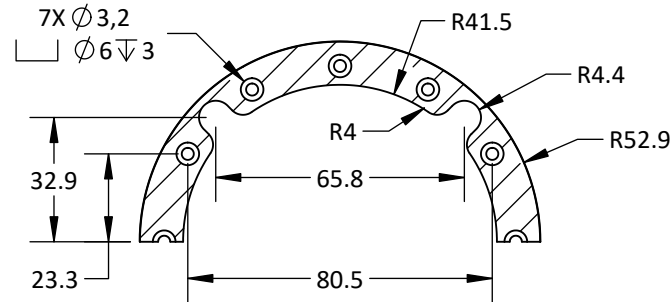
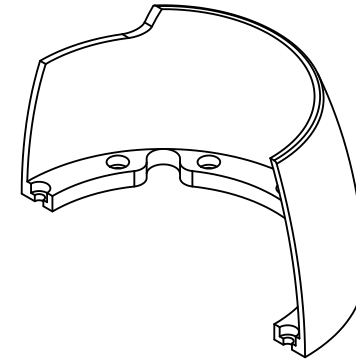
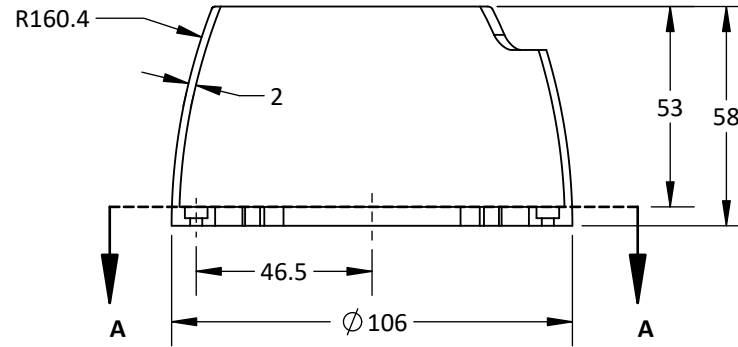
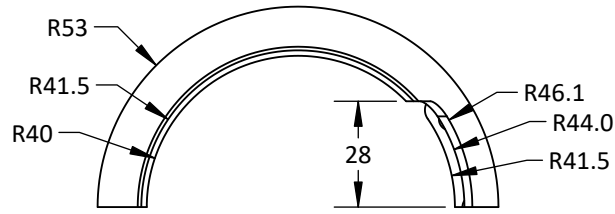
A4



Sección A-A

- NOTA:**
- Rebarbar y romper las aristas vivas
  - Acabado con lija fina
  - GP = Grosor de pared, DR = Densidad de relleno, R = Resolución
  - Tiempo de impresión: 3 horas
  - Dimensiones entre corchetes en pulgadas


	<b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>FECHA</b>	<b>CÓDIGO DIBUJO</b>	PTEE - PM0013	<b>ACABADO</b>	Impresión 3D - GP: 2mm, DR: 90%, R: 0.15		<b>PROTOTIPO DE TURBINA EÓLICA HORIZONTAL A ESCALA</b>	
	Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales	DISEÑADO	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Agosto 2021	<b>PLANO</b> <b>Guarda para arreglo de cola - 1</b>				<b>MATERIAL</b>	Filamento de PLA de 1.75 mm - blanco
	Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica	DIBUJADO	Vultures Labs	Setiembre 2021		<b>REVISIÓN</b>	1.0			
		REVISADO	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Setiembre 2021		<b>CONFIDENCIAL:</b> Este plano y la información que contiene, son propiedad privada. Su uso y reproducción sin autorización, están prohibidos		<b>DIMENSIONES</b>	mm	<b>NORMA</b>
	<b>ESCALA</b>	1 : 2	No escale el dibujo		<b>HOJA</b>	1 de 1				



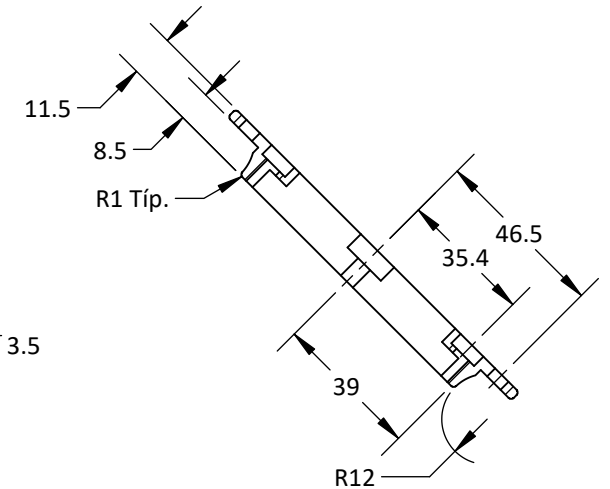
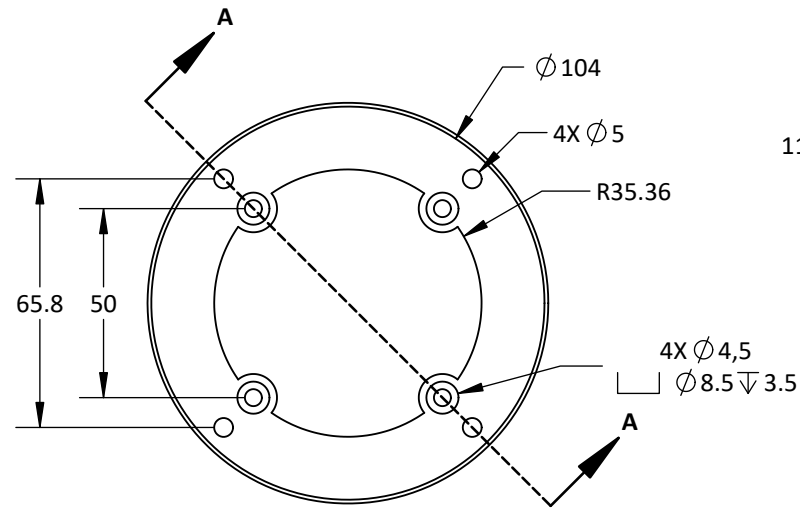
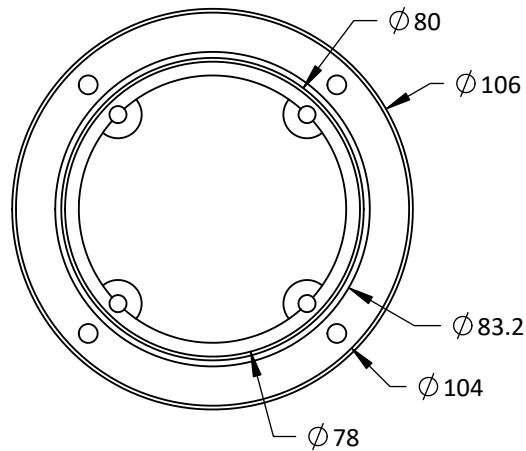
Sección A-A

**NOTA:**

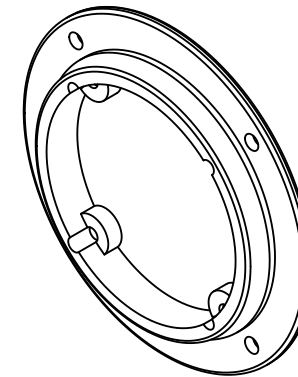
- Rebarbar y romper las aristas vivas
- Acabado con lija fina
- GP = Grosor de pared, DR = Densidad de relleno, R = Resolución
- Tiempo de impresión: 3 horas 5 minutos
- Dimensiones entre corchetes en pulgadas

	<b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA</b> Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales		<b>NOMBRE</b>	<b>FECHA</b>	<b>CÓDIGO DIBUJO</b>	PTEE - PM0014		<b>ACABADO</b>	Impresión 3D - GP: 2mm, DR: 90%, R: 0.15		<b>PROTOTIPO DE TURBINA EÓLICA HORIZONTAL A ESCALA</b>	
			<b>DISEÑADO</b>	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Agosto 2021	<b>PLANO</b> <b>Guarda para arreglo de cola - 2</b>	<b>MATERIAL</b> Filamento de PLA de 1.75 mm - blanco	<b>PESO</b> 30 g				
	<b>DIBUJADO</b>	Vultures Labs	Setiembre 2021	<b>CONFIDENCIAL:</b> Este plano y la información que contiene, son propiedad privada. Su uso y reproducción sin autorización, están prohibidos	<b>DIMENSIONES</b> mm				<b>NORMA</b> ANSIY 14.5 - 2009	<b>REVISIÓN</b>	1.0	
	<b>REVISADO</b>	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Setiembre 2021			<b>ESCALA</b> 1 : 2	<b>NO</b> escale el dibujo	<b>HOJA</b>		1 de 1	<b>A4</b>	

Vista posterior auxiliar




Sección A-A

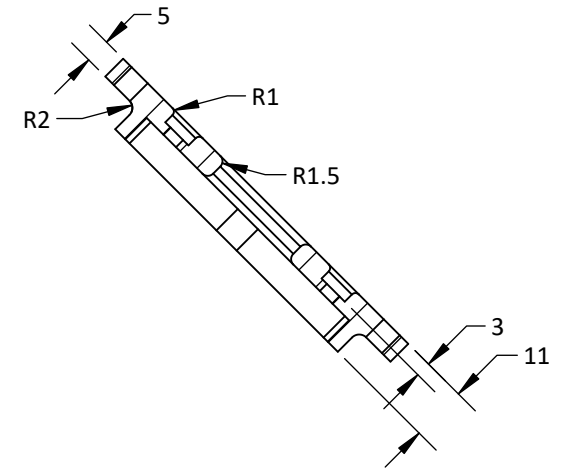
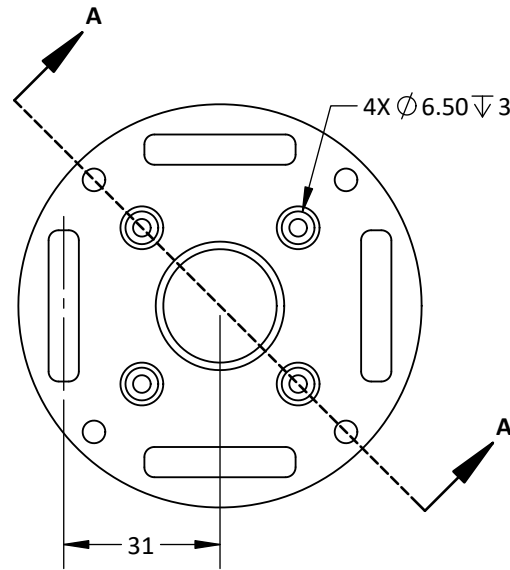
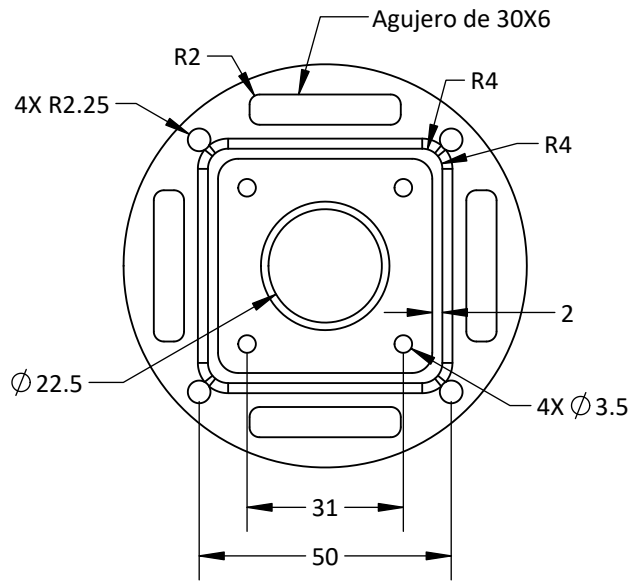


NOTA:

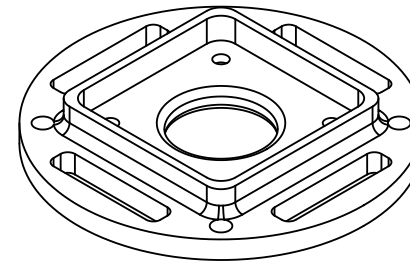
- Rebarbar y romper las aristas vivas
- Acabado con lija fina
- GP = Grosor de pared, DR = Densidad de relleno, R = Resolución
- Tiempo de impresión: 3 horas 5 minutos
- Dimensiones entre corchetes en pulgadas

	<b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA</b>		NOMBRE	FECHA	CÓDIGO DIBUJO	PTEE - PM0015		ACABADO	Impresión 3D - GP: 2mm, DR: 90%, R: 0.15		<b>PROTOTIPO DE TURBINA EÓLICA HORIZONTAL A ESCALA</b>	
	Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales		DISEÑADO	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Agosto 2021	<b>PLANO</b> <b>Soporte de espaciador - 2</b>		MATERIAL	Filamento de PLA de 1.75 mm - blanco		PESO	30 g
	Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica		DIBUJADO	Vultures Labs	Setiembre 2021			<b>CONFIDENCIAL:</b> Este plano y la información que contiene, son propiedad privada. Su uso y reproducción sin autorización, están prohibidos	DIMENSIONES	mm	NORMA	ANSI Y 14.5 - 2009
			REVISADO	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Setiembre 2021	ESCALA	1 : 2		No escale el dibujo	HOJA	1 de 1	<b>A4</b>

**Vista posterior auxiliar**




**Sección A-A**

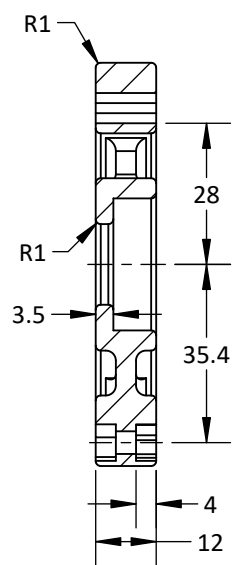


**NOTA:**

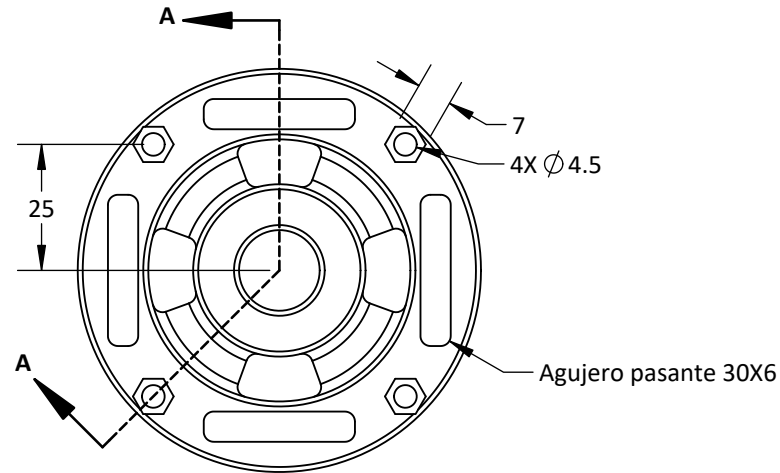
- Rebarbar y romper las aristas vivas
- Acabado con lija fina
- GP = Grosor de pared, DR = Densidad de relleno, R = Resolución
- Tiempo de impresión: 2 horas 30 minutos
- Dimensiones entre corchetes en pulgadas

	<b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA</b> Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales		<b>NOMBRE</b>	<b>FECHA</b>	<b>CÓDIGO DIBUJO</b> PTEE - PM0016 <b>PLANO</b> <b>Soporte de motor</b>	<b>ACABADO</b> Impresión 3D - GP: 2mm, DR: 90%, R: 0.15	<b>PROTOTIPO DE TURBINA EÓLICA HORIZONTAL A ESCALA</b>			
			<b>DISEÑADO</b>	Manuel Eduardo Huaco Zanabria						Agosto 2021
	Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica		<b>DIBUJADO</b>	Vultures Labs	Setiembre 2021	<b>MATERIAL</b> Filamento de PLA de 1.75 mm - negro	<b>PESO</b>	25 g		
			<b>REVISADO</b>	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Setiembre 2021		<b>REVISIÓN</b>	1.0		
					<b>CONFIDENCIAL:</b> Este plano y la información que contiene, son propiedad privada. Su uso y reproducción sin autorización, están prohibidos		<b>DIMENSIONES</b>	mm	<b>NORMA</b>	ANSI Y 14.5 - 2009
						<b>ESCALA</b>	2 : 3	No escale el dibujo	<b>HOJA</b>	1 de 1

