

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



ACOPLAMIENTO PARA DRONES DEL TIPO MULTIRROTOR

ENFOCADO A LA LIMPIEZA DE FACHADAS DE EDIFICIOS

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Mecatrónico

AUTOR:

Rafael Williams Lema Eros

ASESOR:

Carlos Saito Villanueva

Lima, Mayo, 2024

Informe de Similitud


Yo, Carlos Saito Villanueva, docente de la Facultad de Ciencia e Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú, asesor(a) de la tesis/el trabajo de investigación titulado

ACOPLAMIENTO PARA DRONES DEL TIPO MULTIRROTOR ENFOCADO A LA LIMPIEZA DE FACHADAS DE EDIFICIOS, del autor: Rafael William Lema Eros

dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 4%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el 19 de Junio 2024.
- He revisado con detalle dicho reporte y la Tesis o Trabajo de Suficiencia Profesional, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

Lugar y fecha: San José, 19 de junio 2024

Apellidos y nombres del asesor / de la asesora: <u>Saito, Carlos</u>	
DNI: 43657069	Firma: 
ORCID: 0000-0002-3884-7149	

RESUMEN

Los drones actualmente han tomado relevancia en un gran número de industrias como la fotografía, cine, agricultura e incluso minería, lo que demuestra el gran potencial de esta tecnología. Sin embargo, sus aplicaciones pueden ir aún más lejos y llegar a industrias como la de limpieza de edificios donde pueden aportar una mayor eficiencia en tiempo y costos, además de reducir los peligros a los que los limpiadores de alturas están expuestos. Pero esto es algo que un dron multirrotor no podría lograr por sí solo, ya que requeriría de adaptaciones y de otros sistemas que permitan a esta tecnología lograr introducirse en la industria de limpieza de edificios.

Por tal motivo, el problema que se busca solucionar con el presente trabajo de investigación es disminuir la tasa de accidentes y exposición a lesiones de los limpiadores de edificios en alturas. Así como, reducir el tiempo y dinero requerido para realizar dicha tarea en edificios que no superen los 10 pisos de altura.

El objetivo principal del presente trabajo es diseñar un acoplamiento con una carga útil inferior a los 5 kilos, para un dron comercial del tipo multirrotor con el propósito de realizar la limpieza de la fachada de edificios no mayores a 10 pisos utilizando agua a presión. Por otro lado, los objetivos específicos que se deben cumplir son: Investigar el estado de las tecnologías y sistemas actuales relacionados con la limpieza exterior de edificios, diseñar el sistema eléctrico / electrónico para regular la energía de cada parte del sistema, definir los sistemas de control que permitan a la solución operar de forma eficiente, diseñar el sistema mecánico que contenga los componentes necesarios, realizar los planos mecánicos y electrónicos del sistema y determinar el costo de desarrollo e implementación.

Para cumplir dicho objetivo se encontró óptimo utilizar un dron comercial para realizar la función del desplazamiento del módulo. Este estará acoplado al dron y se encargará de dirigir el chorro de agua, así como grabar y transmitir en tiempo real el proceso de limpieza a una interfaz en tierra. Por otra parte, se diseñó una estación ubicada a nivel del suelo que se encarga de suministrar agua a presión y energía al módulo.

El trabajo concluye con el alcance del objetivo general, puesto que se diseñó un acoplamiento, con una carga útil de 2, 432 kilos, para el dron comercial DJI S900 con el propósito de realizar la limpieza de la fachada de edificios de hasta 6 pisos utilizando agua a presión.



DEDICATORIA

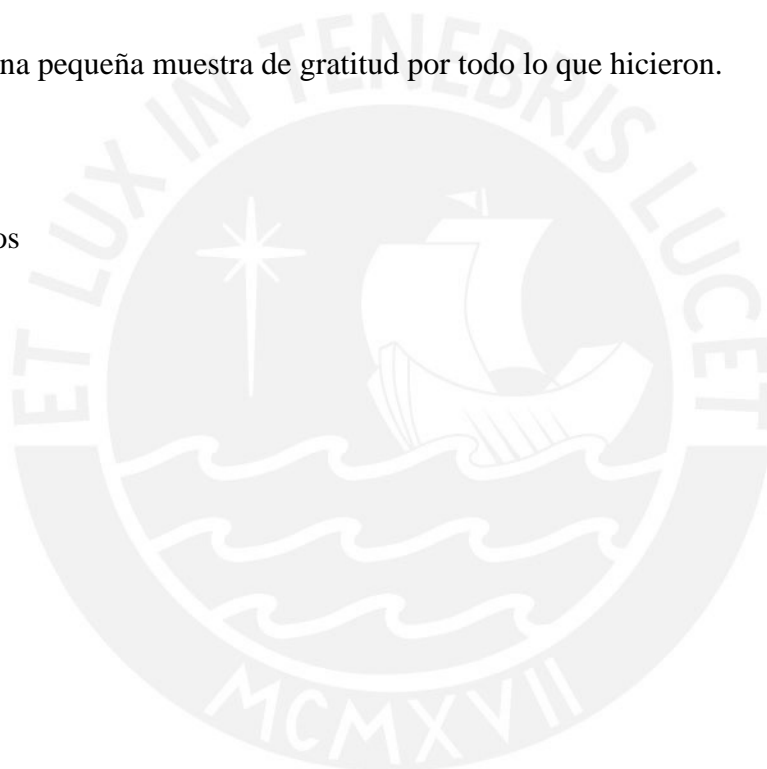
A mis padres Rafael y Monika, por nunca hacerme falta. Gracias por su fe en mí y por enseñarme que todo se puede, que solo hace falta creer y esforzarse en consecuencia.

A mi tía Maritza, por actuar como mi segunda madre. Gracias por enseñarme el valor de la perseverancia y por acogerme con amor.

Este trabajo es una pequeña muestra de gratitud por todo lo que hicieron.

Con cariño,

Rafael Lema Eros



ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	1
DEDICATORIA	3
ÍNDICE DE CONTENIDO	4
LISTA DE FIGURAS	8
LISTA DE TABLAS	11
DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	13
1.1 Problemática:	13
1.2 Objetivos:	15
1.2.1 Objetivo general.	15
1.2.2 Objetivos específicos.	15
1.3 Metodología:	16
DISEÑO MECÁNICO DEL MÓDULO DE LIMPIEZA	18
2.1 Selección del dron:	18
2.1.1 Listado de drones comerciales.	18
2.1.2 Evaluación técnica económica del dron.	21
2.2 Selección de componentes del módulo de limpieza:	23
2.2.1 Selección de mangueras.	24
2.2.2 Selección de receptores y transmisores de radio control.	25
2.2.3 Opción de uso del sistema Guidance de la marca DJI.	26
2.2.4 Selección cámaras.	28
2.2.5 Selección de servomotores.	29
2.3 Diseño 3D y simulaciones del módulo de limpieza:	34
2.3.1 Diseño 3D del módulo de limpieza.	35
2.3.2 Simulaciones del módulo de limpieza.	47

2.4 Cálculos del módulo de limpieza:	53
2.4.1 Cálculo del peso máximo de vuelo sostenido del dron:	54
2.4.2 Cálculo del peso del módulo.	55
2.4.3 Cálculo de disipación térmica de las fuentes de alimentación del módulo.	59
DISEÑO DE LA ELECTRÓNICA DEL MÓDULO DE LIMPIEZA	65
3.1 Diagrama de bloques electrónico del módulo de limpieza:	65
3.2 Selección de componentes electrónicos de control:	66
3.3 Selección de componentes electrónicos de potencia:	67
3.3.1 Selección del grupo electrógeno.	67
3.3.2 Selección de las fuentes AC/DC para el módulo de limpieza.	68
3.3.3 Selección del cable de alimentación del dron y módulo	70
3.4 Diagrama de conexiones del módulo de limpieza:	72
DISEÑO MECÁNICO DE LA ESTACIÓN DE ALIMENTACIÓN	73
4.1 Selección de componentes de la estación de alimentación:	73
4.1.1 Selección de tuberías.	73
4.1.2 Selección de bombas.	75
4.1.3 Selección de válvulas limitadoras de presión.	77
4.1.4 Selección de válvulas proporcionales.	77
4.1.5 Selección de transmisores de presión.	79
4.1.6 Selección de sensor de caudal.	80
4.1.7 Selección de switch de nivel.	81
4.1.8 Selección de electroválvulas on off.	82
4.1.9 Selección de ruedas castor.	83
4.1.10 Selección de la caja electrónica.	84
4.1.11 Selección del depósito de agua.	85
4.2 Diseño 3D de la estación de alimentación:	86