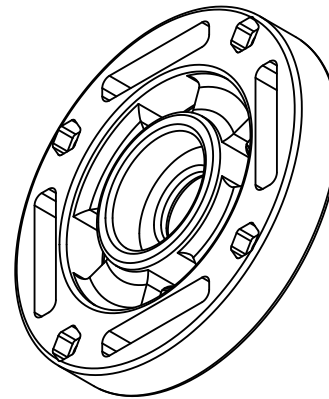
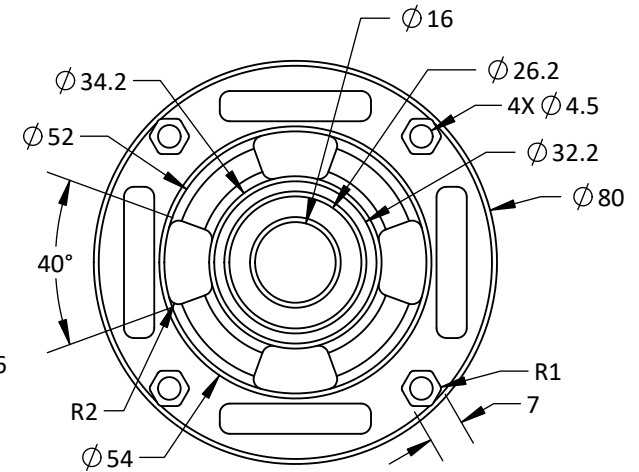
**A4**



Sección A-A




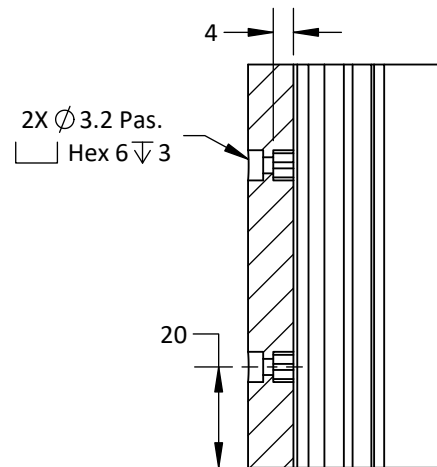
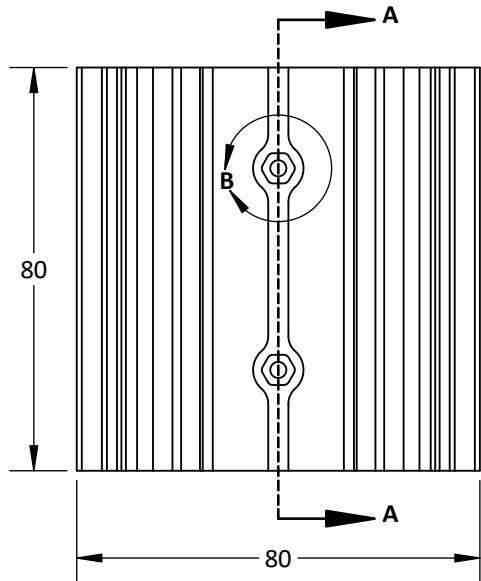
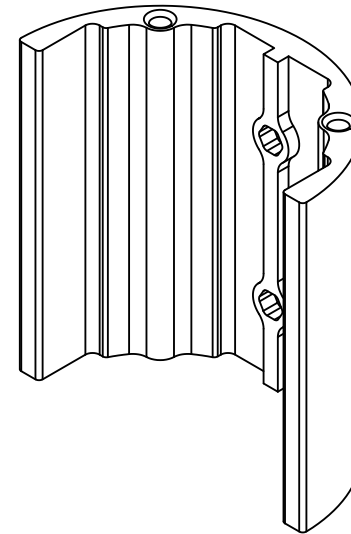
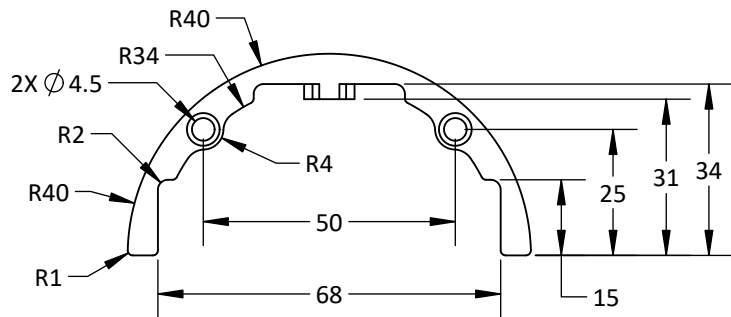
Vista posterior auxiliar



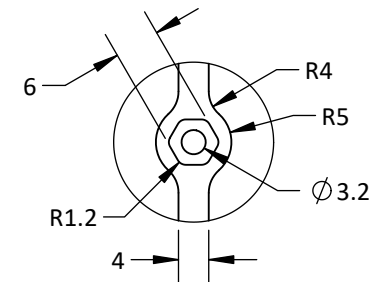
**NOTA:**

- Rebarbar y romper las aristas vivas
- Acabado con lija fina
- GP = Grosor de pared, DR = Densidad de relleno, R = Resolución
- Tiempo de impresión: 4 horas 20 minutos
- Dimensiones entre corchetes en pulgadas

	<b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA</b> Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales		<b>NOMBRE</b>	<b>FECHA</b>	<b>CÓDIGO DIBUJO</b>	PTEE - PM0017		<b>ACABADO</b>	Impresión 3D - GP: 2mm, DR: 90%, R: 0.15		<b>PROTOTIPO DE TURBINA EÓLICA HORIZONTAL A ESCALA</b>	
			<b>DISEÑADO</b>	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Agosto 2021	<b>PLANO</b> <b>Asiento para rodamiento - 3</b>		<b>MATERIAL</b>	Filamento de PLA de 1.75 mm - negro		<b>PESO</b>	40 g
	<b>DIBUJADO</b>	Vultures Labs	Setiembre 2021	<b>CONFIDENCIAL:</b> Este plano y la información que contiene, son propiedad privada. Su uso y reproducción sin autorización, están prohibidos				<b>DIMENSIONES</b>	mm	<b>NORMA</b>	ANSI Y 14.5 - 2009	
	<b>REVISADO</b>	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Setiembre 2021			<b>ESCALA</b>	2 : 3	No escale el dibujo		<b>HOJA</b>	1 de 1	



Sección A-A  
ESCALA 2 : 3



Detalle B  
Escala 1 : 1

**NOTA:**

- Rebarbar y romper las aristas vivas
- Acabado con lija fina
- GP = Grosor de pared, DR = Densidad de relleno, R = Resolución
- Tiempo de impresión: 8 horas 40 minutos
- Dimensiones entre corchetes en pulgadas



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**  
Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales  
Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica

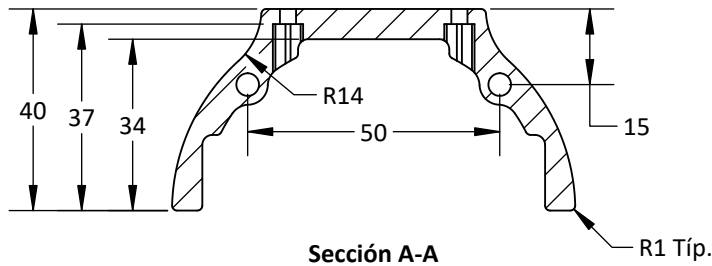
NOMBRE		FECHA
DISEÑADO	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Agosto 2021
DIBUJADO	Vultures Labs	Setiembre 2021
REVISADO	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Setiembre 2021

CÓDIGO DIBUJO	PTEE - PM0018
PLANO <b>Guarda para motor de rotación - 1</b>	
<b>CONFIDENCIAL:</b> Este plano y la información que contiene, son propiedad privada. Su uso y reproducción sin autorización, están prohibidos	

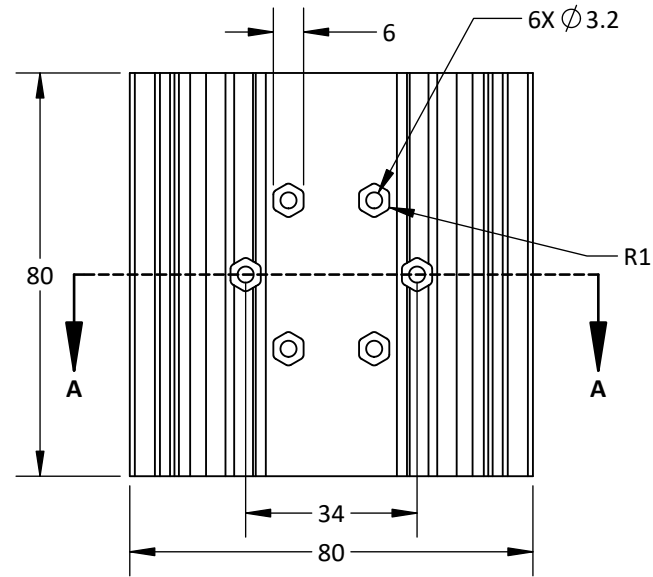
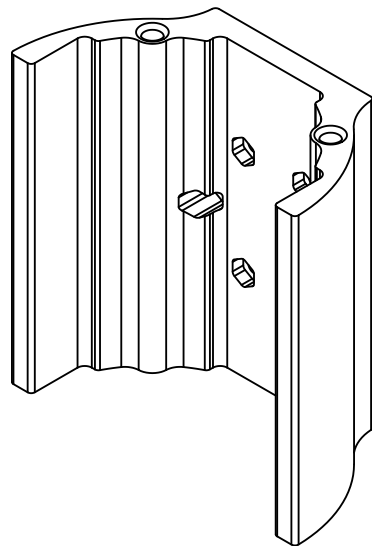
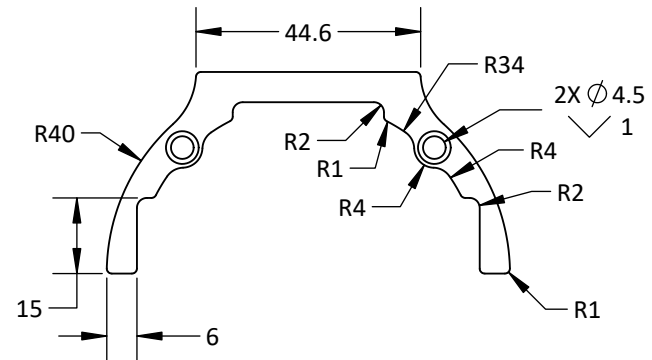
ACABADO	Impresión 3D - GP: 2mm, DR: 90%, R: 0.15
MATERIAL	Filamento de PLA de 1.75 mm - negro
DIMENSIONES	mm
ESCALA	2 : 3

PROTOTIPO DE TURBINA EÓLICA HORIZONTAL A ESCALA	
PESO	60 g
REVISIÓN	1.0
ANSI Y 14.5 - 2009	
HOJA	1 de 1

A4



**Sección A-A**  
**Escala 2 : 3**



- NOTA:**
- Rebarbar y romper las aristas vivas
  - Acabado con lija fina
  - GP = Grosor de pared, DR = Densidad de relleno, R = Resolución
  - Tiempo de impresión: 8 horas 40 minutos
  - Dimensiones entre corchetes en pulgadas



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**  
Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales  
Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica

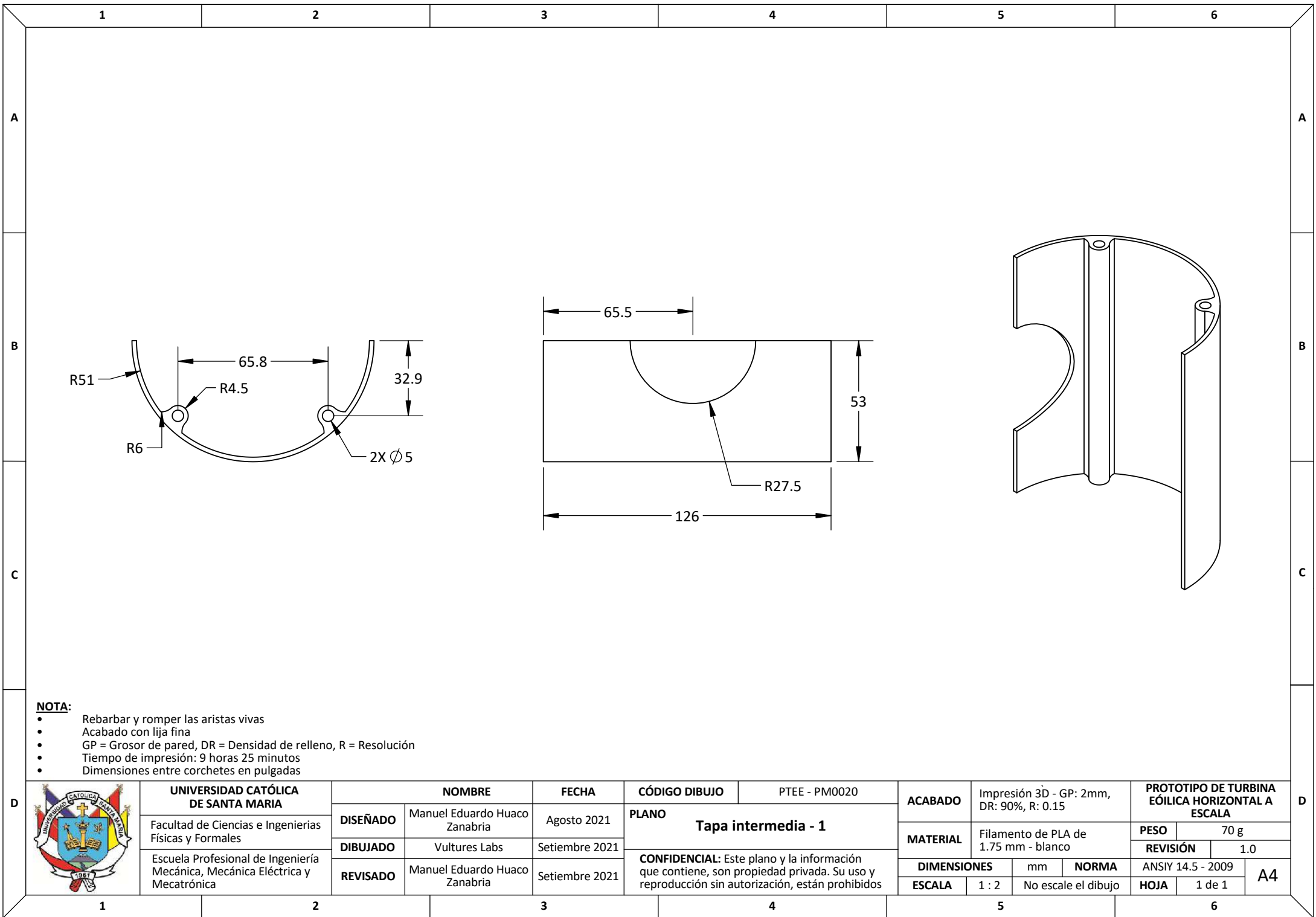
	NOMBRE	FECHA
DISEÑADO	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Agosto 2021
DIBUJADO	Vultures Labs	Setiembre 2021
REVISADO	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Setiembre 2021

CÓDIGO DIBUJO: PTEE - PM0019  
PLANO: **Guarda para motor de rotación - 2**  
CONFIDENCIAL: Este plano y la información que contiene, son propiedad privada. Su uso y reproducción sin autorización, están prohibidos

ACABADO	Impresión 3D - GP: 2mm, DR: 90%, R: 0.15
MATERIAL	Filamento de PLA de 1.75 mm - negro
DIMENSIONES	mm
ESCALA	2 : 3
NORMA	No escale el dibujo

PROTOTIPO DE TURBINA EÓLICA HORIZONTAL A ESCALA	
PESO	70 g
REVISIÓN	1.0
ANSI Y 14.5 - 2009	
HOJA	1 de 1

**A4**



- NOTA:**
- Rebarbar y romper las aristas vivas
  - Acabado con lija fina
  - GP = Grosor de pared, DR = Densidad de relleno, R = Resolución
  - Tiempo de impresión: 9 horas 25 minutos
  - Dimensiones entre corchetes en pulgadas



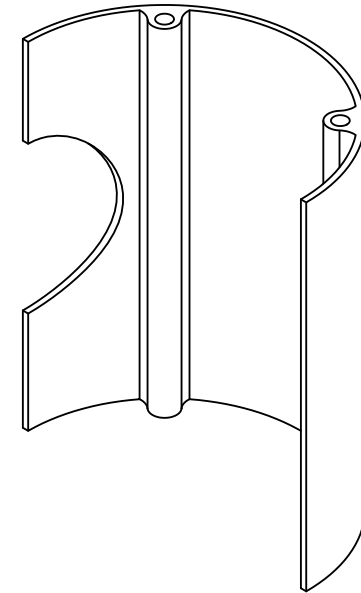
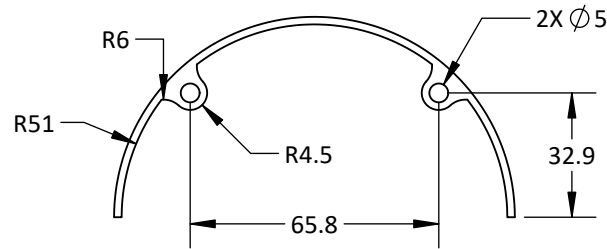
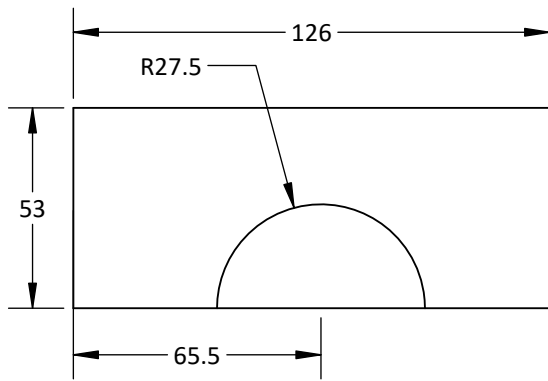
**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**  
 Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales  
 Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica

	NOMBRE	FECHA
DISEÑADO	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Agosto 2021
DIBUJADO	Vultures Labs	Setiembre 2021
REVISADO	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Setiembre 2021

CÓDIGO DIBUJO	PTEE - PM0020
<b>PLANO</b> <b>Tapa intermedia - 1</b>	
<b>CONFIDENCIAL:</b> Este plano y la información que contiene, son propiedad privada. Su uso y reproducción sin autorización, están prohibidos	


ACABADO	Impresión 3D - GP: 2mm, DR: 90%, R: 0.15
MATERIAL	Filamento de PLA de 1.75 mm - blanco
DIMENSIONES	mm
ESCALA	1 : 2

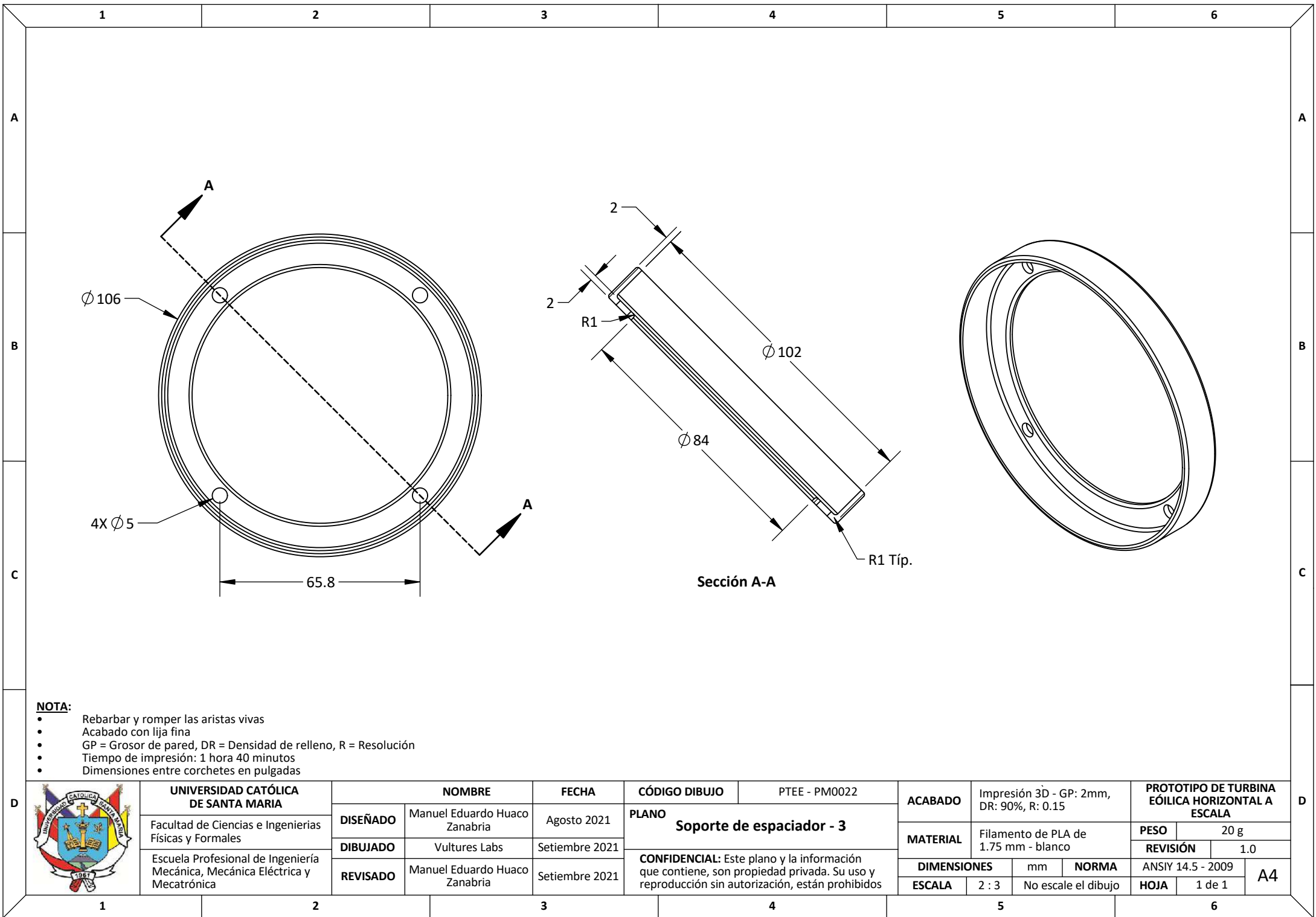
PROTOTIPO DE TURBINA EÓLICA HORIZONTAL A ESCALA	
PESO	70 g
REVISIÓN	1.0
ANSI Y 14.5 - 2009	A4
HOJA	1 de 1



**NOTA:**

- Rebarbar y romper las aristas vivas
- Acabado con lija fina
- GP = Grosor de pared, DR = Densidad de relleno, R = Resolución
- Tiempo de impresión: 9 horas 25 minutos
- Dimensiones entre corchetes en pulgadas

	<b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA</b>		<b>NOMBRE</b>	<b>FECHA</b>	<b>CÓDIGO DIBUJO</b>	PTEE - PM0021		<b>ACABADO</b>	Impresión 3D - GP: 2mm, DR: 90%, R: 0.15	<b>PROTOTIPO DE TURBINA EÓLICA HORIZONTAL A ESCALA</b>		
	Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales		DISEÑADO	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Agosto 2021	<b>PLANO</b> <b>Tapa intermedia - 2</b>		<b>MATERIAL</b> Filamento de PLA de 1.75 mm - blanco	<b>PESO</b> 70 g	<b>REVISIÓN</b> 1.0		
	Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica		DIBUJADO	Vultures Labs	Setiembre 2021					<b>CONFIDENCIAL:</b> Este plano y la información que contiene, son propiedad privada. Su uso y reproducción sin autorización, están prohibidos	<b>DIMENSIONES</b> mm	<b>NORMA</b> ANSIY 14.5 - 2009
			REVISADO	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Setiembre 2021	<b>ESCALA</b> 1 : 2	No escale el dibujo	<b>A4</b>				



- NOTA:**
- Rebarbar y romper las aristas vivas
  - Acabado con lija fina
  - GP = Grosor de pared, DR = Densidad de relleno, R = Resolución
  - Tiempo de impresión: 1 hora 40 minutos
  - Dimensiones entre corchetes en pulgadas



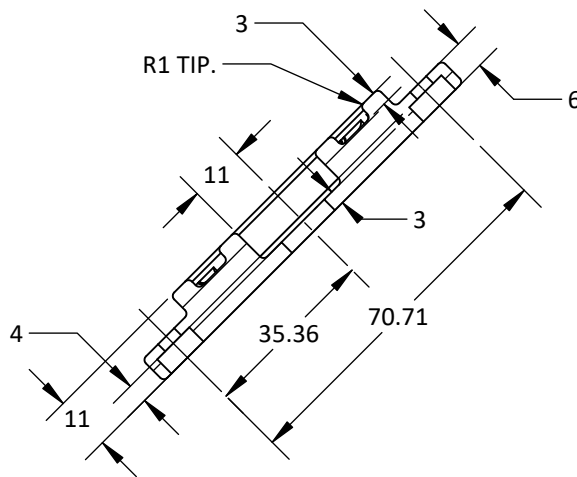
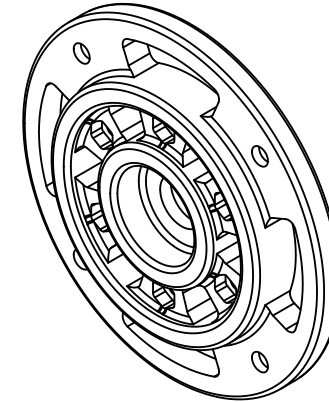
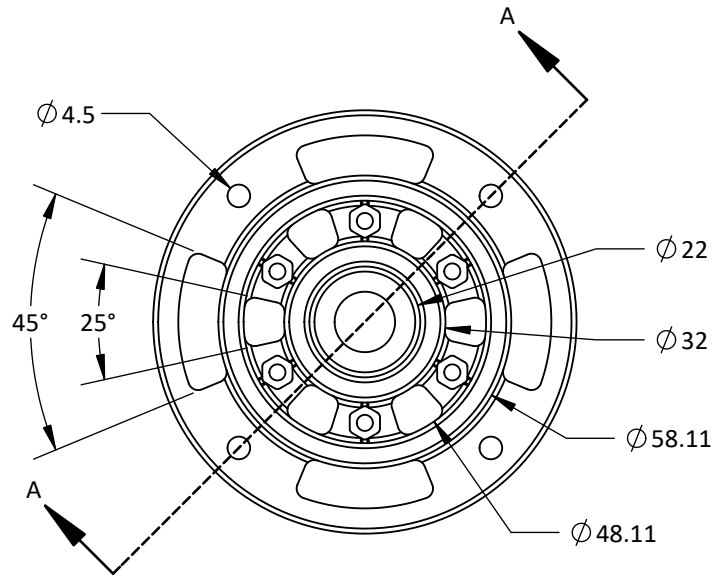
**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**  
 Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales  
 Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica

	NOMBRE	FECHA
DISEÑADO	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Agosto 2021
DIBUJADO	Vultures Labs	Setiembre 2021
REVISADO	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Setiembre 2021

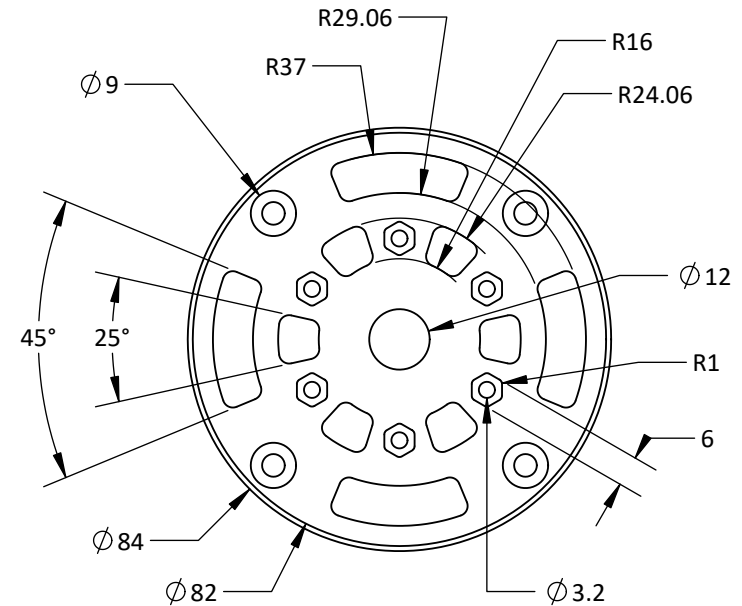
CÓDIGO DIBUJO: PTEE - PM0022  
**PLANO**  
**Soporte de espaciador - 3**  
**CONFIDENCIAL:** Este plano y la información que contiene, son propiedad privada. Su uso y reproducción sin autorización, están prohibidos

ACABADO	Impresión 3D - GP: 2mm, DR: 90%, R: 0.15	
MATERIAL	Filamento de PLA de 1.75 mm - blanco	
DIMENSIONES	mm	NORMA
ESCALA	2 : 3	No escale el dibujo

PROTOTIPO DE TURBINA EÓLICA HORIZONTAL A ESCALA		
PESO	20 g	
REVISIÓN	1.0	
ANSI Y 14.5 - 2009		
HOJA	1 de 1	<b>A4</b>



SECCIÓN A-A



**NOTA:**

- Rebarbar y romper las aristas vivas
- Acabado con lija fina
- GP = Grosor de pared, DR = Densidad de relleno, R = Resolución
- Tiempo de impresión: 4 horas 15 minutos
- Dimensiones entre corchetes en pulgadas



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**  
 Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales  
 Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica

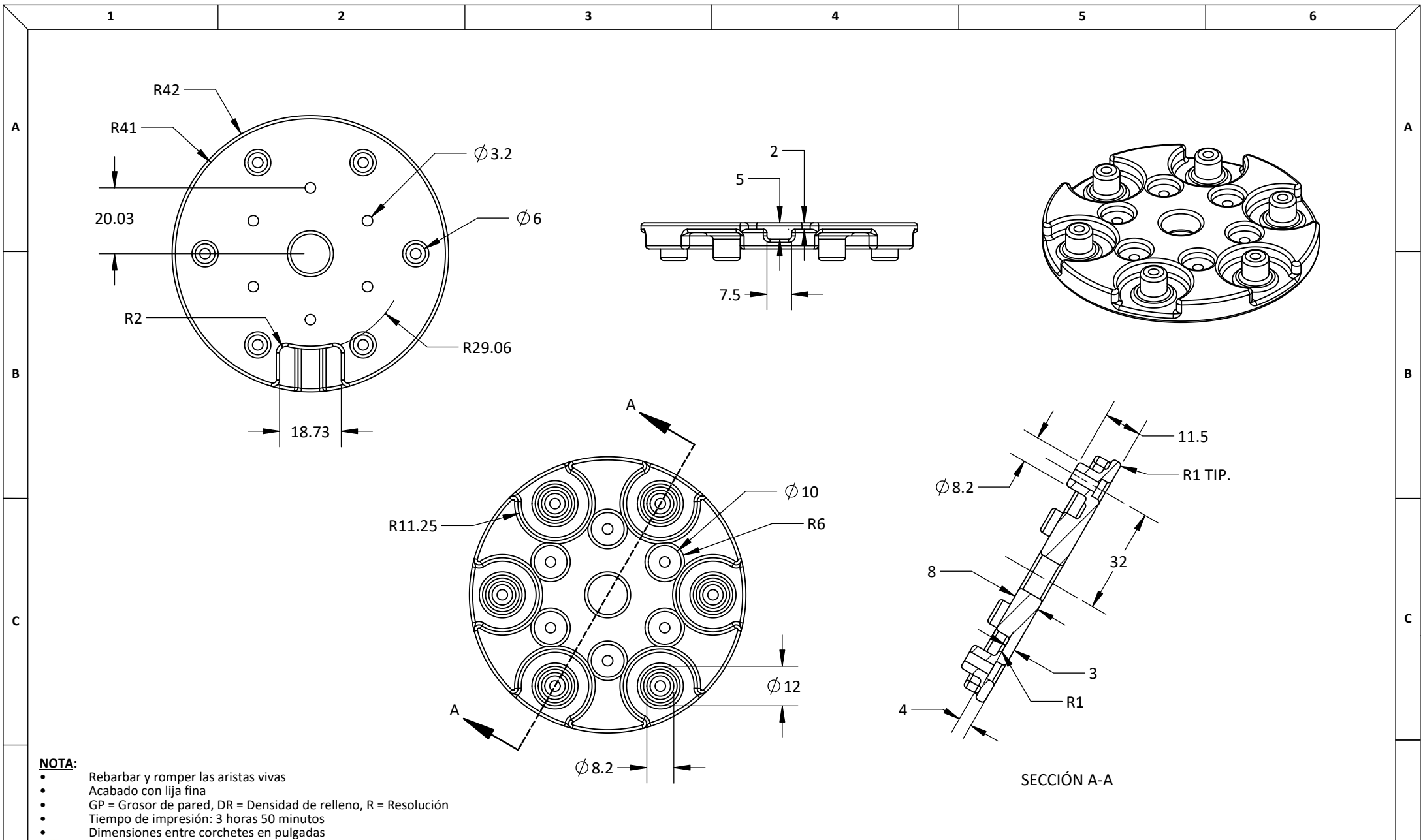
	NOMBRE	FECHA
DISEÑADO	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Agosto 2021
DIBUJADO	Vultures Labs	Setiembre 2021
REVISADO	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Setiembre 2021

CÓDIGO DIBUJO	PTEE - PM0023
<b>PLANO</b>	
<b>Asiento para rodamiento - 4</b>	
<b>CONFIDENCIAL:</b> Este plano y la información que contiene, son propiedad privada. Su uso y reproducción sin autorización, están prohibidos	

ACABADO	Impresión 3D - GP: 2mm, DR: 90%, R: 0.15
MATERIAL	Filamento de PLA de 1.75 mm - negro
DIMENSIONES	mm
ESCALA	2 : 3