4.3 Cálculo de presión en la bomba y fuerza de empuje en el módulo:	96
DISEÑO DE LA ELECTRÓNICA DE LA ESTACIÓN DE ALIMENTACIÓN	99
5.1 Diagrama de bloques electrónico de la estación de alimentación:	99
5.2 Selección de componentes electrónicos de control:	100
5.2.1 Selección del microcontrolador.	101
5.2.2 Selección de conversor analógico digital.	102
5.2.3 Selección de convertidor de señales analógicas.	102
5.2.4 Selección del controlador de la válvula proporcional.	104
5.3 Diseño de convertidor PWM a señal analógica de 0-5V.	105
5.4 Selección de componentes electrónicos de potencia.	109
5.4.1 Selección del grupo electrógeno.	109
5.4.2 Selección de fuentes AC/DC para la estación de alimentación:	109
5.5 Diagrama de conexiones de la estación de alimentación:	111
5.6 Diseño del PCB:	112
DISEÑO DE LA AUTOMATIZACIÓN	116
6.1 Estrategias de control o automatización:	116
6.2 Flujograma de funcionamiento del sistema:	119
6.3 Estrategía de limpieza de fachadas:	122
6.4 Selección de tablet:	125
COSTOS	127
7.1 Costos del módulo de limpieza:	127
7.1.1 Costos de los componentes del módulo de limpieza.	127
7.1.2 Costos de los materiales del módulo de limpieza.	128
7.2 Costos de la estación de alimentación:	134
7.2.1 Costos de los componentes de la estación de alimentación.	134
7.2.2 Costo de los materiales de la estación de alimentación.	135

7.3 Costo de fabricación:	140
7.4 Costos de diseño:	140
7.5 Costo total:	140
CONCLUSIONES	142
BIBLIOGRAFÍA	145
ANEXOS	149
ANEXO A: LISTA DE REQUERIMIENTOS	150
ANEXO B: ESTRUCTURA DE FUNCIONES GLOBAL	157
ANEXO C: CÁLCULOS REALIZADOS EN MATLAB	158
ANEXO D: RELACIÓN ENTRE PLANOS	166



LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1. Dron DJI S900.	19
Figura 2.2. Dron DJI Matrice 100.	20
Figura 2.3. Dron DJI Matrice 200 V2.	21
Figura 2.4. Evaluación técnica económica de los drones.	23
Figura 2.5. Sistema de detección Guidance.	27
Figura 2.6. Distancia de la manguera al eje del servomotor.	30
Figura 2.7. Servomotor encargado del movimiento en un plano horizontal.	30
Figura 2.8. Pieza de soporte de la parte inferior del módulo.	31
Figura 2.9. Fuerzas de compresión en la pieza de soporte.	32
Figura 2.10. Fuerza de fricción en la pieza.	32
Figura 2.11. Módulo de limpieza.	35
Figura 2.12. Vista frontal del módulo y dron acoplados.	36
Figura 2.13. Vista de perfil del módulo y dron acoplados.	36
Figura 2.14. Vista inferior del módulo y dron acoplados.	37
Figura 2.15. Ubicación de los componentes internos del módulo.	38
Figura 2.16. Aletas disipadoras de las fuentes de poder del módulo	39
Figura 2.17. Servomotor de la parte superior del módulo.	39
Figura 2.18. Servomotor atornillado a pieza de plástico para transmisión de torque.	40
Figura 2.19. Piezas de soporte de la parte inferior.	41
Figura 2.20. Ubicación de los componentes del sistema Guidance.	42
Figura 2.21. Parte intermedia del módulo	43
Figura 2.22. Pieza de soporte de la parte inferior del módulo.	43
Figura 2.23. Servomotor atornillado a pieza de aluminio para transmisión de torque.	44
Figura 2.24. Pieza de conexión de la parte intermedia con la superior.	44
Figura 2.25. Vista perfil de la parte inferior del módulo.	45
Figura 2.26. Vista interna de la parte inferior.	45
Figura 2.27. Cámara FPV y Soporte.	46
Figura 2.28. Pieza de transmisión de torque.	46

Figura 2.29. Simulación del conector entre el módulo y el dron.	47
Figura 2.30. Simulación del tubo de soporte de la parte inferior e intermedia.	48
Figura 2.31. Simulación de la conexión plástico ABS del servo.	49
Figura 2.32. Simulación de la conexión de aluminio del servo.	50
Figura 2.33. Simulación del tubo de transmisión de torque hacia la parte inferior.	51
Figura 2.34. Simulación del soporte de la parte inferior.	52
Figura 2.35. Simulación del soporte de los servos de la parte intermedia.	53
Figura 2.36. Peso total del módulo de limpieza.	57
Figura 2.37. Diagrama de disipación para la fuente PACSR24021S.	60
Figura 2.38. Simplificación resistiva de disipación para la fuente PACSR24021S.	61
Figura 2.39. Diagrama de disipación para la fuente TUNS100F05.	63
Figura 2.40. Simplificación resistiva de disipación para la fuente TUNS100F05.	63
Figura 3.1. Diagrama de bloques electrónico del módulo de limpieza.	65
Figura 3.2. Diagrama de conexiones del módulo de limpieza	72
Figura 4.1. Estructura base de la estación.	87
Figura 4.2. Perfil en L para la unión de v-slots.	87
Figura 4.3. Sistema de movimiento de la estación.	88
Figura 4.4. Unión de las ruedas a la estructura.	88
Figura 4.5. Depósito de agua rectangular de 30 litros.	89
Figura 4.6. Sistema de suministro de agua.	90
Figura 4.7. Vista lateral del sistema de expulsión de agua a presión.	91
Figura 4.8. Vista frontal sistema de expulsión a presión.	92
Figura 4.9. Estación de alimentación.	93
Figura 4.10. Unión de marcos de fibra de vidrio y planchas de aluminio a la estructura.	93
Figura 4.11. Estación con puerta abierta.	94
Figura 4.12. Seguros para la puerta.	95
Figura 4.13. Puerta asegurada con candado.	95
Figura 4.14. Switches de encendido y apagado del sistema.	96
Figura 4.15. Diagrama para el cálculo de presiones	97
Figura 5.1. Diagrama de bloques electrónico de la estación de alimentación.	100

Figura 5.2. Circuito transformador de PWM a 0-5V.	106
Figura 5.3. Señal analógica de salida con un ciclo de 0.1%.	106
Figura 5.4. Señal analógica de salida con un ciclo de 25%.	107
Figura 5.5. Señal analógica de salida con un ciclo de 50%.	107
Figura 5.6. Señal analógica de salida con un ciclo de 75%.	108
Figura 5.7. Señal analógica de salida con un ciclo de 100%.	108
Figura 5.8. Diagrama de conexiones de la estación de alimentación	112
Figura 5.9. Diseño del PCB de la estación de alimentación.	113
Figura 5.10. Cara superior del PCB.	114
Figura 5.11. Cara inferior del PCB.	114
Figura 5.12. Diseño en 3D del PCB.	115
Figura 6.1. Flujograma primera parte.	119
Figura 6.2. Flujograma segunda parte.	120
Figura 6.3. Flujograma tercera parte.	121
Figura 7.1. Plancha de fibra de carbono de 400 x 500 mm y 1 mm de espesor.	130
Figura 7.2. Tubo cuadrado 10x10 de fibra de carbono.	131
Figura 7.3. Tubo circular de fibra de carbono.	132
Figura 7.4. V-slot 20x40.	136
Figura 7.5. V-slot 40x40.	137

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.1. Edificios construidos en el mundo durante los últimos años.	13
Tabla 2.1. Evaluación económica de los drones.	21
Tabla 2.2. Evaluación técnica de los drones.	22
Tabla 2.3. Selección de mangueras.	24
Tabla 2.4. Selección de radiotransmisores y radiorreceptores.	25
Tabla 2.5. Selección de cámaras.	28
Tabla 2.6. Selección de servomotores.	33
Tabla 2.7. Pesos de los componentes del módulo.	56
Tabla 3.1. Selección del generador eléctrico.	68
Tabla 3.2. Selección de fuentes AC/DC para el módulo.	69
Tabla 4.1. Selección de bombas.	75
Tabla 4.2. Selección de válvulas limitadoras de presión.	77
Tabla 4.3. Selección de servoválvulas.	78
Tabla 4.4. Selección de transmisores de presión.	79
Tabla 4.5. Selección de caudalímetros.	80
Tabla 4.6. Selección de switch de nivel.	81
Tabla 4.7. Selección de electroválvulas on off.	83
Tabla 4.8. Selección de ruedas castor.	84
Tabla 4.9. Selección de la caja electrónica.	85
Tabla 4.10. Selección del depósito de agua.	86
Tabla 5.1. Selección del microcontrolador.	101
Tabla 5.2. Selección de conversor analógico digital.	102
Tabla 5.3. Selección de convertidor de señales analógicas.	103
Tabla 5.4. Selección del controlador de la válvula proporcional.	104
Tabla 5.5. Selección de fuentes AC/DC para la estación.	110
Tabla 6.1 Selección de tablet.	126
Tabla 7.1. Costo de los componentes del módulo.	127
Tabla 7.2. Masas y volúmenes de las piezas impresas en 3D.	133

Tabla 7.3. Costo de los componentes de la estación.	134
Tabla 7.4. Masas y volúmenes de las piezas de fibra de vidrio.	139
Tabla 7.5. Costo total.	141



CAPÍTULO 1

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En este capítulo se analizará la problemática detrás de los procesos de limpieza de edificios en alturas, con lo que se procederá a realizar un estado del arte para conocer las distintas soluciones y propuestas planteadas actualmente y finalmente se detalla los requerimientos que debe cumplir el sistema para alcanzar los objetivos que también se plantean en este capítulo.

1.1 Problemática:

Actualmente existe una tendencia al crecimiento vertical de las ciudades, esto debido al aumento poblacional presente en las mismas. En 2016, de los 1443 edificios construidos en Lima, 87 superan los 20 pisos de altura, 970 están en el rango de entre 11 a 20 pisos y 322 de 6 a 10 pisos (“Cinco Ventajas De Vivir En Un Edificio Mayor a 15 Pisos, Según Capeco”, 2017). Esta tendencia está presente tanto en el país como en todo el mundo como se muestra en la tabla 1.1.

Tabla 1.1. Edificios construidos en el mundo durante los últimos años.

Número de pisos	Año 2017	Año 2018	Año 2019
Más de 200 pisos	144 (Holland, 2017)	146 (Block, 2020)	126 (Block, 2020)
Más de 300 pisos	–	–	26 (Block, 2020)

Los edificios son cada vez más altos con complejas formas y arquitecturas, lo que genera limitantes en la limpieza de exteriores. Esto supone una creciente necesidad de servicios para el mantenimiento de los mismos, necesidad que actualmente está cubierta por un servicio donde los trabajadores deben descender utilizando cuerdas, arneses y andamios, muchas veces en condiciones climáticas desfavorables como viento y lluvia, lo cual expone al trabajador a riesgos o peligros propios de esta actividad.

Solo en Reino Unido alrededor de 30 personas sufren serios accidentes cada año, debido al riesgo que implica limpiar las ventanas de los edificios en las alturas (IPC Staff, 2018). Este dato se refleja en que ser limpiador de ventanas de rascacielos (se define como un edificio que destaca verticalmente del resto de su entorno) es considerado el trabajo más peligroso en Gran Bretaña (Dunn, 2013). Además se sabe que solo en 2017 murieron 100 personas por trabajos en alturas (“El Trabajo De Los Limpiavidrios De Altura Y Sus Peligros,” 2019).

Así mismo, los métodos tradicionales representan un alto costo en dinero y tiempo. En Estados Unidos, dependiendo de factores climáticos, la complejidad del edificio, la experiencia y certificaciones de la empresa, el costo puede variar entre 30 a 40 dólares por hora, o 5 dólares por ventana (Mosquera, 2017). De la misma manera, se estima que limpiar un rascacielos puede tomar entre una o dos semanas, de forma que el costo de operación se incrementa (Mosquera, 2017).

Por otro lado, este crecimiento en la construcción de edificios presenta una oportunidad de negocio para brindar un servicio de limpieza, no solo a las grandes construcciones, sino incluso a aquellas edificaciones que no superan los 10 pisos de altura, debido a que en nuestro país existen una mayor cantidad de edificios menores a los 10 pisos

que aquellos que superan este número (“Cinco Ventajas De Vivir En Un Edificio Mayor a 15 Pisos, Según Capeco”, 2017).

El problema que se busca solucionar con el presente trabajo de investigación es disminuir la tasa de accidentes y exposición a lesiones de los limpiadores de edificios en alturas. Así como, reducir el tiempo y dinero requerido para realizar dicha tarea en edificios que no superen los 10 pisos de altura.

1.2 Objetivos:

1.2.1 Objetivo general.

Diseñar un acoplamiento, con una carga útil inferior a los 5 kilos, para un dron comercial del tipo multirrotor con el propósito de realizar la limpieza de la fachada de edificios no mayores a 10 pisos utilizando agua a presión.

1.2.2 Objetivos específicos.

- Investigar el estado de las tecnologías y sistemas actuales relacionados con la limpieza exterior de edificios.
- Diseñar el sistema eléctrico / electrónico para energizar y regular la energía de cada parte que conforma el sistema.
- Definir los sistemas de control que permitan al módulo de limpieza y estación de alimentación operar de forma eficiente
- Diseñar el sistema mecánico que contenga los componentes necesarios y que permita el acoplamiento entre el módulo y el dron.

- Realizar los cálculos o simulaciones para determinar el material del cuál estará constituido el módulo, de tal forma que este sea ligero y resistente.
- Realizar los cálculos para determinar qué bomba de agua y qué válvulas permitirán impulsar el agua con la presión necesaria para limpiar fachadas.
- Seleccionar los componentes, sensores, actuadores y materiales que se utilizaran en cada parte del prototipo.
- Realizar los planos mecánicos y electrónicos del módulo de limpieza y de la estación de alimentación.
- Determinar el costo de desarrollo e implementación del módulo de limpieza y de la estación de alimentación.

1.3 Metodología:

Para el presente trabajo se utilizará la metodología alemana VDI 2221 que conforma las siguientes fases: Fase 1 de formación, Fase 2 de creación, Fase 3 de desarrollo y la Fase 4 de la elaboración de la ingeniería en detalle (J. Jansch & H. Birkhofer, 2006, pp. 45-52).

La primera fase comprende:

- Definir la problemática en los actuales métodos para limpiar edificios, plantear la metodología a emplear.
- Investigar métodos y tecnologías alternativas para limpiar edificios.
- Investigar sobre el uso de drones para la limpieza de edificios.
- Investigar sobre las tecnologías actuales que ayuden a determinar la solución óptima.

- Realizar la lista de exigencias.

La segunda comprende:

- Realizar la estructura de funciones, matriz morfológica.
- Plantear conceptos de solución en base a la investigación hecha en el estado del arte.
- Realizar una evaluación técnico económica de los conceptos planteados.
- Seleccionar el mejor concepto y optimizarlo para llegar a la solución óptima.

La tercera comprende:

- Proporcionar la fundamentación en cálculos mecánicos de potencia.
- Realizar cálculos de pérdida de presión.
- Realizar cálculos de estabilidad del dron.
- Selección de sensores y actuadores.
- Determinar los materiales adecuados para que el módulo sea resistente y ligero.
- Diseñar el circuito eléctrico y electrónico para la realizar una adecuada limpieza.
- Diseñar el algoritmo de control para evitar colisiones.
- Diseñar un algoritmo para el adecuado manejo y uso del sistema.
- Diseñar una estructura y carcasa que protejan los componentes.

Y finalmente la cuarta fase comprende:

- Elaborar planos de ensamble y despiece requeridos para los componentes que conforman el módulo.
- Determinar el estado del montaje.

CAPÍTULO 2

DISEÑO MECÁNICO DEL MÓDULO DE LIMPIEZA

En el presente capítulo se determinarán los materiales, piezas y componentes a usar en el diseño del módulo de limpieza. Así mismo se justificará o comprobará la selección o diseño de piezas mediante cálculos o simulaciones cuando sea necesario. Además se creará un modelo 3D del sistema que permita visualizar el diseño final del módulo.

2.1 Selección del dron:

A continuación, se procederá a listar aquellos drones que en un principio parecen cumplir con los requerimientos del presente diseño y se seleccionará el mejor en base a una evaluación técnica económica. Cabe mencionar que solo se consideró a aquellos drones que no superen los 6 kg, debido a que la legislación peruana establece ese peso como el límite al despegar en zonas urbanas (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2015).

2.1.1 Listado de drones comerciales.

I. Drone Spreading Wings S900 de la marca DJI.

A continuación, se listan las características más relevantes del dron DJI S900 (*Introducing the Spreading Wings S900*, s. f.).

- Los brazos del dron y el tren de aterrizaje están hechos de fibra de carbono, lo que le brinda una mayor resistencia y tiempo de vuelo.

- Sus brazos pueden ser plegados y desplegados en tan solo unos minutos, lo que facilita su portabilidad. Además, cuenta con un tren de aterrizaje retráctil.
- La placa central superior del dron es extraíble, lo que brinda un fácil acceso para instalar el controlador y la IMU.
- El dron pesa tan sólo 3.3 Kg y tiene un peso de despegue máximo de 8.2 Kg con una autonomía de vuelo de hasta 18 min, lo que significa que puede llevar una carga útil de 4.9 Kg.
- El dron cuenta con hélices de alto rendimiento y motores con un empuje máximo de 2.5 Kg cada uno.