PROTOTIPO DE TURBINA EÓLICA HORIZONTAL A ESCALA	
PESO	40 g
REVISIÓN	1.0
ANSI Y 14.5 - 2009	
HOJA	1 de 1

A4



**NOTA:**

- Rebarbar y romper las aristas vivas
- Acabado con lija fina
- GP = Grosor de pared, DR = Densidad de relleno, R = Resolución
- Tiempo de impresión: 3 horas 50 minutos
- Dimensiones entre corchetes en pulgadas



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**  
 Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales  
 Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica

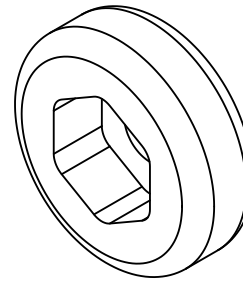
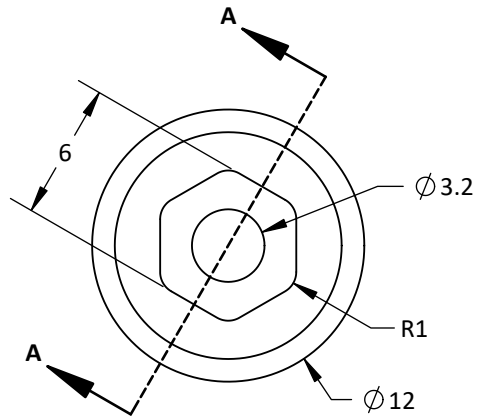
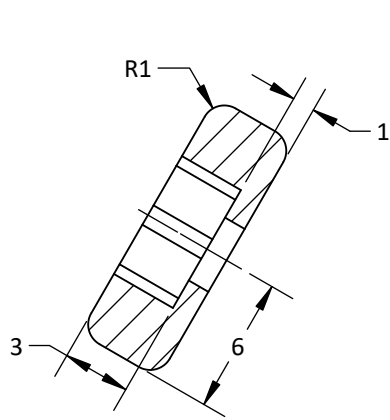
	NOMBRE	FECHA
DISEÑADO	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Agosto 2021
DIBUJADO	Vultures Labs	Setiembre 2021
REVISADO	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Setiembre 2021

CÓDIGO DIBUJO	PTEE - PM0024
<b>PLANO</b>	
<b>Asiento para rodamiento - 5</b>	
<b>CONFIDENCIAL:</b> Este plano y la información que contiene, son propiedad privada. Su uso y reproducción sin autorización, están prohibidos	

ACABADO	Impresión 3D - GP: 2mm, DR: 90%, R: 0.15
MATERIAL	Filamento de PLA de 1.75 mm - negro
DIMENSIONES	mm
ESCALA	2 : 3

PROTOTIPO DE TURBINA EÓLICA HORIZONTAL A ESCALA	
PESO	35 g
REVISIÓN	1.0
ANSIY 14.5 - 2009	
HOJA	1 de 1


**A4**

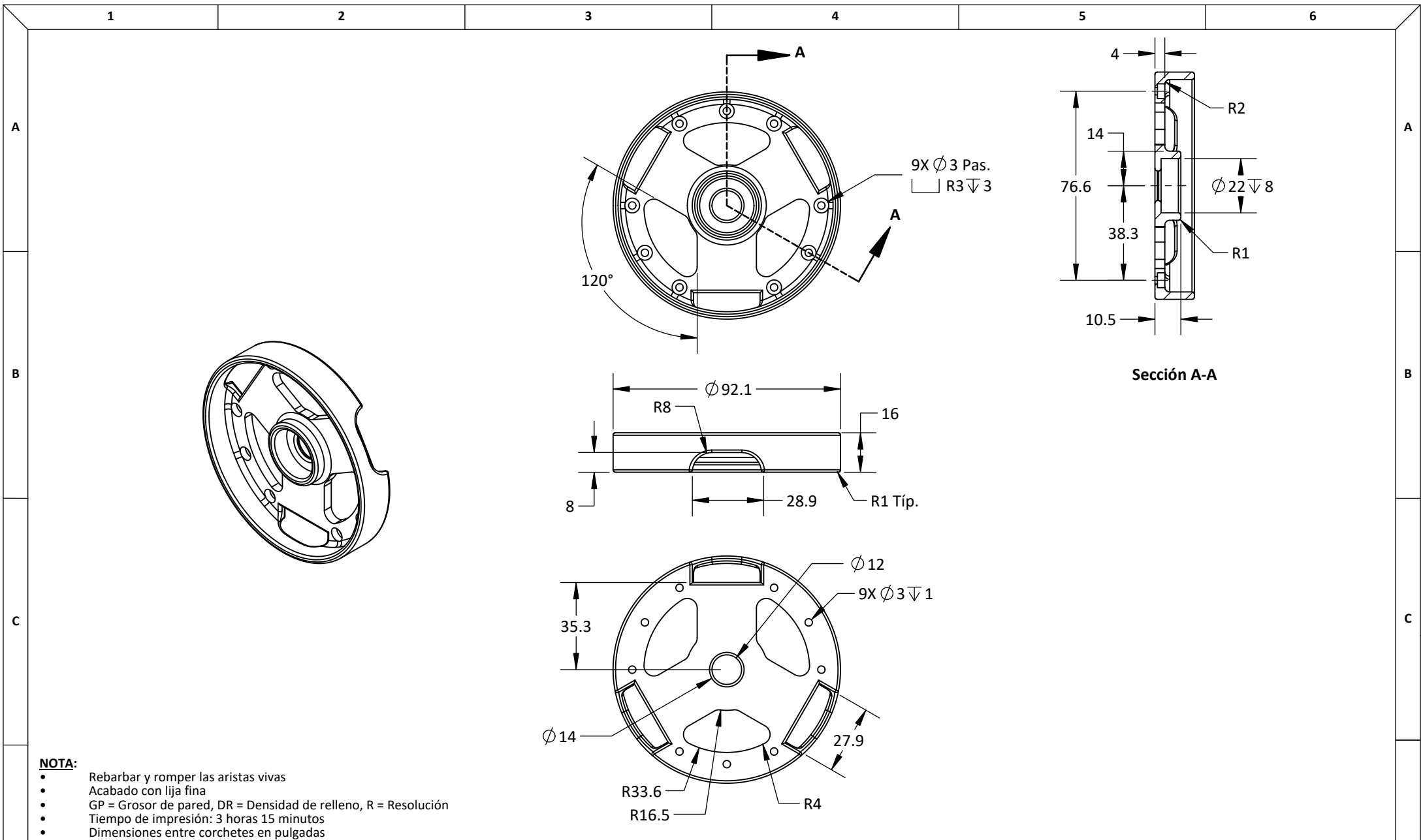


Sección A-A


**NOTA:**

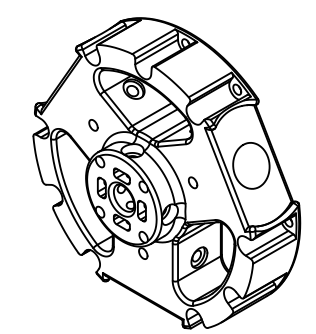
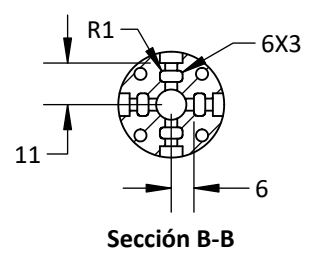
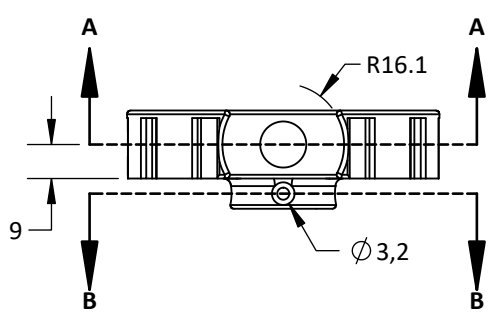
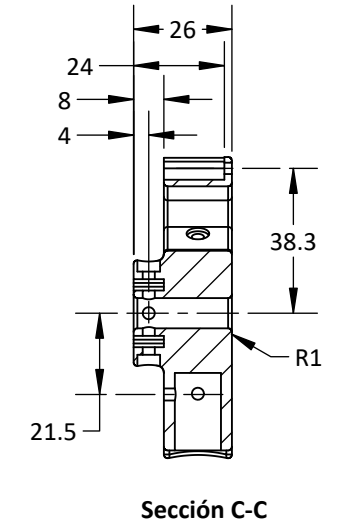
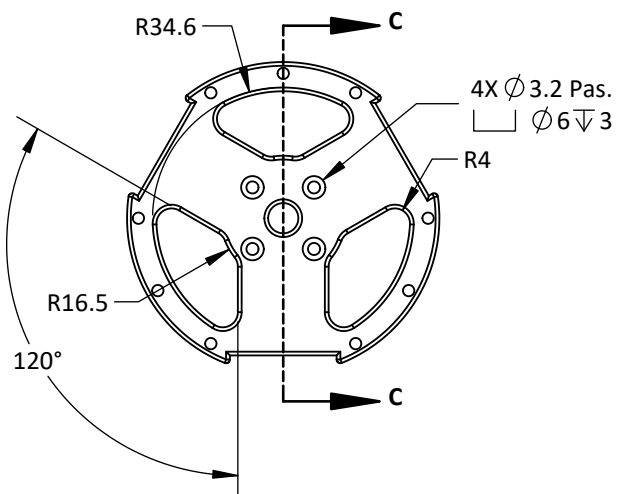
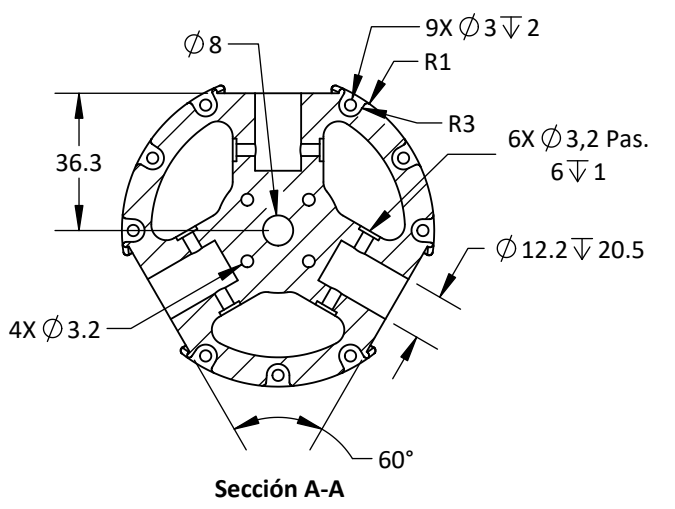
- Rebarbar y romper las aristas vivas
- Acabado con lija fina
- GP = Grosor de pared, DR = Densidad de relleno, R = Resolución
- Tiempo de impresión: 10 minutos
- Dimensiones entre corchetes en pulgadas

	<b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA</b> Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales		<b>NOMBRE</b>	<b>FECHA</b>	<b>CÓDIGO DIBUJO</b> PTEE - PM0025	<b>ACABADO</b> Impresión 3D - GP: 2mm, DR: 90%, R: 0.15	<b>PROTOTIPO DE TURBINA EÓLICA HORIZONTAL A ESCALA</b>			
			<b>DISEÑADO</b>	Manuel Eduardo Huaco Zanabria			Agosto 2021	<b>PLANO</b> <b>Espaciador para rodamiento</b>	<b>MATERIAL</b> Filamento de PLA de 1.75 mm - negro	<b>PESO</b>
	<b>DIBUJADO</b>	Vultures Labs	Setiembre 2021	<b>REVISIÓN</b>	1.0					
	<b>REVISADO</b>	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Setiembre 2021	<b>CONFIDENCIAL:</b> Este plano y la información que contiene, son propiedad privada. Su uso y reproducción sin autorización, están prohibidos			<b>DIMENSIONES</b>		mm	<b>NORMA</b>
							<b>ESCALA</b>	3 : 1	No escale el dibujo	<b>HOJA</b>




- NOTA:**
- Rebarbar y romper las aristas vivas
  - Acabado con lija fina
  - GP = Grosor de pared, DR = Densidad de relleno, R = Resolución
  - Tiempo de impresión: 3 horas 15 minutos
  - Dimensiones entre corchetes en pulgadas

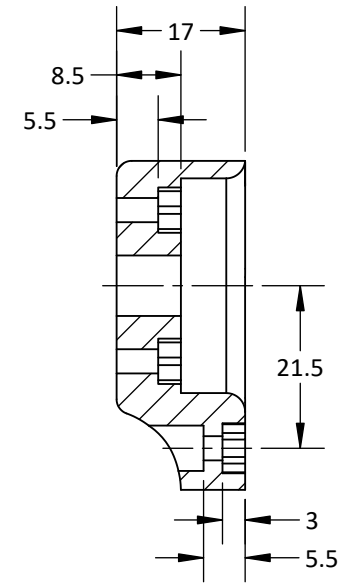
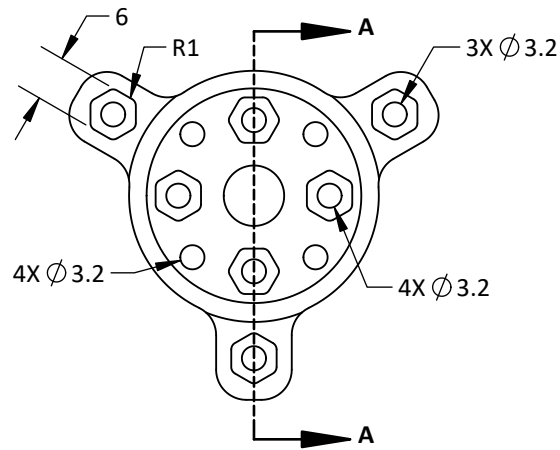
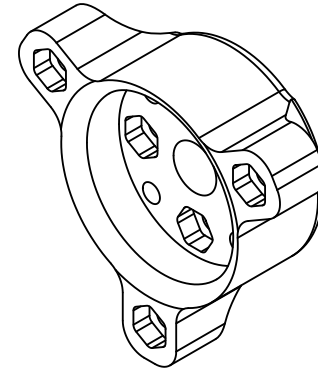
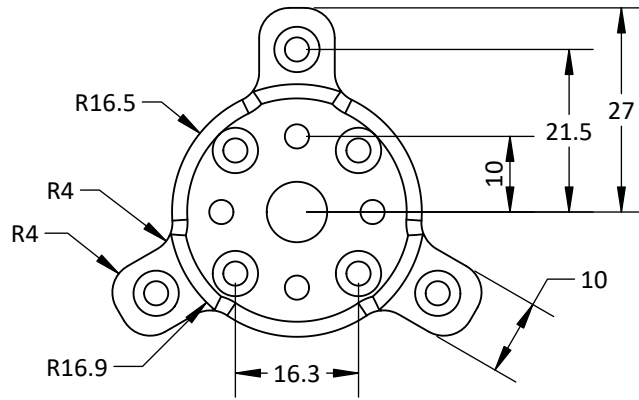
	<b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA</b> Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales		<b>NOMBRE</b>	<b>FECHA</b>	<b>CÓDIGO DIBUJO</b>	PTEE - PM0026	<b>ACABADO</b>	Impresión 3D - GP: 2mm, DR: 90%, R: 0.15 Prototipo de Turbina Eólica Horizontal a Escala	
			<b>DISEÑADO</b>	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Agosto 2021		<b>PLANO</b> <b>Guía para rodamientos</b> <b>CONFIDENCIAL:</b> Este plano y la información que contiene, son propiedad privada. Su uso y reproducción sin autorización, están prohibidos		
	<b>DIBUJADO</b>	Vultures Labs	Setiembre 2021	<b>DIMENSIONES</b>	mm	<b>NORMA</b>		ANSI Y 14.5 - 2009	<b>A4</b>
	<b>REVISADO</b>	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Setiembre 2021	<b>ESCALA</b>	1 : 2	No escale el dibujo		<b>HOJA</b>	



- NOTA:**
- Rebarbar y romper las aristas vivas
  - Acabado con lija fina
  - GP = Grosor de pared, DR = Densidad de relleno, R = Resolución
  - Tiempo de impresión: 7 horas 40 minutos
  - Dimensiones entre corchetes en pulgadas

	<b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA</b> Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales		<b>NOMBRE</b> Manuel Eduardo Huaco Zanabria	<b>FECHA</b> Agosto 2021	<b>CÓDIGO DIBUJO</b> PTEE - PM0027	<b>ACABADO</b> Impresión 3D - GP: 2mm, DR: 90%, R: 0.15	<b>PROTOTIPO DE TURBINA EÓLICA HORIZONTAL A ESCALA</b>		
							<b>DISEÑADO</b>	<b>MATERIAL</b> Filamento de PLA de 1.75 mm - negro	<b>PESO</b> 60 g
	<b>DIBUJADO</b>	<b>DIMENSIONES</b> mm	<b>NORMA</b> ANSIY 14.5 - 2009	<b>HOJA</b> 1 de 1					
	<b>REVISADO</b>	<b>ESCALA</b> 1 : 2	<b>NO ESCALE EL DIBUJO</b>						