Figura 2.1. Dron DJI S900. Fuente DJI.

II. Drone Matrice 100 de la marca DJI.

A continuación, se listan las características más relevantes del dron DJI Matrice 100

(*Support for Matrice 100*, s. f.).

- El dron tiene un peso con baterías de 2.4 Kg y puede llevar una carga útil máxima de hasta 3.6 Kg.
- Puede operar con temperaturas desde -10 a 40 °C.

- Batería de tipo Lipo 6S con voltaje de 28.2 V, capacidad de 5300 mAh y un peso de 646 g.
- Su velocidad máxima en ascenso es de 0.4 m/s y de descenso es de 0.5 m/s.
- Su velocidad máxima sin carga y sin viento es de 22 m/s.
- Es capaz de soportar vientos de hasta 10 m/s.
- Posee una autonomía de vuelo máxima, sin carga, de 40 minutos.



Figura 2.2. Dron DJI Matrice 100. Fuente DJI.

III. Dron matrice 200 V2.

A continuación, se listan las características más relevantes del dron DJI Matrice 200 V2 (*Support for Matrice 200 Series V2*, s. f.).

- Posee un peso con dos baterías TB55 de 4.69 Kg y una carga útil máxima de 1.45 Kg.
- Su velocidad de ascenso y descenso máximos son de 5 m/s y 3 m/s respectivamente.
- Tiene una velocidad máxima de 80 Km/h y aguanta vientos de hasta 12 m/s.
- Tiene una autonomía máxima de 28 minutos sin carga útil.
- Puede operar en un rango de temperaturas de -20 a 50 °C.
- El dron cuenta con una protección IP43, lo que indica que puede resistir lluvia.



Figura 2.3. Dron DJI Matrice 200 V2. Fuente DJI.

2.1.2 Evaluación técnica económica del dron.

Con el motivo de elegir el mejor dron para el presente diseño se procederá a hacer una evaluación técnica económica de los drones comerciales listados previamente.

Tabla 2.1. Evaluación económica de los drones.

VALOR ECONÓMICO (yi)										
Peso del criterio (g): 1-Bajo, 2-Medio, 3-Alto, 4-Muy alto										
Puntaje asignado (p): 1-Pobre, 2-Regular, 3-Muy bien, 4-Excelente										
Variante de concepto/ Proyecto			DJI Matrice 100		DJI S900		DJI Matrice 200 V2		Dron Ideal	
			D1		D2		D3		D ideal	
Nº	Criterio	g	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp
1	Adquisición en el mercado local	2	2	4	2	4	2	4	4	8
2	Costo de la tecnología	4	3	12	3	12	2	8	4	16
3	Costo de operación	3	3	9	3	9	3	9	4	12
4	Costo de mantenimiento	2	3	6	2	4	2	4	4	8
Puntaje máximo			11	31	10	29	9	25	16	44
Valor económico (yi)			0,69	0,70	0,63	0,66	0,56	0,57	1	1

Tabla 2.2. Evaluación técnica de los drones.

VALOR TÉCNICO (xi)										
Peso del criterio (g): 1-Bajo, 2-Medio, 3-Alto, 4-Muy alto										
Puntaje asignado (p): 1-Pobre, 2-Regular, 3-Muy bien, 4-Excelente										
Variante de concepto/ Proyecto			DJI Matrice 100		DJI S900		DJI Matrice 200 V2		Dron Ideal	
			D1		D2		D3		D ideal	
Nº	Criterio	g	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp
1	Volumen	2	3	6	2	4	2	4	4	8
2	Peso	4	3	12	2	8	2	8	4	16
3	Velocidad	2	2	4	2	4	3	6	4	8
4	Capacidad de carga	4	2	8	3	12	2	8	4	16
5	Protección contra agua	4	2	8	2	8	3	12	4	16
6	Seguridad	4	2	8	2	8	3	12	4	16
7	Requerimientos	4	3	12	3	12	3	12	4	16
8	Uso de energía	2	3	6	3	6	2	4	4	8
9	Estabilidad en vuelo	4	2	8	3	12	3	12	4	16
10	Mantenimiento	2	2	4	3	6	2	4	4	8
Puntaje máximo			24	76	25	80	25	82	40	128
Valor técnico (xi)			0,60	0,59	0,63	0,63	0,63	0,64	1	1

A continuación se determina cuál es la solución ganadora en base a los puntajes obtenidos en las evaluaciones técnica y económica.

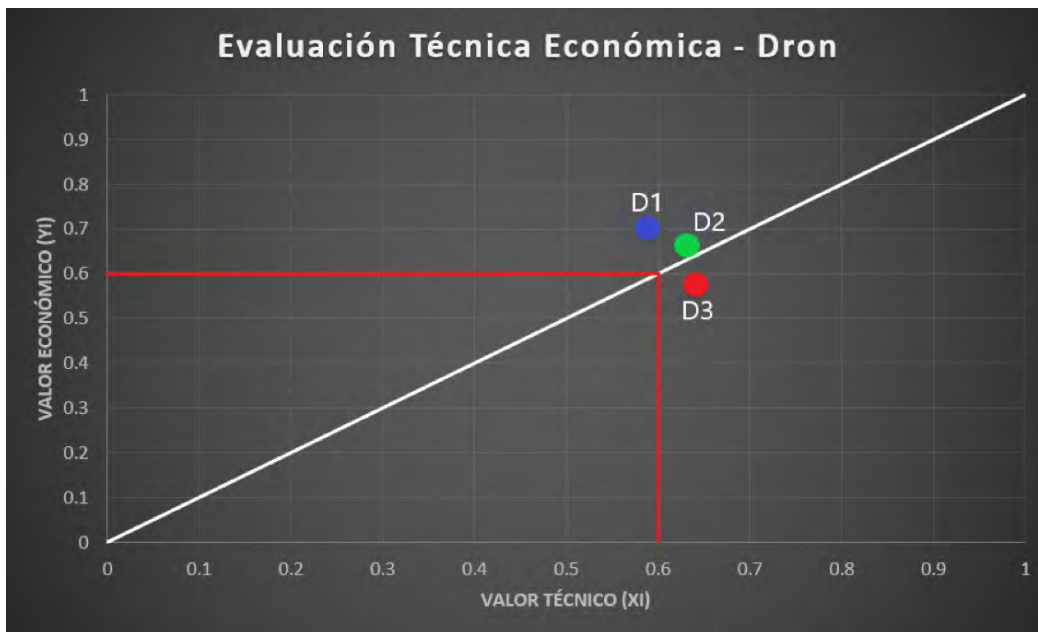


Figura 2.4. Evaluación técnica económica de los drones. Fuente propia.

En la figura 2.4 podemos observar que el dron 3 tiene una ventaja técnica frente a las demás soluciones, mientras que el dron 1 tiene una ventaja económica. Sin embargo, el dron 2 tiene un mejor balance técnico económico y se acerca más a la solución ideal. Por lo que se escoge al dron DJI S900 en segundo lugar está el dron DJI Matrice 200 V2 y por último el dron DJI Matrice 100.

2.2 Selección de componentes del módulo de limpieza:

En esta sección determinarán los componentes más convenientes para el diseño del módulo de limpieza con sustento en cálculos cuando se encuentre necesario.

2.2.1 Selección de mangueras.

Si bien en un principio se decidió limpiar edificios de hasta 30 metros de altura (10 pisos), posteriormente se determinó que la mejor opción es limitar la solución hasta los 18 metros (6 pisos), esto debido a que con el peso de 30 metros de la manguera seleccionada y del cable de alimentación, junto con el módulo de limpieza, superan la capacidad de carga del dron por casi un Kilo. Además de que si se elige un dron con mayor capacidad, se superaría el peso de despegue límite de un dron establecido por la normativa peruana, cuyo valor es de 6 kg para zonas urbanas (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2015).

Tabla 2.3. Selección de mangueras.