Vista posterior auxiliar



Sección A-A

**NOTA:**

- Rebarbar y romper las aristas vivas
- Acabado con lija fina
- GP = Grosor de pared, DR = Densidad de relleno, R = Resolución
- Tiempo de impresión: 2 horas 15 minutos
- Dimensiones entre corchetes en pulgadas



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**  
 Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales  
 Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica

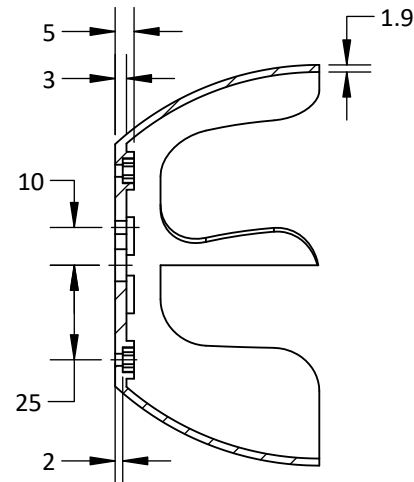
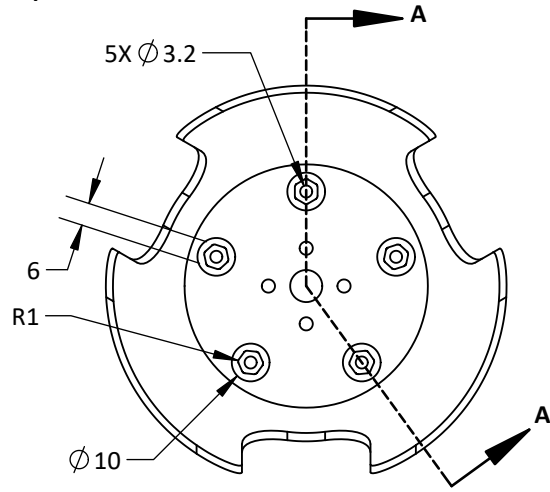
	NOMBRE	FECHA	CÓDIGO DIBUJO	PTEE - PM0028
DISEÑADO	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Agosto 2021	PLANO <b>Soporte para hélice motriz - 2</b>	ACABADO Impresión 3D - GP: 2mm, DR: 90%, R: 0.15
DIBUJADO	Vultures Labs	Setiembre 2021		
REVISADO	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Setiembre 2021		

**CONFIDENCIAL:** Este plano y la información que contiene, son propiedad privada. Su uso y reproducción sin autorización, están prohibidos

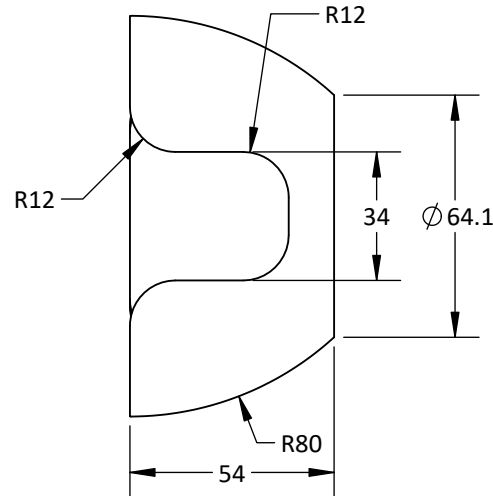
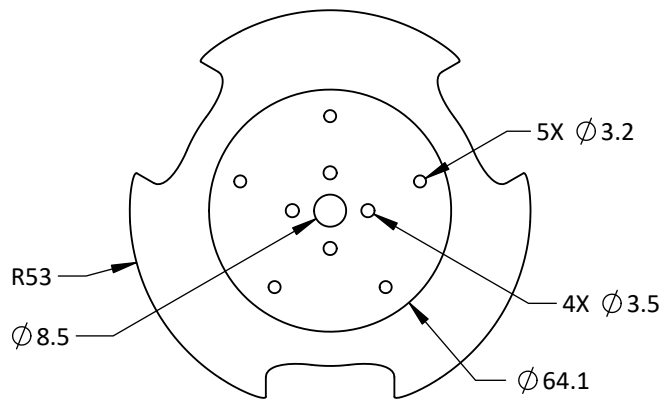
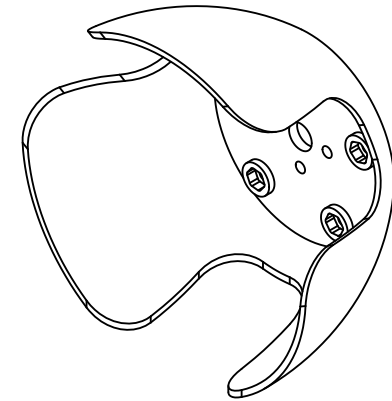
MATERIAL		DIMENSIONES		NORMA		PESO		REVISIÓN	
Filamento de PLA de 1.75 mm - negro		mm				15 g			
ESCALA	1 : 1	No escale el dibujo		ANSI Y 14.5 - 2009		HOJA		1 de 1	

A4

Vista posterior auxiliar



Sección A-A



**NOTA:**

- Rebarbar y romper las aristas vivas
- Acabado con lija fina
- GP = Grosor de pared, DR = Densidad de relleno, R = Resolución
- Tiempo de impresión: 4 horas
- Dimensiones entre corchetes en pulgadas



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**  
 Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales  
 Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica

	NOMBRE	FECHA
DISEÑADO	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Agosto 2021
DIBUJADO	Vultures Labs	Setiembre 2021
REVISADO	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Setiembre 2021

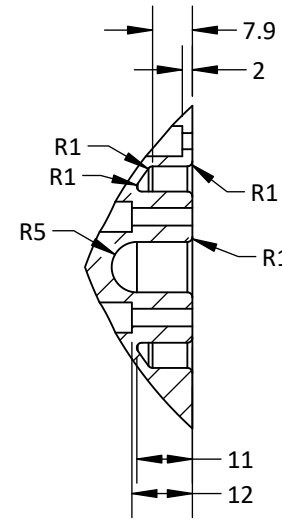
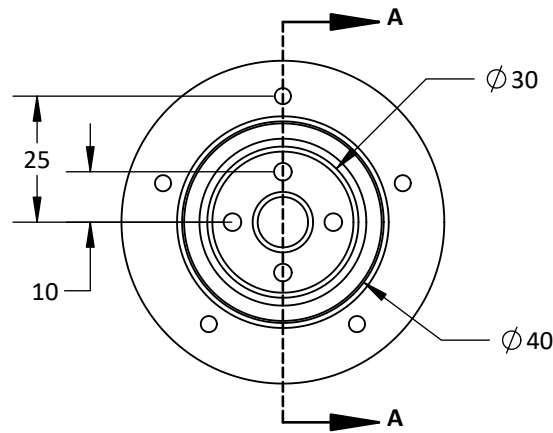
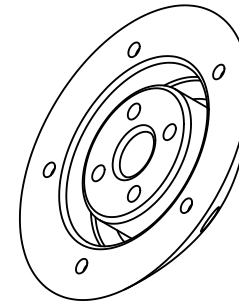
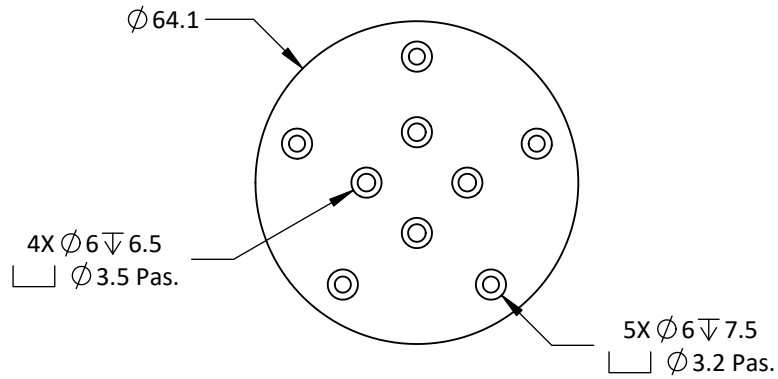
CÓDIGO DIBUJO	PTEE - PM0029
PLANO <b>Guarda para hélice motriz - 1</b>	
<b>CONFIDENCIAL:</b> Este plano y la información que contiene, son propiedad privada. Su uso y reproducción sin autorización, están prohibidos	

ACABADO	Impresión 3D - GP: 2mm, DR: 90%, R: 0.15
MATERIAL	Filamento de PLA de 1.75 mm - blanco
DIMENSIONES	mm
ESCALA	1 : 2

PROTOTIPO DE TURBINA EÓLICA HORIZONTAL A ESCALA	
PESO	40 g
REVISIÓN	1.0
NORMA	ANSI Y 14.5 - 2009
HOJA	1 de 1

A4

Vista posterior auxiliar

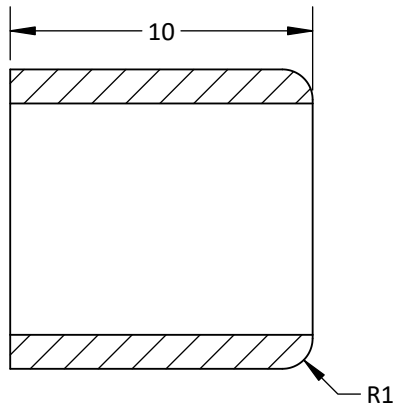
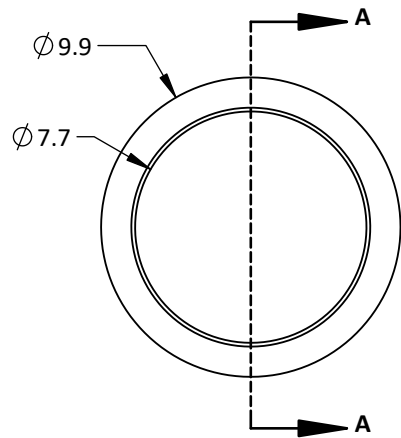


Sección A-A

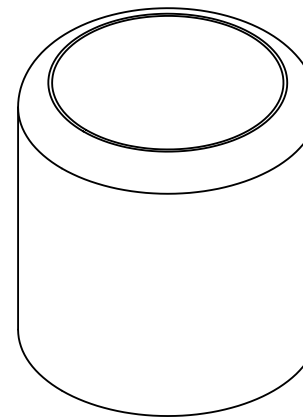
**NOTA:**

- Rebarbar y romper las aristas vivas
- Acabado con lija fina
- GP = Grosor de pared, DR = Densidad de relleno, R = Resolución
- Tiempo de impresión: 3 horas 5 minutos
- Dimensiones entre corchetes en pulgadas

	<b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA</b> Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica	<b>NOMBRE</b>		<b>FECHA</b>	<b>CÓDIGO DIBUJO</b>	PTEE - PM0030		<b>ACABADO</b>	Impresión 3D - GP: 2mm, DR: 90%, R: 0.15		<b>PROTOTIPO DE TURBINA EÓLICA HORIZONTAL A ESCALA</b>	
		<b>DISEÑADO</b>	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Agosto 2021	<b>PLANO</b> <b>Guarda para hélice motriz - 2</b>		<b>MATERIAL</b>	Filamento de PLA de 1.75 mm - blanco		<b>PESO</b>	25 g	
		<b>DIBUJADO</b>	Vultures Labs	Setiembre 2021			<b>REVISIÓN</b>	1.0				
		<b>REVISADO</b>	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Setiembre 2021	<b>CONFIDENCIAL:</b> Este plano y la información que contiene, son propiedad privada. Su uso y reproducción sin autorización, están prohibidos		<b>DIMENSIONES</b>	mm	<b>NORMA</b>	ANSIY 14.5 - 2009		<b>A4</b>
		<b>ESCALA</b>	2 : 3	No escale el dibujo			<b>HOJA</b>	1 de 1				




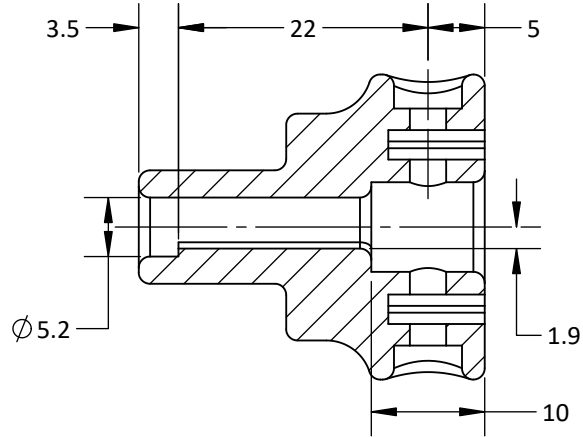
Sección A-A



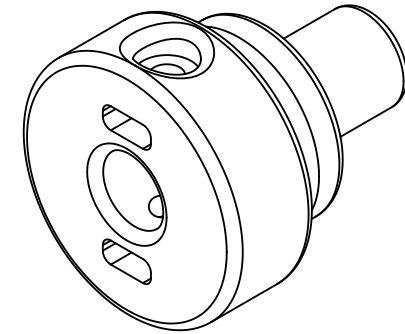
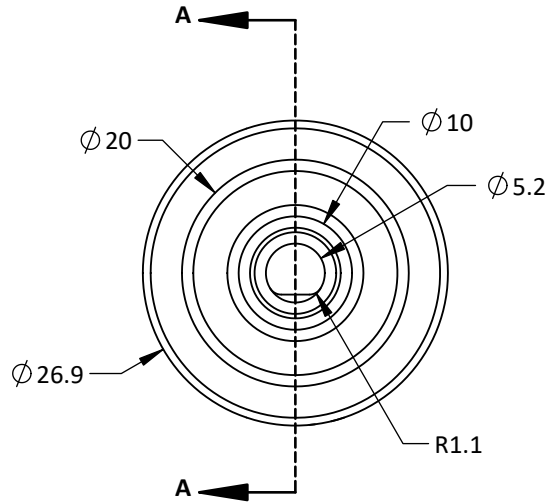
**NOTA:**

- Rebarbar y romper las aristas vivas
- Acabado con lija fina
- GP = Grosor de pared, DR = Densidad de relleno, R = Resolución
- Tiempo de impresión: 10 minutos
- Dimensiones entre corchetes en pulgadas

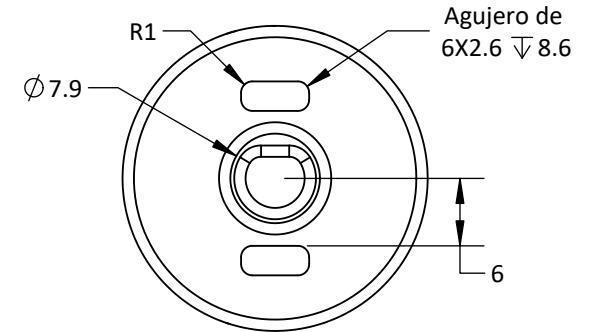
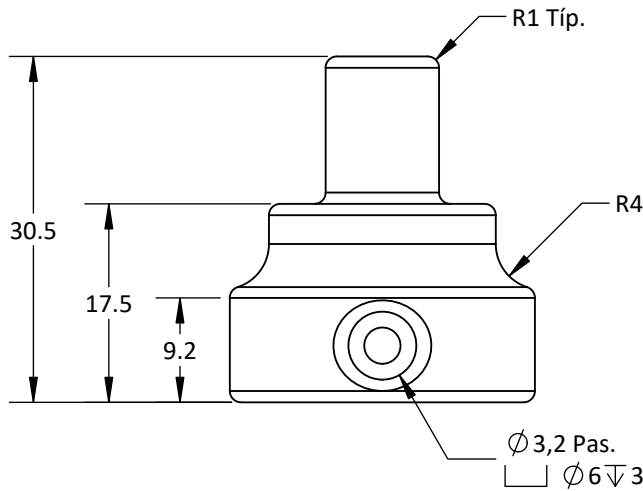
	<b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA</b> Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica	<b>NOMBRE</b>		<b>FECHA</b>	<b>CÓDIGO DIBUJO</b>	PTEE - PM0031		<b>ACABADO</b>	Impresión 3D - GP: 2mm, DR: 90%, R: 0.15	<b>PROTOTIPO DE TURBINA EÓLICA HORIZONTAL A ESCALA</b>			
		<b>DISEÑADO</b>	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Agosto 2021	<b>PLANO</b> <b>Guarda para tubo</b>		<b>MATERIAL</b>	Filamento de PLA de 1.75 mm - negro	<b>PESO</b>	5 g	<b>REVISIÓN</b>		1.0
		<b>DIBUJADO</b>	Vultures Labs	Setiembre 2021			<b>DIMENSIONES</b>	mm	<b>NORMA</b>	ANSIY 14.5 - 2009	<b>A4</b>		
		<b>REVISADO</b>	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Setiembre 2021	<b>CONFIDENCIAL:</b> Este plano y la información que contiene, son propiedad privada. Su uso y reproducción sin autorización, están prohibidos		<b>ESCALA</b>	4 : 1	No escale el dibujo	<b>HOJA</b>		1 de 1	



Sección A-A  
ESCALA 3 : 2



Vista inferior auxiliar



**NOTA:**

- Rebarbar y romper las aristas vivas
- Acabado con lija fina
- GP = Grosor de pared, DR = Densidad de relleno, R = Resolución
- Tiempo de impresión: 1 hora 10 minutos
- Dimensiones entre corchetes en pulgadas



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**  
Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales  
Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica

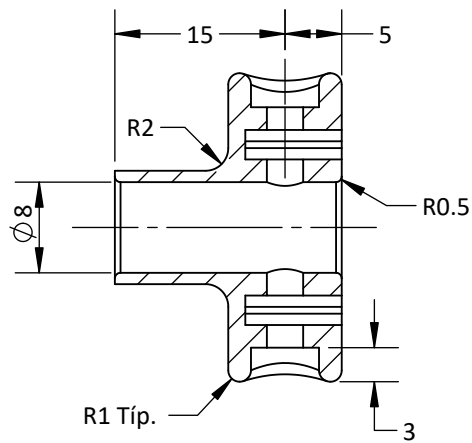
	NOMBRE	FECHA
DISEÑADO	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Agosto 2021
DIBUJADO	Vultures Labs	Setiembre 2021
REVISADO	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Setiembre 2021

CÓDIGO DIBUJO	PTEE - PM0032
PLANO <b>Soporte para tubo motriz - 1</b>	
<b>CONFIDENCIAL:</b> Este plano y la información que contiene, son propiedad privada. Su uso y reproducción sin autorización, están prohibidos	

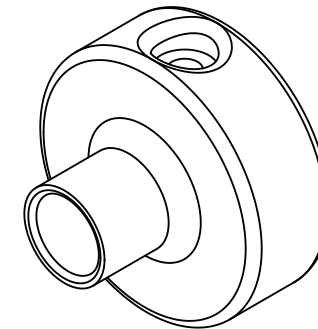
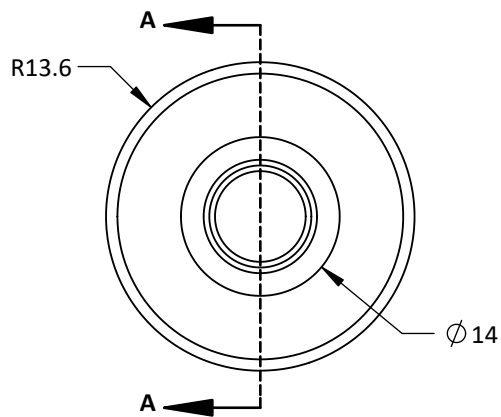
ACABADO	Impresión 3D - GP: 2mm, DR: 90%, R: 0.15
MATERIAL	Filamento de PLA de 1.75 mm - negro
DIMENSIONES	mm
ESCALA	1 : 1

PROTOTIPO DE TURBINA EÓLICA HORIZONTAL A ESCALA	
PESO	10 g
REVISIÓN	2.0
ANSI Y 14.5 - 2009	
HOJA	1 de 1

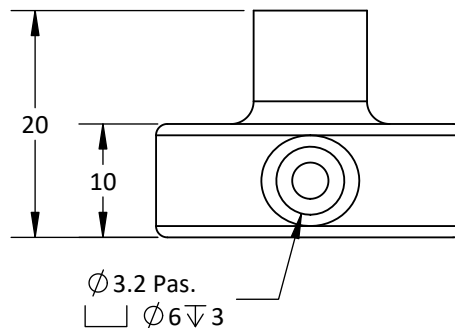
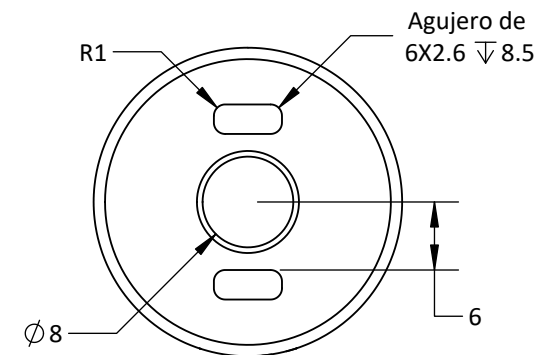
A4



Sección A-A




Vista inferior auxiliar

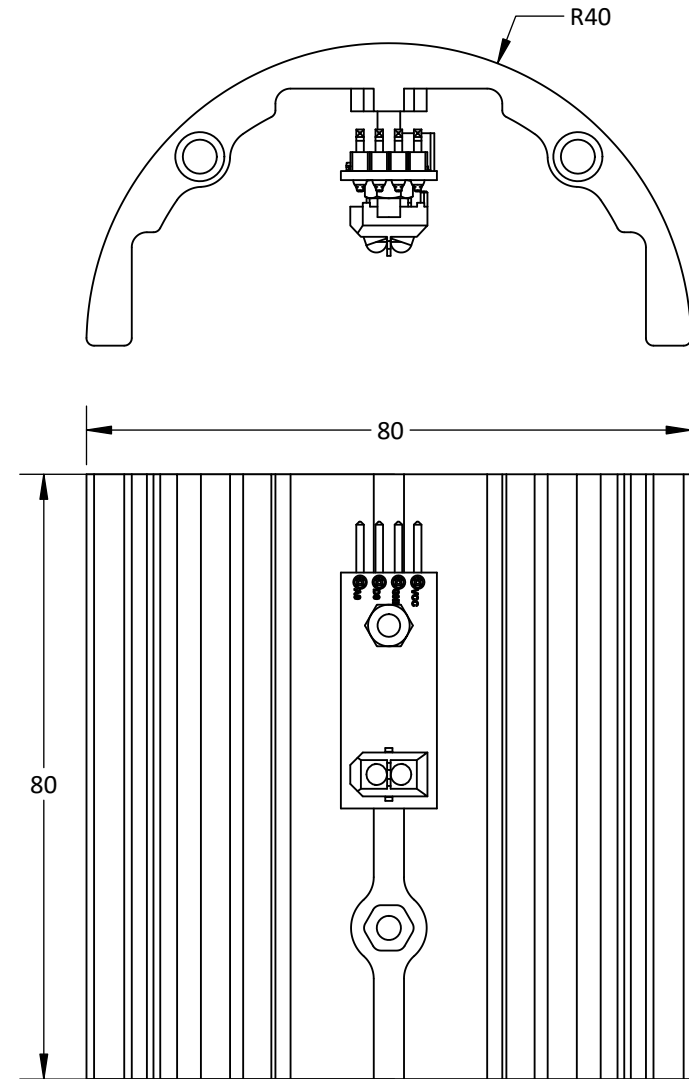
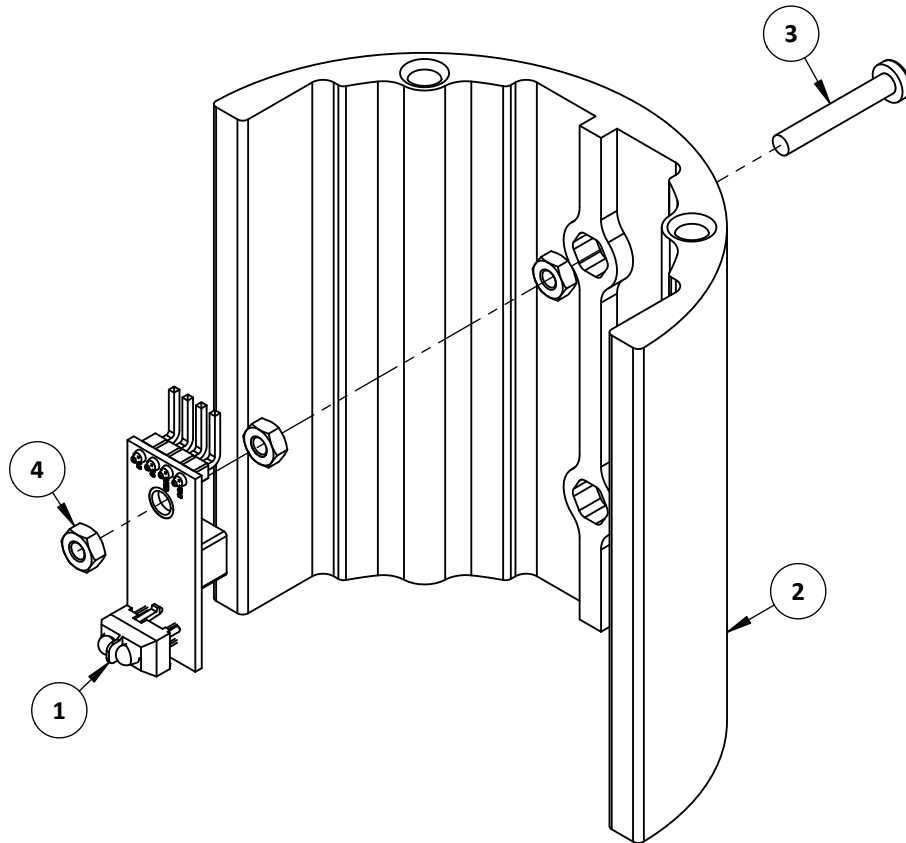


**NOTA:**


- Rebarbar y romper las aristas vivas
- Acabado con lija fina
- GP = Grosor de pared, DR = Densidad de relleno, R = Resolución
- Tiempo de impresión: 45 minutos
- Dimensiones entre corchetes en pulgadas

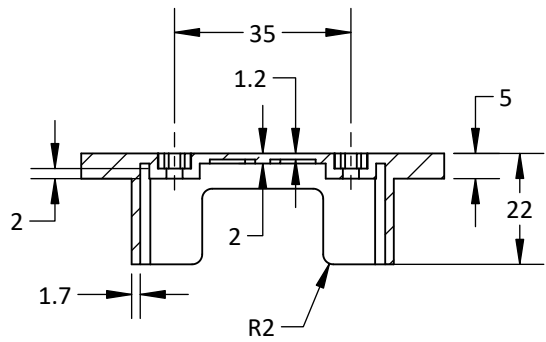
	<b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA</b> Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica	<b>NOMBRE</b>		<b>FECHA</b>	<b>CÓDIGO DIBUJO</b>	PTEE - PM0033		<b>ACABADO</b>	Impresión 3D - GP: 2mm, DR: 90%, R: 0.15	<b>PROTOTIPO DE TURBINA EÓLICA HORIZONTAL A ESCALA</b>			
		<b>DISEÑADO</b>	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Agosto 2021	<b>PLANO</b>		<b>Soporte para tubo motriz - 2</b>		<b>MATERIAL</b>	Filamento de PLA de 1.75 mm - negro	<b>PESO</b>	10 g	
		<b>DIBUJADO</b>	Vultures Labs	Setiembre 2021	<b>CONFIDENCIAL:</b> Este plano y la información que contiene, son propiedad privada. Su uso y reproducción sin autorización, están prohibidos		<b>DIMENSIONES</b>		mm	<b>NORMA</b>	ANSIY 14.5 - 2009		
		<b>REVISADO</b>	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Setiembre 2021			<b>ESCALA</b>		3 : 2	No escale el dibujo		<b>HOJA</b>	1 de 1
												<b>REVISIÓN</b>	3.0
												<b>A4</b>	

ITEM	DESCRIPCIÓN	PLANO	MATERIAL	PESO U.	CANT.
1	TCRT5000 - 2	TCRT5000 - 2 - ESP	-	5 g	1
2	Guarda para motor de rotación - 1	PTEE - PM0018	PLA	60 g	1
3	TORN CAB RED M3x20	-	A307	1 g	1
4	TUER HEX M3	-	A307	1 g	3

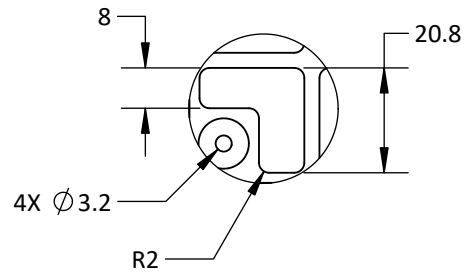


- NOTA:**
- Acabado con lija fina
  - Dimensiones entre corchetes en pulgadas

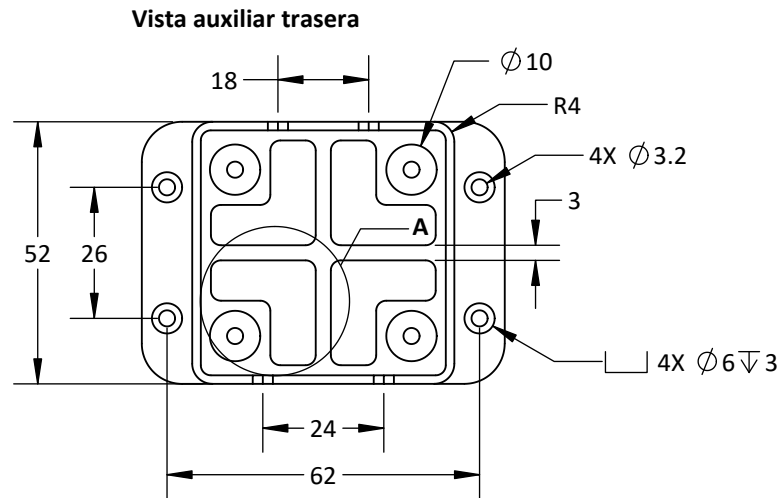
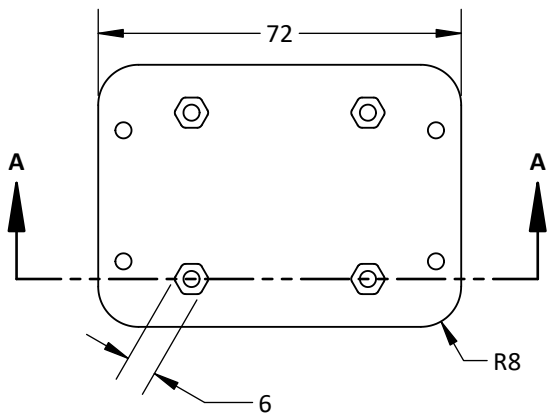
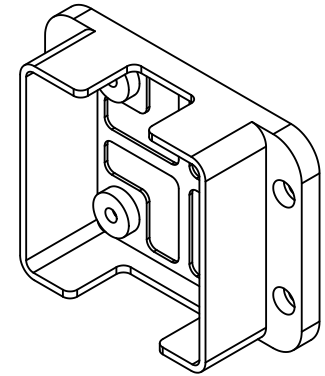
	<b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA</b> Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica	<b>NOMBRE</b>		<b>FECHA</b>	<b>CÓDIGO DIBUJO</b>	PTEE - EM0005		<b>ACABADO</b>	Rebarbar y romper las aristas vivas	<b>PROTOTIPO DE TURBINA EÓLICA HORIZONTAL A ESCALA</b>		
		<b>DISEÑADO</b>	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Agosto 2021	<b>PLANO</b>		<b>Guía lectora de RPMs</b>		<b>MATERIAL</b>	PLA / Acero A307	<b>PESO</b>	69 g
		<b>DIBUJADO</b>	Vultures Labs	Setiembre 2021	<b>CONFIDENCIAL:</b> Este plano y la información que contiene, son propiedad privada. Su uso y reproducción sin autorización, están prohibidos		<b>DIMENSIONES</b>		mm	<b>NORMA</b>	ANSIY 14.5 - 2009	<b>A4</b>
		<b>REVISADO</b>	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Setiembre 2021			<b>ESCALA</b>		1 : 1	No escale el dibujo		



Sección A-A



Detalle A



**NOTA:**

- Rebarbar y romper las aristas vivas
- Acabado con lija fina
- GP = Grosor de pared, DR = Densidad de relleno, R = Resolución
- Tiempo de impresión: 1 hora 50 minutos
- Dimensiones entre corchetes en pulgadas



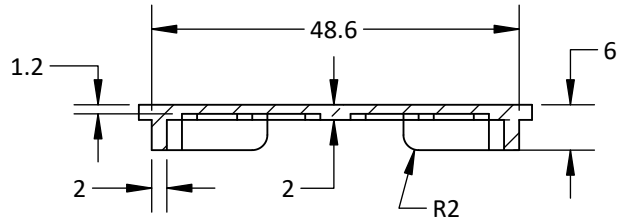
**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**  
 Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales  
 Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica

	NOMBRE	FECHA	CÓDIGO DIBUJO
DISEÑADO	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Agosto 2021	PLANO Base
DIBUJADO	Vultures Labs	Setiembre 2021	
REVISADO	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Setiembre 2021	