Norma	Diámetro interno	Presión de trabajo	Radio mínimo de curvatura	Peso aproximado
SAE100R12	½" - 12.7 mm 1" - 25.4 mm	276 bar 276 bar	180 mm 300 mm	0.775 Kg/m 1.720 Kg/m
SAE100R3	¼" - 6.4 mm ½" - 12.7 mm	86 bar 69 bar	75 mm 125 mm	0.370 Kg/m 0.640 Kg/m
SAE100R7	¼" - 6.4 mm ½" - 12.7 mm	190 bar 138 bar	51 mm 82 mm	0.089 Kg/m 0.214 Kg/m
G-AM	½" - 12.7 mm 1" - 25.4 mm	10 bar 10 bar		0.130 Kg/m 0.39 Kg/m
SAE100R14	¼" - 6.35 mm ½" - 12.7	205 bar 140 bar	75 mm 140 mm	0.087 Kg/m 0.212 Kg/m

Dado que el dron debe llegar a una altura de 18 metros y que las mangueras tendrán un largo de 18.5 metros las dos únicas posibles opciones a usar son la SAE100R7 de ¼" o la SAE100R14 de ¼" dado su bajo peso. La manguera SAE100R7 por sí sola, en 18.5 metros, pesa 1.647 Kg. Y el peso del agua que lleva sería de:

$$\frac{\pi \times D^2}{4} \times h \times \rho = \frac{\pi \times 6.4^2}{4} \times 18500 \times 10^{-3} = 595.14 \text{ g} = 0.595 \text{ Kg} \quad (2.1)$$

Por lo tanto el peso total sería de 2.242 Kg. Por otro lado la manguera SAE100R14 de ¼” pesa en 18.5 metros pesa 1.61 Kg y el peso del agua que transportaría sería de:

$$\frac{\pi \times D^2}{4} \times h \times \rho = \frac{\pi \times 6.35^2}{4} \times 18500 \times 10^{-3} = 585.88 \text{ g} = 0.586 \text{ Kg} \quad (2.2)$$

Por lo que el peso total sería de 2.195 Kg.

Considerando que $D = \text{diámetro}$, $h = \text{altura}$, $\rho = \text{densidad del agua}$.





Ya que el peso máximo que puede cargar el dron DJI S900 es de aproximadamente 4.9 Kg, se decide utilizar la manguera SAE100R14 de ¼” dado su peso menor, lo que significa que el módulo y cable de alimentación no pueden pesar más de 2.705 Kg.

2.2.2 Selección de receptores y transmisores de radio control.

El radiotransmisor y radioreceptor serán utilizados para controlar el movimiento de los servos del módulo de limpieza.

Tabla 2.4. Selección de radiotransmisores y radioreceptores.

Nombre	Absima SR2S	Absima CR4T	Spektrum DXe	Ko Propo MC-8	Futaba 6L
Imagen					
Frecuencia	2.4 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz

Canales	2 stick	4	6 a 9	8	6
Receptor	SRS2	CR4T	AR610	MR-8	
Imagen					
Canales	3	3	3	8	6
Peso del receptor	10 g		9 g	7 g	7.8 g
voltaje del receptor	4.8 - 6 V	4.8 - 7 V	3.5 - 9.6 V	3 - 7.4 V	4.8 - 7 V
Precio	39 euros	147 euros	140 dólares	87 dólares	72 dólares

El radiotransmisor elegido es el Ko Propo MC-8 junto con el radio-receptor MR-8, ya que, a pesar de tener 8 canales, su precio es relativamente bajo. Además su diseño le proporciona una apariencia más profesional al sistema.

2.2.3 Opción de uso del sistema Guidance de la marca DJI.

En la lista de exigencias se determinó la necesidad de un sistema de control que evite colisiones, para lo que inicialmente se determinó usar un lidar y sensores. Dichos sensores serían usados para filtrar los comandos que pongan en riesgo el módulo y dron mediante un algoritmo. Sin embargo, se encontró que el resultado deseado también se puede lograr con el sensor Guidance propio de la marca DJI.

Guidance es un sistema de detección que cuenta con cámaras visuales integradas y sensores ultrasónicos para la detección de obstáculos, como se muestra en la figura 2.5. Además, incluye 5 módulos de sensores y un procesador central con lo que puede

continuamente escanear el entorno cercano y detectar obstáculos en tiempo real (*Guidance*, s. f.). Por otro lado es programable y adaptable para diferentes aplicaciones mediante el SDK de DJI (*Guidance*, s. f.).



Figura 2.5. Sistema de detección Guidance. Fuente DJI.

Entre sus principales características encontramos (*Guidance*, s. f.):

- El procesador central pesa 64 g, el peso de cada módulo de sensores es de 43 g y el peso del cable VBUS es de 11 g, por lo que en total pesaría 546 g; pero como para el presente diseño solo es necesario ocupar 1 módulo, el peso total sería de 118 g.
- Las dimensiones del procesador central son 78.5 x 53.5 x 14 mm y las dimensiones de cada módulo de sensores son 170 x 20 x 16.2 mm.
- El rango de detección es de 20 cm a 20 metros.
- El voltaje de alimentación es de 11.1 V a 25 V.
- Cuenta con interfaces VBUS, CAN, USB OTG 2.0 y UART.



Este sistema posee un peso relativamente bajo, además al conectarlo con un controlador de la marca DJI puede impedir que el dron se acerque a menos de una distancia configurable de los obstáculos de su entorno. Esta funcionalidad satisface el requerimiento planteado de evitar y filtrar comandos peligrosos por parte del operario. De tal forma que el sistema de control del módulo y dron serán completamente independientes.

2.2.4 Selección cámaras.

La cámara servirá para que el operario encargado de controlar el módulo pueda verificar la calidad o nivel de limpieza de las superficies. Por tal motivo se puede priorizar una alta resolución por sobre los cuadros por segundo.

Tabla 2.5. Selección de cámaras.

Nombre	Imagen	Resolución	Cuadros por segundo	Voltaje	Peso	Precio
TeraBee 3Dcam		80x60 pixeles	30 fps	5 V	83 g	285 dólares
RunCam Racer 4		1000 tlv		5 - 36 V	6 g	38 dólares
RunCam 5		4 K	60 fps	5 - 15 V	56 g	100 dólares
RunCam 2 4K		4K	60 fps	5 - 17 V	50 g	100 dólares

SL5000X ELITE		4K	30 fps		75 g	140 dólares
CADDX Tarsier		4K	60 fps	5 - 12 V	18 g	85 dólares

A partir de la tabla mostrada se decidió utilizar la cámara FPV CADDX Tarsier dada su alta resolución y bajo peso, además de contar con 60 fps y con un precio inferior a la mayoría de las otras opciones.

2.2.5 Selección de servomotores.

Si bien inicialmente se decidió usar un actuador lineal para el control de la dirección del chorro de agua, debido a que los actuadores lineales requieren de un sistema control cerrado extra para poder mantenerse en una posición fija ante perturbaciones y que suelen ser relativamente pesados, se utilizarán servos en reemplazo; ya que estos cuentan con un sistema de control ya integrado.

Para la selección de los servos se debe conocer el torque al que estarán sometidos. Como se mencionó los servos se encargan de direccionar el chorro de agua y para esto deben cargar la manguera de agua como se muestra en la figura 2.6. El peso de la manguera seleccionada a 18 pisos de altura es de 2.195 Kg, pero se usará el valor de 2.3 Kg para los cálculos. Y la distancia entre el eje de los servos hasta la manguera es de 61.23 mm pero para el cálculo se considerará de 7 cm.



Figura 2.6. Distancia de la manguera al eje del servomotor. Fuente propia.

Entonces el torque al que estarán sometidos los servos es de:

$$2.3 \text{ Kgf} \times 7 \text{ cm} = 16.1 \text{ Kgf.cm} \quad (2.3)$$

Considerando que dos servos realizarán este trabajo, cada servo soportará un máximo de 8.05 Kgf.cm. Por otro lado, el servo que se encargará del movimiento horizontal estará sometido a un toque diferente, el cual se puede observar en la figura 2.7.



Figura 2.7. Servomotor encargado del movimiento en un plano horizontal. Fuente propia.

Para el cálculo de torque se debe conocer que el servo no soportará el peso de la parte inferior del módulo, si no que esto lo hará la pieza mostrada en la imagen 2.8, la cual está resaltada de azul.

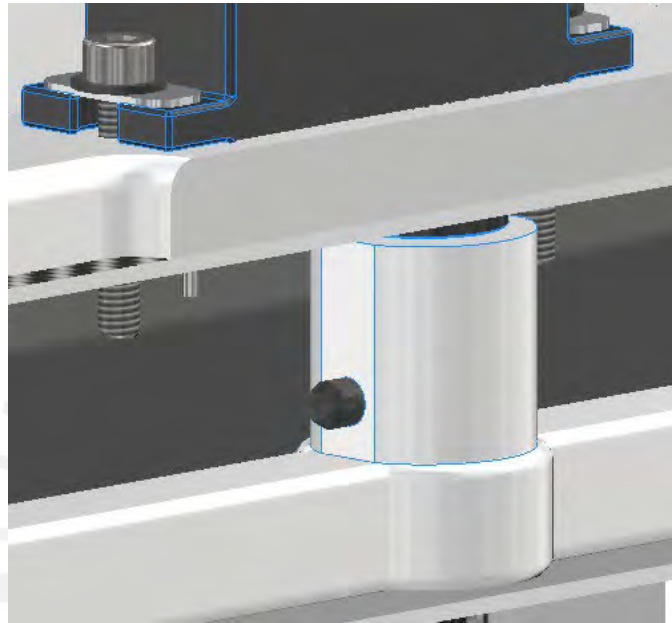


Figura 2.8. Pieza de soporte de la parte inferior del módulo. Fuente propia.