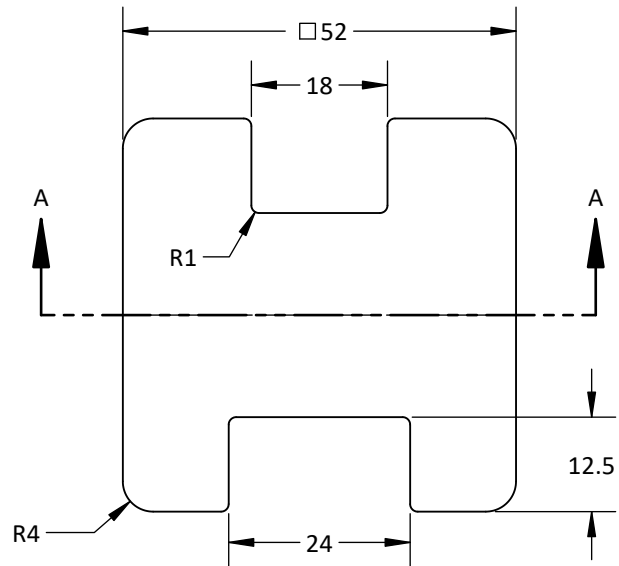
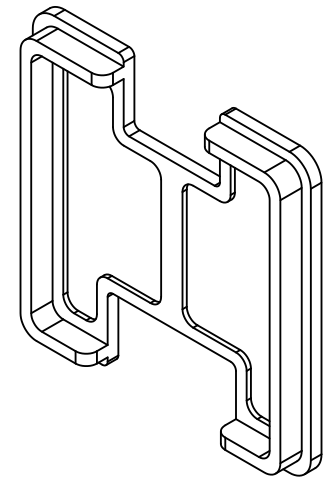
CASS - PM0001  
**CONFIDENCIAL:** Este plano y la información que contiene, son propiedad privada. Su uso y reproducción sin autorización, están prohibidos

ACABADO	Impresión 3D - GP: 2mm, DR: 90%, R: 0.15	
MATERIAL	Filamento de PLA de 1.75 mm - blanco	
DIMENSIONES	mm	NORMA
ESCALA	2 : 3	No escale el dibujo

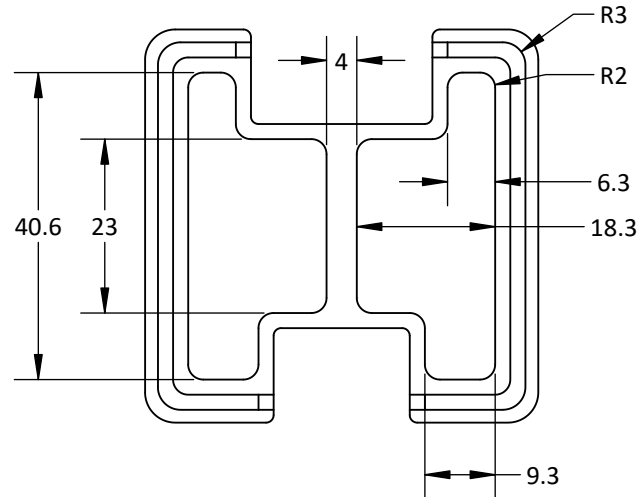
PROTOTIPO DE TURBINA EÓLICA HORIZONTAL A ESCALA	
PESO	20 g
REVISIÓN	1.0
ANSI Y 14.5 - 2009	A4
HOJA	



Sección A-A



Vista auxiliar trasera



**NOTA:**

- Rebarbar y romper las aristas vivas
- Acabado con lija fina
- GP = Grosor de pared, DR = Densidad de relleno, R = Resolución
- Tiempo de impresión: 35 minutos
- Dimensiones entre corchetes en pulgadas



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**  
 Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales  
 Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica

	NOMBRE	FECHA	CÓDIGO DIBUJO
DISEÑADO	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Agosto 2021	PLANO <b>Tope</b>
DIBUJADO	Vultures Labs	Setiembre 2021	
REVISADO	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Setiembre 2021	

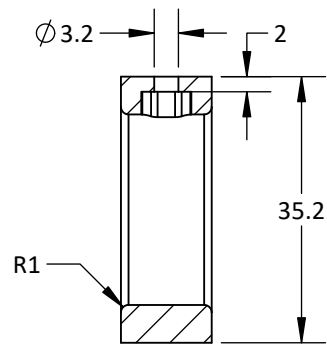
CASS - PM0002

**CONFIDENCIAL:** Este plano y la información que contiene, son propiedad privada. Su uso y reproducción sin autorización, están prohibidos

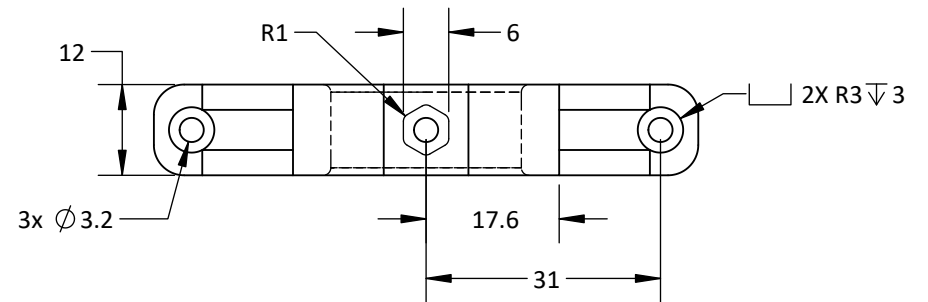
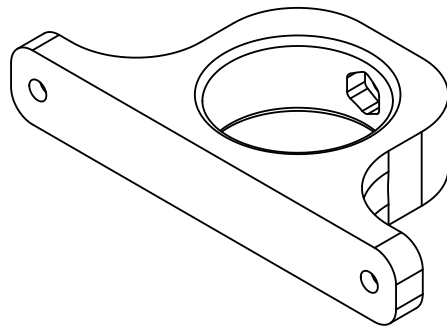
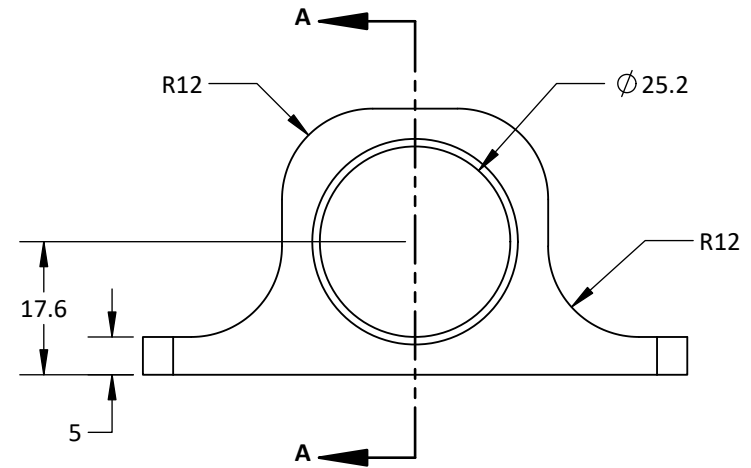
ACABADO	Impresión 3D - GP: 2mm, DR: 90%, R: 0.15
MATERIAL	Filamento de PLA de 1.75 mm - blanco
DIMENSIONES	mm
ESCALA	3 : 2

PROTOTIPO DE TURBINA EÓLICA HORIZONTAL A ESCALA	
PESO	10 g
REVISIÓN	1.0
NORMA	ANSI Y 14.5 - 2009
HOJA	1 de 1

A4



Sección A-A



**NOTA:**

- Rebarbar y romper las aristas vivas
- Acabado con lija fina
- GP = Grosor de pared, DR = Densidad de relleno, R = Resolución
- Tiempo de impresión: 55 minutos
- Dimensiones entre corchetes en pulgadas



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**  
 Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales  
 Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica

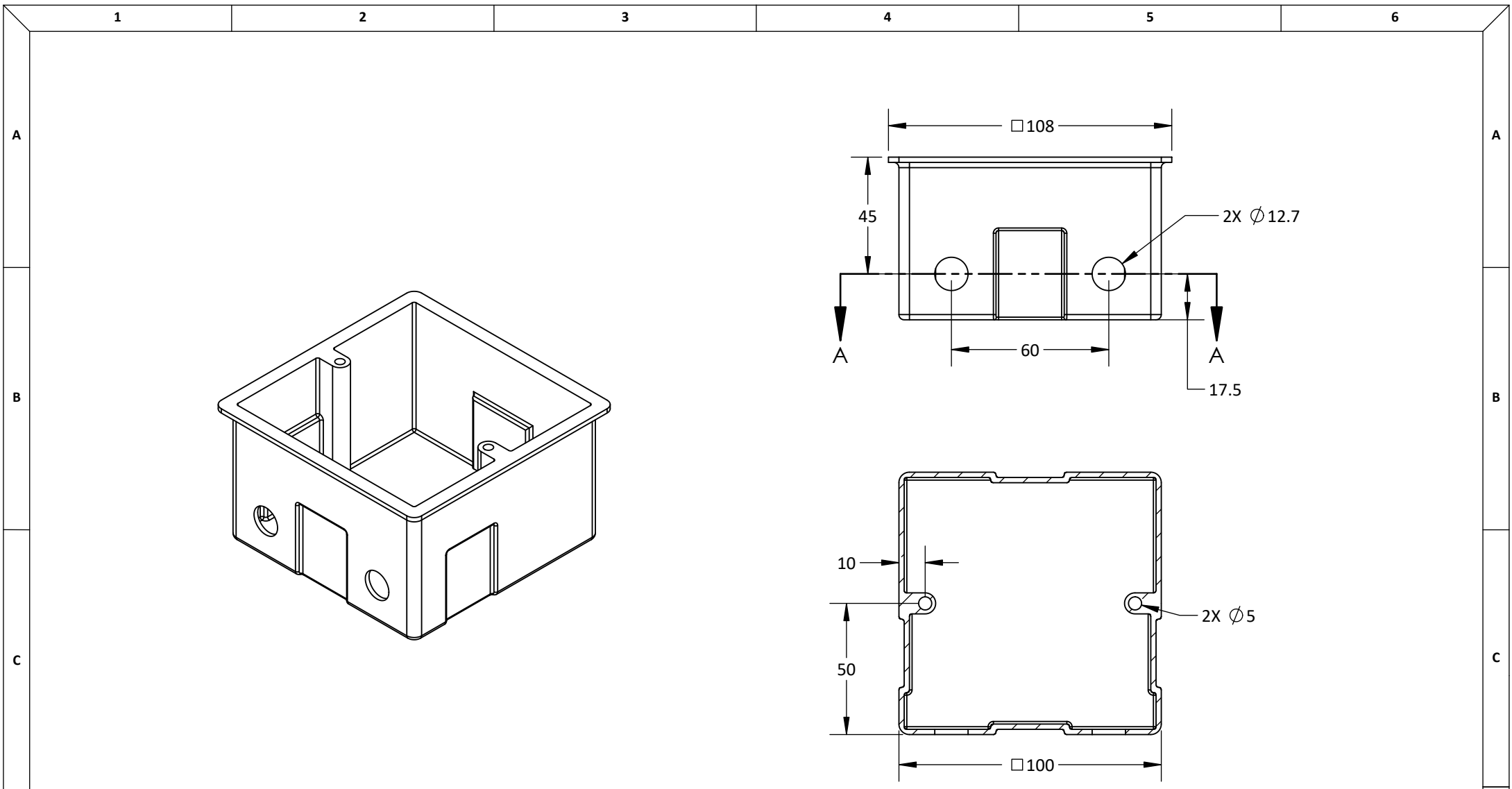
	NOMBRE	FECHA
DISEÑADO	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Agosto 2021
DIBUJADO	Vultures Labs	Setiembre 2021
REVISADO	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Setiembre 2021

CÓDIGO DIBUJO	CASS - PM0003
PLANO	<b>Soporte a tubo</b>
<b>CONFIDENCIAL:</b> Este plano y la información que contiene, son propiedad privada. Su uso y reproducción sin autorización, están prohibidos	

ACABADO	Impresión 3D - GP: 2mm, DR: 90%, R: 0.15	
MATERIAL	Filamento de PLA de 1.75 mm - blanco	
DIMENSIONES	mm	NORMA
ESCALA	1 : 1	No escale el dibujo


PROTOTIPO DE TURBINA EÓLICA HORIZONTAL A ESCALA	
PESO	10 g
REVISIÓN	1.0
ANSI Y 14.5 - 2009	
HOJA	1 de 1

A4

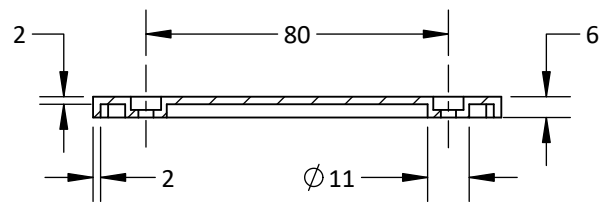


Sección A-A

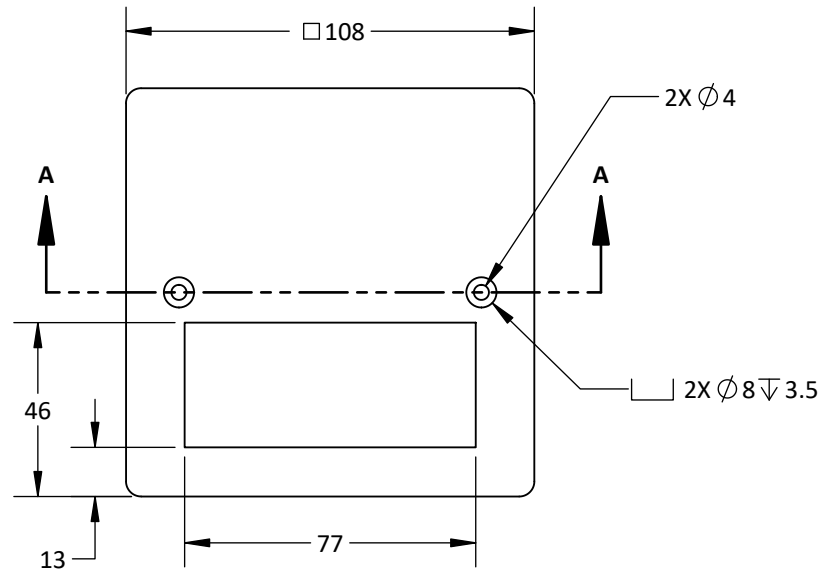
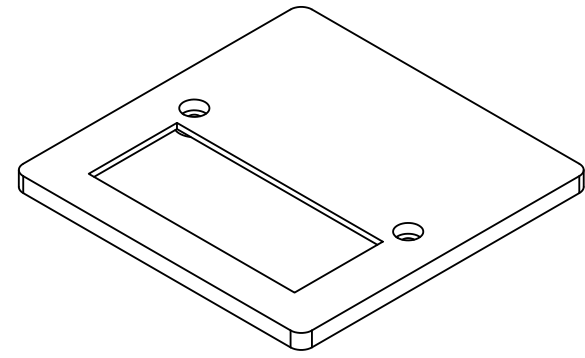
**NOTA:**  
 • Dimensiones entre corchetes en pulgadas

	<b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA</b>	<b>NOMBRE</b>		<b>FECHA</b>	<b>CÓDIGO DIBUJO</b>	CASS - PM0006		<b>ACABADO</b>		Rebarbar y romper aristas vivas		<b>PROTOTIPO DE TURBINA EÓLICA HORIZONTAL A ESCALA</b>		
	Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales	<b>DISEÑADO</b>	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Agosto 2021	<b>PLANO</b>		<b>Base</b>		<b>MATERIAL</b>		ABS		<b>PESO</b>	30 g
	Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica	<b>DIBUJADO</b>	Vultures Labs	Setiembre 2021	<b>CONFIDENCIAL:</b> Este plano y la información que contiene, son propiedad privada. Su uso y reproducción sin autorización, están prohibidos		<b>DIMENSIONES</b>		mm	<b>NORMA</b>		ANSI Y 14.5 - 2009		
		<b>REVISADO</b>	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Setiembre 2021			<b>ESCALA</b>		1 : 2	No escale el dibujo		<b>HOJA</b>	1 de 1	