Esta pieza estará en constante rozamiento con la pieza inferior y será la que cause resistencia al giro del servo, por lo que el torque que este ejercerá debe ser superior a la fuerza de fricción ocasionada por el rozamiento mencionado.

Entonces, es necesario conocer que la pieza tiene un diámetro interior de 8 mm y exterior de 16 mm. Así mismo, este está hecho de plástico ABS por impresión 3D, y el coeficiente de fricción de este material va desde 0.11 a 0.46 (*Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS)*, s. f.).

Para el cálculo se considerará el coeficiente máximo y que soportará un peso de 5 Kilos.

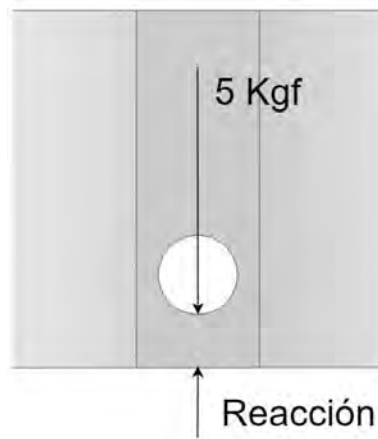


Figura 2.9. Fuerzas de compresión en la pieza de soporte. Fuente propia.

Entonces la reacción tendrá un valor, despreciando el peso de la pieza, de 5 Kgf. Lo que se traduce en una fuerza de fricción de:

$$5 \times 0.46 = 2.3 \text{ Kgf} \quad (2.4)$$

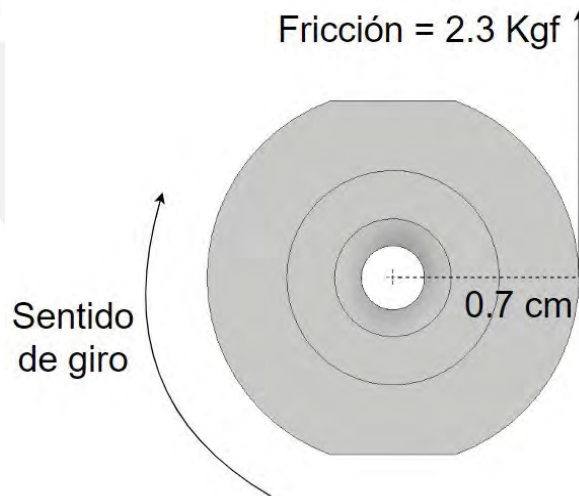


Figura 2.10. Fuerza de fricción en la pieza. Fuente propia.

El valor del torque que soportara el servo será de:

$$2.3 \times 0.7 = 1.61 \text{ Kgf} \cdot \text{cm} \quad (2.5)$$

Tabla 2.6. Selección de servomotores.

Nombre	Imagen	Torque	Alimentación	Rotación máxima	Peso	Precio
HS - 5086 Servo		3 - 3.6 Kg.cm	4.8 - 6 V	155°	28.5 g	50 dólares
D89MW Servo		5.3 - 8.5 Kg.cm	4.8 - 7 V	145°	24 g	63 dólares
D485HW Servo		4.82 - 7.41 Kg.cm	4.8 - 7 V	147°	45 g	26 dolares
HS - 75BB		6.6 - 8.2 Kg.cm	4.8 - 6 V	180°	35 g	30 dólares
D85MG		3.6 - 4.3 Kg.cm	4.8 - 6 V	85°	24 g	39 dólares
D945TW		14 - 23 Kg.cm	4.8 - 7 V	72°	68 g	130 dólares
D950TW		21 - 35 Kg.cm	4.8 - 7.4 V	83°	68 g	130 dólares
D956WP		18 - 29 Kg.cm	4.8 - 7.4 V	90.9°	68 g	120 dólares

Como se puede observar en la tabla anterior, solo tres servos cumplen con el torque requerido. Así mismo, estos tres servos tienen el mismo peso, por lo que se optó por el más barato, que en este caso es el servo Hitec D956WP con un torque máximo a 4.8 V de 18 Kg.cm y que, al torque máximo de 29 Kg.cm consume 5.3 amperios. Además, tiene la ventaja de ser a prueba de agua con un grado de protección IP67. En cambio, para el movimiento en un plano horizontal del módulo se usará el D85MG, ya que es el más ligero de los servos mostrados, y además, con sus 3.6 Kg.cm a 4.8 V, supera el torque requerido.

2.3 Diseño 3D y simulaciones del módulo de limpieza:

Puesto que la carcasa del módulo se diseñará de fibra de carbono dada su ligereza y resistencia, a continuación se recopila los diferentes tamaños y grosores estándar de tubos y láminas de fibra de carbono.

En la página ClipCarbono se encontró tubos cuadrados de fibra de carbono de dimensiones de 4x4, 8x8, 10x10 y 20x20 con largos de entre 575mm a 2.3 m (*Tubos De Fibra De Carbono De Forma Cuadrada.*, s. f.). Así mismo, en la misma página, se encontró tubos circulares con un diámetro de entre 10 a 30 mm (*Tubos De Fibra De Carbono En Distintos Espesores Y Acabados.*, s. f.), planchas de carbono más vidrio con un espesor de entre 1 a 2.5 mm (*Planchas De Fibra De Carbono a Una Cara*, n.d.) y planchas de carbono de entre 0.5 a 3 mm de espesor (*Planchas De Fibra De Carbono a Dos Caras*, s. f.). Por otro lado, se encontró tubos circulares de fibra de carbono, con un diámetro externo de 8 mm, interior de 4 mm y un largo de 1 metro a 22 dólares (*Tubos De Fibra De Carbono En Distintos Espesores Y Acabados.*, s. f.). Además, cabe resaltar que la parte superior del

módulo estará, en su mayoría, conformada por láminas de aluminio dada la necesidad de disipar el calor generado por las fuentes de alimentación.

2.3.1 Diseño 3D del módulo de limpieza.

La parte superior del módulo contendrá los componentes dentro de una caja de aluminio hecha a partir de una lámina de 1 mm. Para la estructura interna y piezas de soporte se hará uso de plástico ABS y finalmente se usará una lámina de 1mm de fibra de carbono a modo de tapa. El diseño final del módulo se muestra en la figura 2.11.

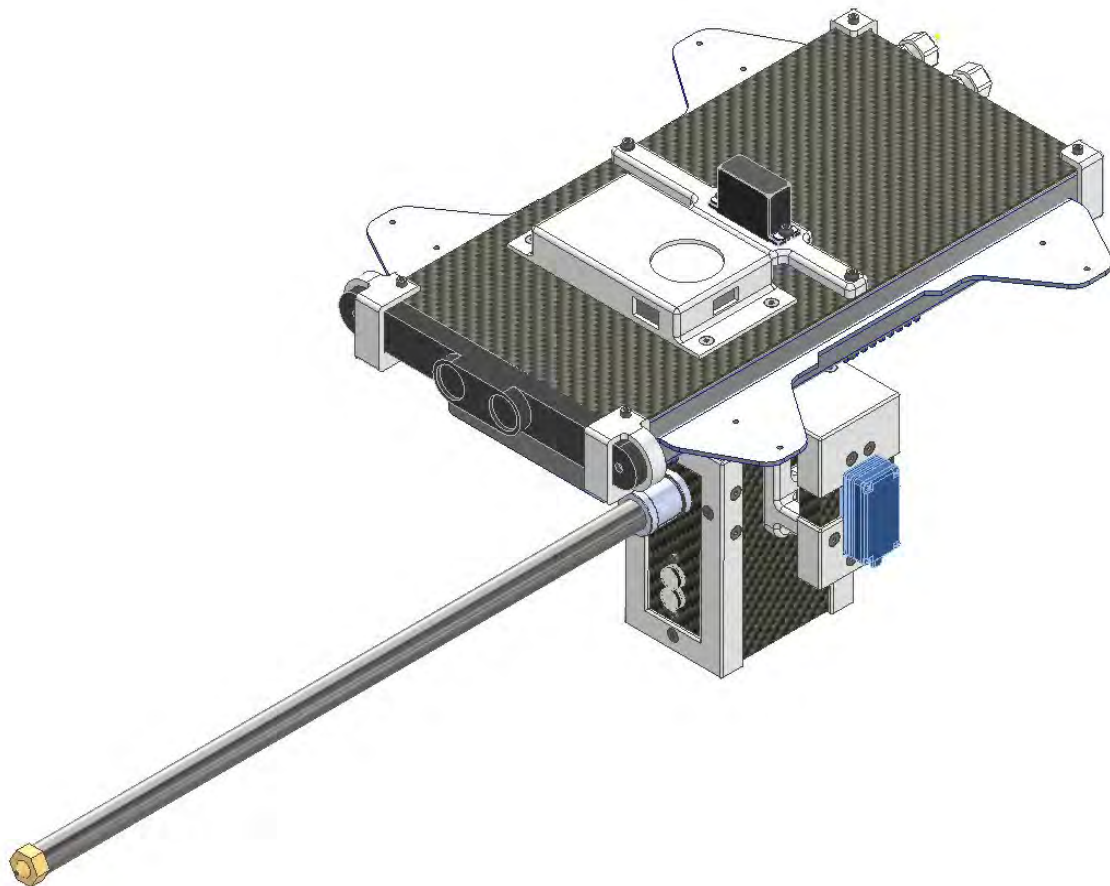


Figura 2.11. Módulo de limpieza. Fuente propia

Por otro lado, en las figuras 2.12, 2.13 y 2.14 se puede observar el módulo acoplado al dron DJI S900.



Figura 2.12. Vista frontal del módulo y dron acoplados. Fuente propia.

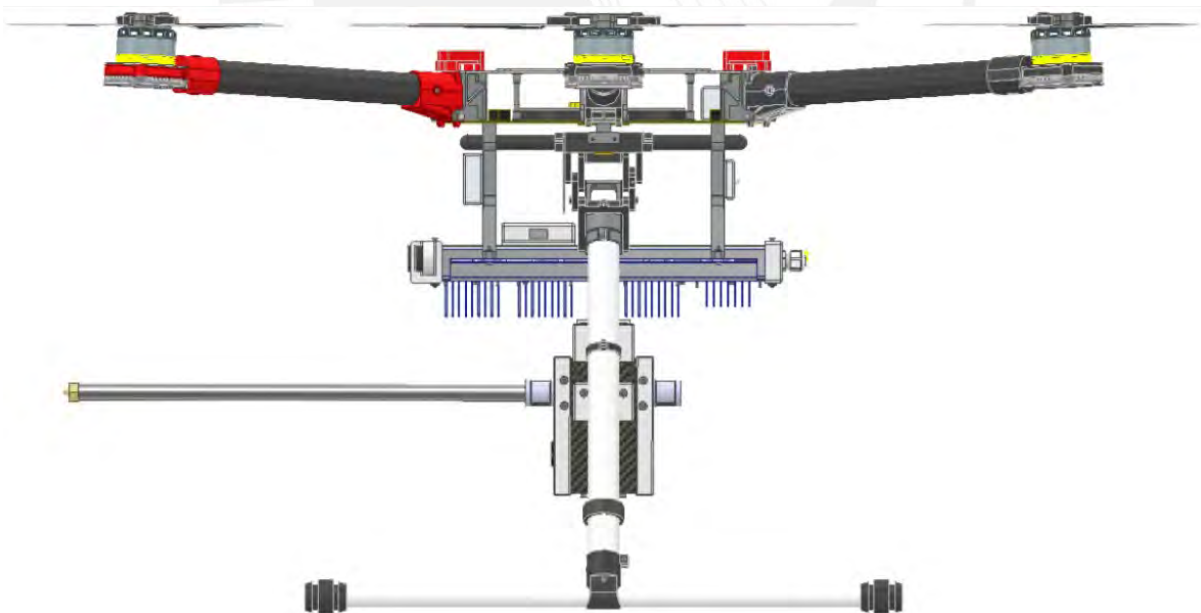


Figura 2.13. Vista de perfil del módulo y dron acoplados. Fuente propia.



Figura 2.14. Vista inferior del módulo y dron acoplados. Fuente propia.

Como se puede observar en la figura 2.12 el módulo se divide principalmente en tres partes, las cuales reciben los nombres de parte superior, parte intermedia y parte inferior. Por tanto, a continuación se detallan el diseño, los componentes y piezas que contienen cada una de estas partes.

I. Diseño de la parte superior.

Esta parte contiene en su interior 3 inversores AC-DC de 24V a 21A, un inversor AC-DC de 5V a 20A, además contiene un receptor de radiofrecuencia, como se puede observar en la imagen 2.15.

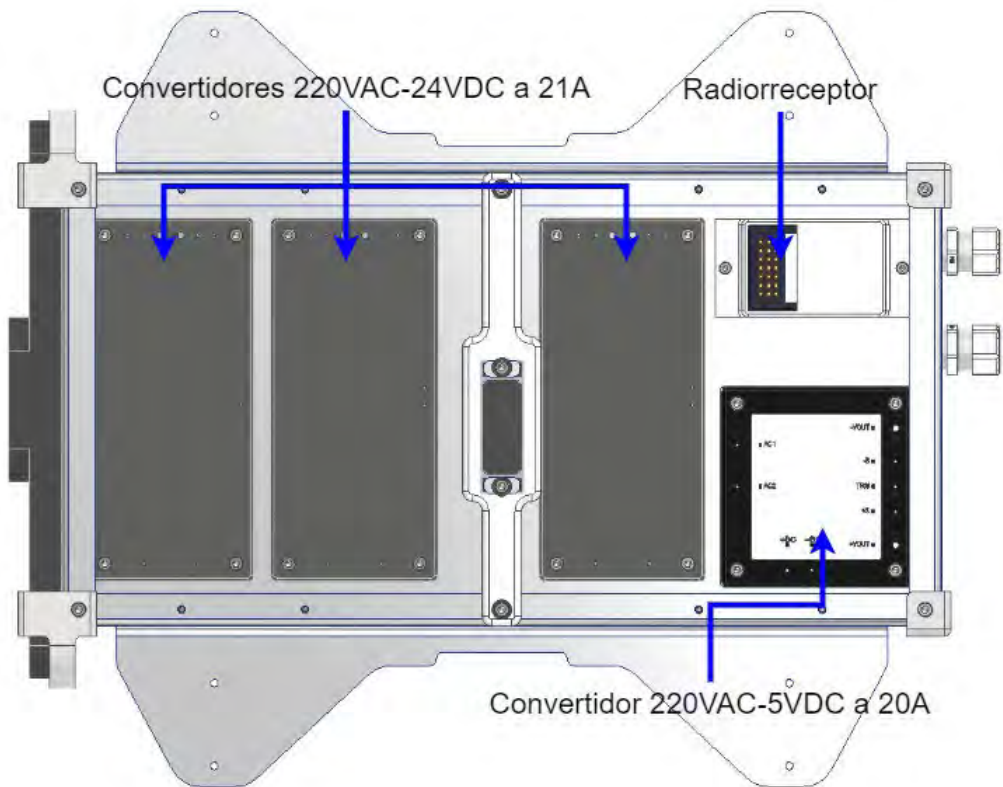


Figura 2.15. Ubicación de los componentes internos del módulo. Fuente propia.

Ahora bien, se debe disipar el calor remanente de las fuentes, que proviene de convertir corriente alterna a continua. Para tal propósito se propone usar el propio *case* de aluminio como disipador. A dicho *case* se le soldaron aletas de 1 mm de espesor ubicadas justo debajo de cada fuente como se aprecia en la figura 2.16. En el caso de las fuentes de 24V se utilizaron 9 aletas por fuente con una altura de 28 mm y un largo de 90 mm, mientras que para la fuente de 5V se utilizaron 7 aletas de 20 mm de altura y un largo de 45 mm.

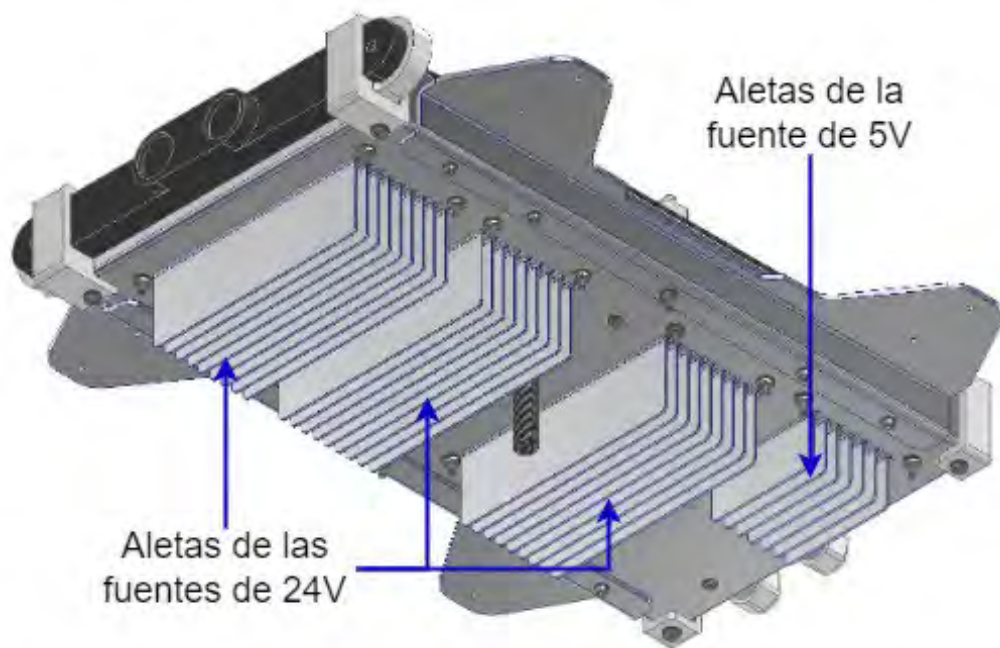


Figura 2.16. Aletas disipadoras de las fuentes de poder del módulo. Fuente propia.