A4

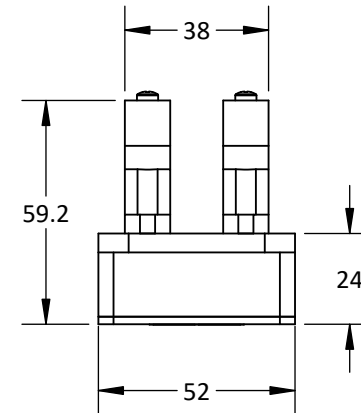
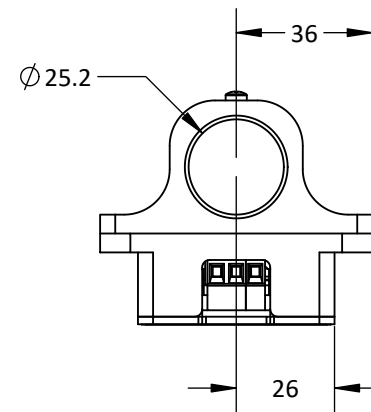
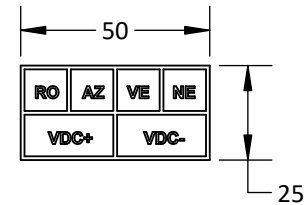
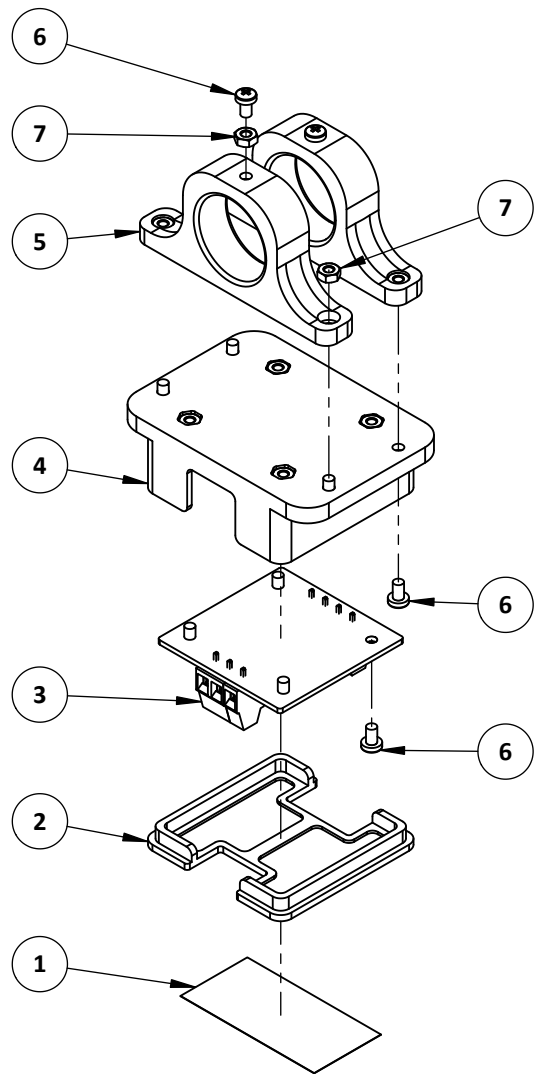


SECCIÓN A - A



**NOTA:**  
 • Dimensiones entre corchetes en pulgadas

	<b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA</b> Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica	<b>NOMBRE</b>		<b>FECHA</b>	<b>CÓDIGO DIBUJO</b>	<b>ACABADO</b>		Rebarbar y romper aristas vivas		<b>PROTOTIPO DE TURBINA EÓLICA HORIZONTAL A ESCALA</b>		
		<b>DISEÑADO</b>	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Agosto 2021	<b>PLANO</b> <b>Tope</b>	<b>MATERIAL</b> ABS	<b>DIMENSIONES</b> mm <b>NORMA</b> No escale el dibujo		<b>PESO</b>	25 g	<b>REVISIÓN</b>	1.0
		<b>DIBUJADO</b>	Vultures Labs	Setiembre 2021					<b>CONFIDENCIAL:</b> Este plano y la información que contiene, son propiedad privada. Su uso y reproducción sin autorización, están prohibidos		<b>ESCALA</b> 1 : 2	
		<b>REVISADO</b>	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Setiembre 2021								



ITEM	DESCRIPCIÓN	PLANO	MATERIAL	PESO U.	CANT.
1	Etiqueta de configuración	-	-	-	1
2	Tope	CASS - PM0002	PLA	10 g	1
3	Circuito de adecuación de señal de salida	CASS - EE0001	FR4	30 g	1
4	Base	CASS - PM0001	PLA	20 g	1
5	Soporte a tubo	CASS - PM0003	PLA	10 g	2
6	TORN CAB RED M3x5	-	A307	1 g	10
7	TUER HEX M3	-	A307	1 g	10

**NOTA:**

- Acabado con lija fina
- Dimensiones entre corchetes en pulgadas



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**  
 Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales  
 Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica

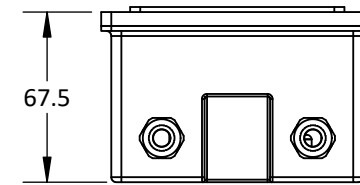
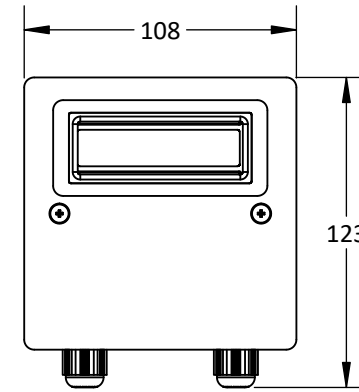
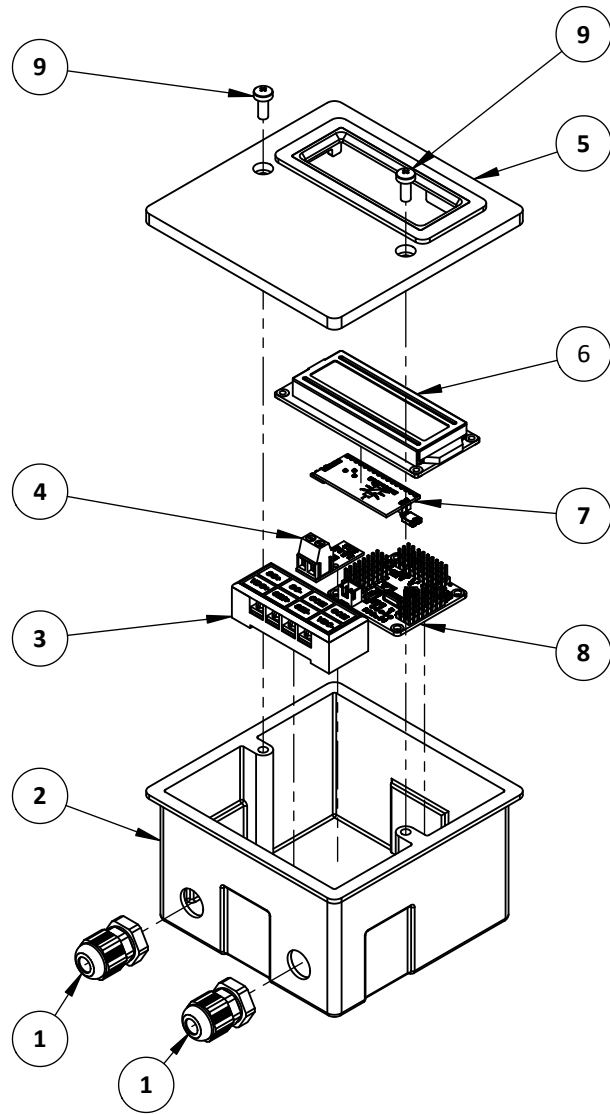
	NOMBRE	FECHA
DISEÑADO	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Agosto 2021
DIBUJADO	Vultures Labs	Setiembre 2021
REVISADO	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Setiembre 2021

CÓDIGO DIBUJO: CASS - EM0001  
**PLANO** Circuito de adecuación de señal de salida  
**CONFIDENCIAL:** Este plano y la información que contiene, son propiedad privada. Su uso y reproducción sin autorización, están prohibidos

ACABADO	Rebarbar y romper las aristas vivas
MATERIAL	PLA / FR4
DIMENSIONES	mm
ESCALA	1 : 2


PROTOTIPO DE TURBINA EÓLICA HORIZONTAL A ESCALA	
PESO	100 g
REVISIÓN	1.0
NORMA	ANSI Y 14.5 - 2009
HOJA	1 de 1

**A4**



**NOTA:**  
 • Acabado con lija fina  
 • Dimensiones entre corchetes en pulgadas

ITEM	DESCRIPCIÓN	PLANO	MATERIAL	PESO U.	CANT.
1	Prensaestopa PG07	-	-	5 g	2
2	Base	CASS - PM0006	ABS	85 g	1
3	Terminal block 4x2	-	-	5 g	1
4	ACS712	-	-	5 g	1
5	Tope	CASS - PM0007	ABS	25 g	1
6	LCD 16x2	-	-	35 g	1
7	LCD 16x2 I2C	-	-	5 g	1
8	Arduino Pro Mini Strong	-	-	15 g	1
9	TORN CAB RED M4x10	-	A307	1 g	2

	<b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA</b> Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica	<b>NOMBRE</b>		<b>FECHA</b>	<b>CÓDIGO DIBUJO</b>	CASS - EM0002		<b>ACABADO</b> Rebarbar y romper las aristas vivas		<b>PROTOTIPO DE TURBINA EÓLICA HORIZONTAL A ESCALA</b>	
		<b>DISEÑADO</b>	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Agosto 2021	<b>PLANO</b>	<b>Circuito de monitoreo para prueba de carga</b>		<b>MATERIAL</b> ABS / A307		<b>PESO</b>	187 g
		<b>DIBUJADO</b>	Vultures Labs	Setiembre 2021				<b>DIMENSIONES</b>		mm	<b>NORMA</b>
		<b>REVISADO</b>	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Setiembre 2021	<b>CONFIDENCIAL:</b> Este plano y la información que contiene, son propiedad privada. Su uso y reproducción sin autorización, están prohibidos		<b>ESCALA</b>	1 : 3	No escale el dibujo	<b>HOJA</b>	1 de 1

1

2

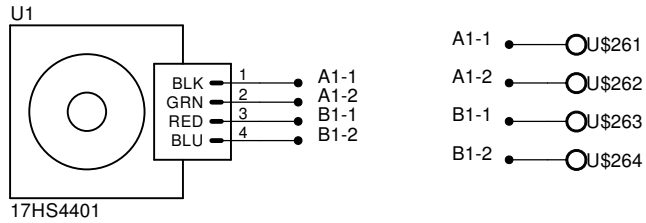
3

4

5

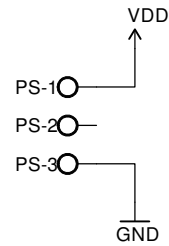
6

### MOTOR PASO A PASO



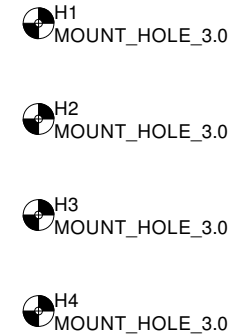
Ángulo de paso: 1.8 grados  
 Corriente de consumo: 1.7 A máx.  
 Resistencia de fase: 1.5 ohm  
 Torque mantenido: 40 N-cm

### SALIDA DE VOLTAJE



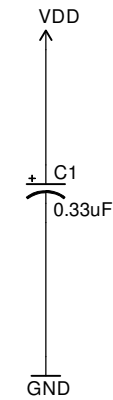
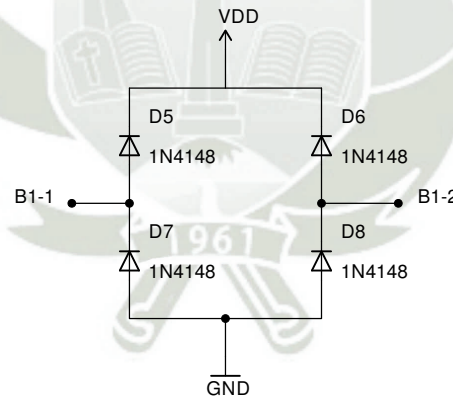
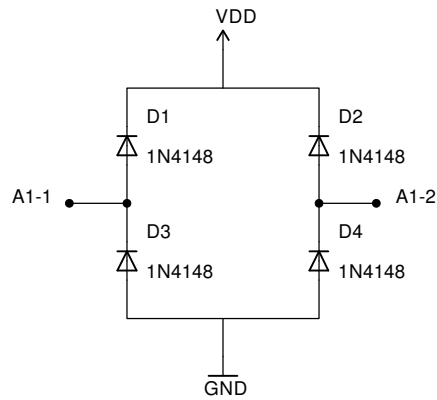
VDD: Voltaje de salida de rectificad de generador positiva  
 GND: Tierra común

### MONTAJE



Dimensiones generales: 46 x 46.5 mm

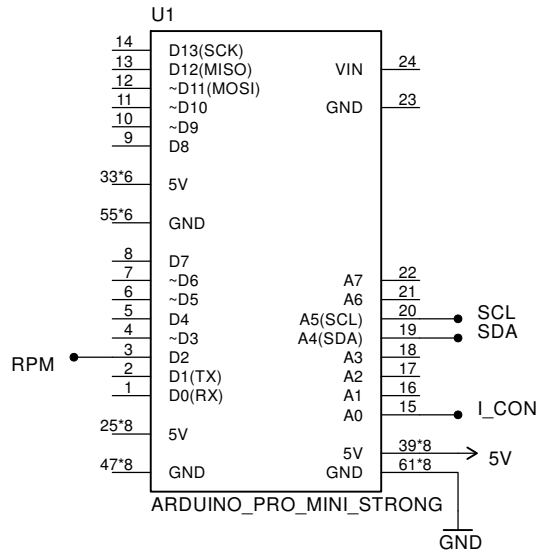
### ADECUACIÓN DE SEÑAL DE SALIDA



Puente de diodos por cada dos bobinas.  
 Capacitor de estabilización a la salida.  
 Salidas positivas compartidas.  
 Tierras compartidas.

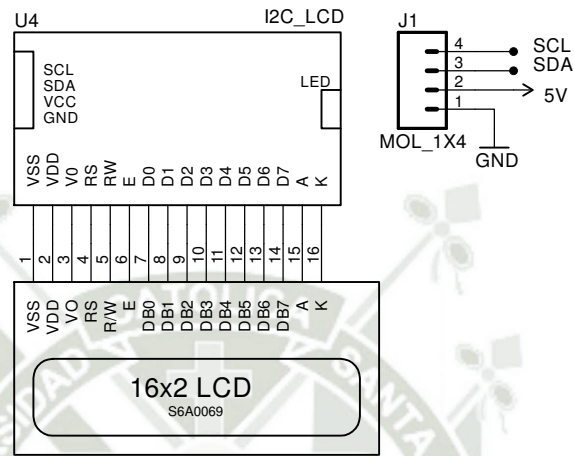
	UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA	PLANO <b>CIRCUITO DE ADECUACIÓN DE SEÑAL DE SALIDA</b>	NOMBRE		FECHA	CODIGO DE DIBUJO	REVISION
	Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales		DISEÑADO	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Octubre 2021	CASS - CE0001	1.0
	Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica	DIBUJADO	Vultures Labs	Noviembre 2021	No escale el dibujo		
		REVISION	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Noviembre 2021	HOJA	1 de 1	

### CONTROLADOR PRINCIPAL



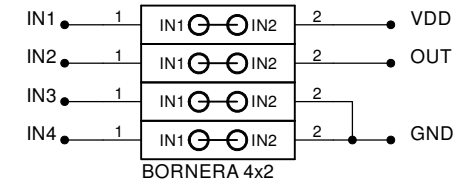
Micronrolador : Atmega 328.  
 Velocidad del reloj : 16MHz.  
 Voltaje de trabajo : 5V.  
 Corriente máxima absoluta por pin : 20mA a 40mA

### INTERFAZ HMI



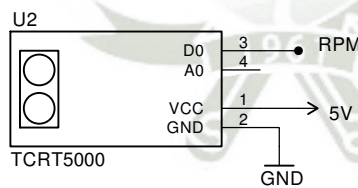
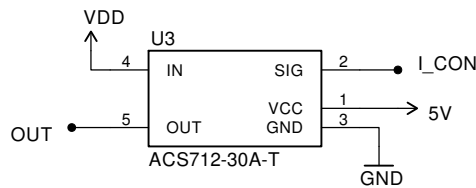
I2C\_LCD: Interfaz de control por pantalla LCD 16x2 con comunicación I2C

### SALIDA



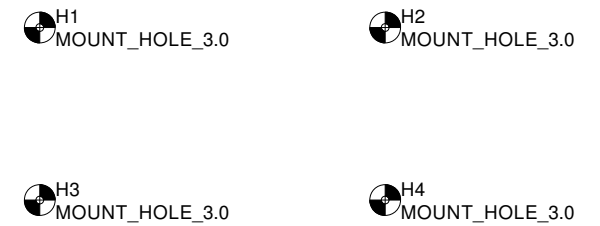
IN1 : Entrada de voltaje positivo de generador.  
 IN2 : Entrada positiva de simulador de carga.  
 IN3 : Entrada negativa de simulador de carga.  
 IN4 : Entrada de tierra común por generador.

### SENSORES



RPM: Medición de giro del motor en RPM  
 I\_CON: Medición de corriente de consumo de motor

### MONTAJE



Dimensiones generales: 60 x 80 mm

	UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA	PLANO <b>CIRCUITO DE MONITOREO PARA PRUEBA DE CARGA</b>	NOMBRE		FECHA	CODIGO DE DIBUJO		REVISION	
	Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales		DISEÑADO	Manuel Eduardo Huaco Zanabria	Octubre 2021	CASS - CE0002		1.0	
	Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica	CONFIDENCIAL: Este plano y la información que contiene, son propiedad privada. Su uso y reproducción sin autorización, están prohibidos.		DIBUJADO	Vultures Labs	Noviembre 2021	No escale el dibujo		A4
		1	2	3	4	5	HOJA	1 de 1	