Por otro lado, en la parte superior también se encuentra el servomotor, mostrado en la imagen 2.17, encargado de mover en un plano horizontal la parte media del módulo respecto a la parte superior.

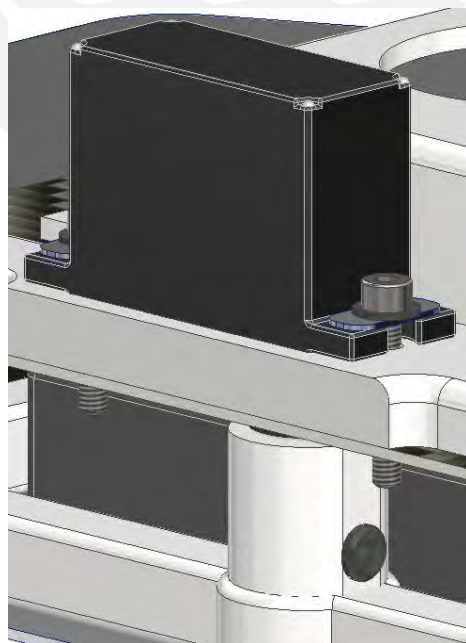


Figura 2.17. Servomotor de la parte superior del módulo. Fuente propia.

Este servo se ajusta al módulo por medio de tornillos ISO 4762 M3. Además se transmite el movimiento por medio de un tubo circular de fibra de carbono de un diámetro exterior de 8 mm e interior de 4 mm. Este tubo se fija al servo con la ayuda de una pieza cilíndrica blanca hecha de plástico ABS como se muestra en la figura 2.18.

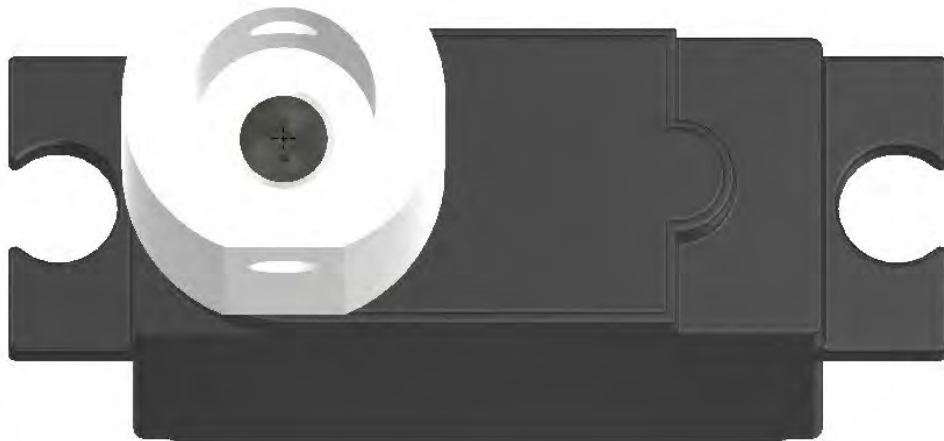


Figura 2.18. Servomotor atornillado a pieza de plástico para transmisión de torque. Fuente propia.

Cabe resaltar que este servo no soporta el esfuerzo axial del peso del resto del módulo, en cambio este trabajo lo realiza la pieza resaltada de azul mostrada en la figura 2.19, la cual está hecha de plástico ABS y se apoya sobre la pieza resaltada de rojo que también está hecha de plástico ABS.

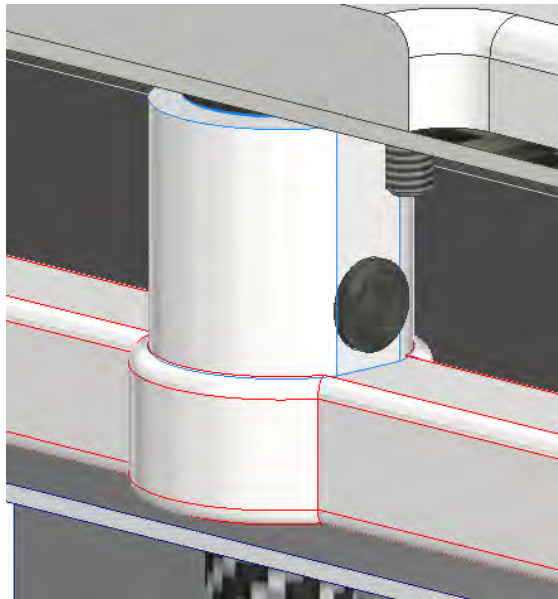


Figura 2.19. Piezas de soporte de la parte inferior. Fuente propia.

Finalmente, la parte superior del módulo posee un sensor de la marca DJI llamado Guidance que combina ultrasonido y procesamiento de imágenes para detectar obstáculos y evitar posibles colisiones. En la figura 2.20 se muestra el sensor, el cual está fijado a la parte frontal del módulo con ayuda de dos piezas de plástico ABS. Así mismo, también se puede observar el procesador de dicho sensor en la parte superior delantera del módulo, el cual se encuentra protegido por una caja de plástico ABS.

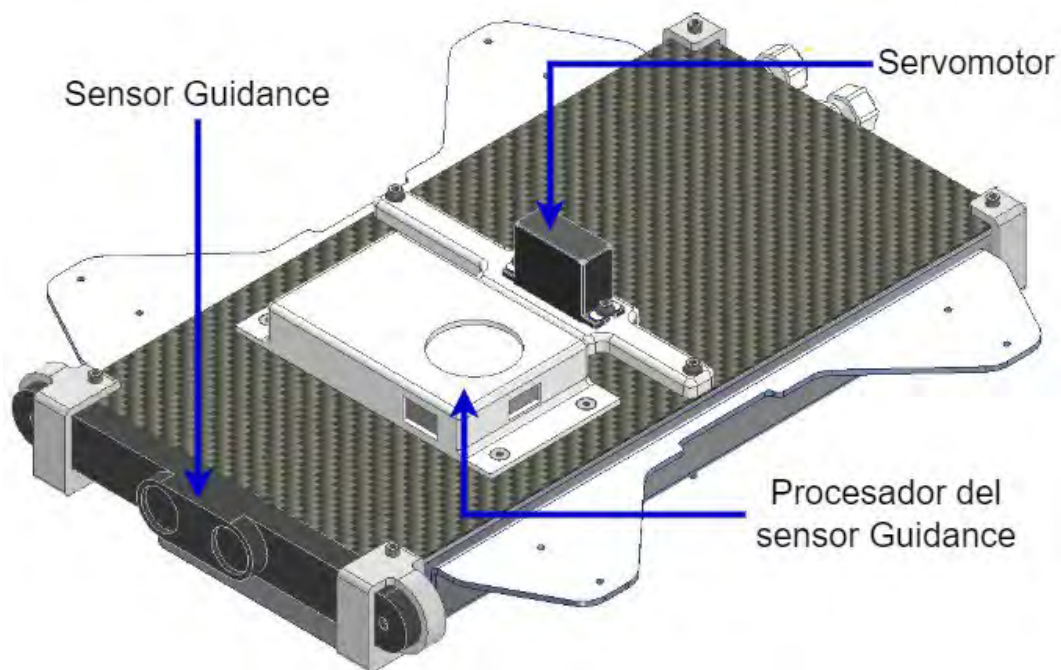


Figura 2.20. Ubicación de los componentes del sistema Guidance. Fuente propia.

El sensor Guidance y su procesador están en el exterior del módulo debido a que ambos se conectan directamente al dron, es decir, son independientes del resto de componentes del módulo.

II. Diseño de la parte intermedia.

Esta parte se encarga de realizar el movimiento, en un plano vertical, de la parte inferior del módulo por medio de dos servomotores ubicados a los lados como muestra la figura 2.21.

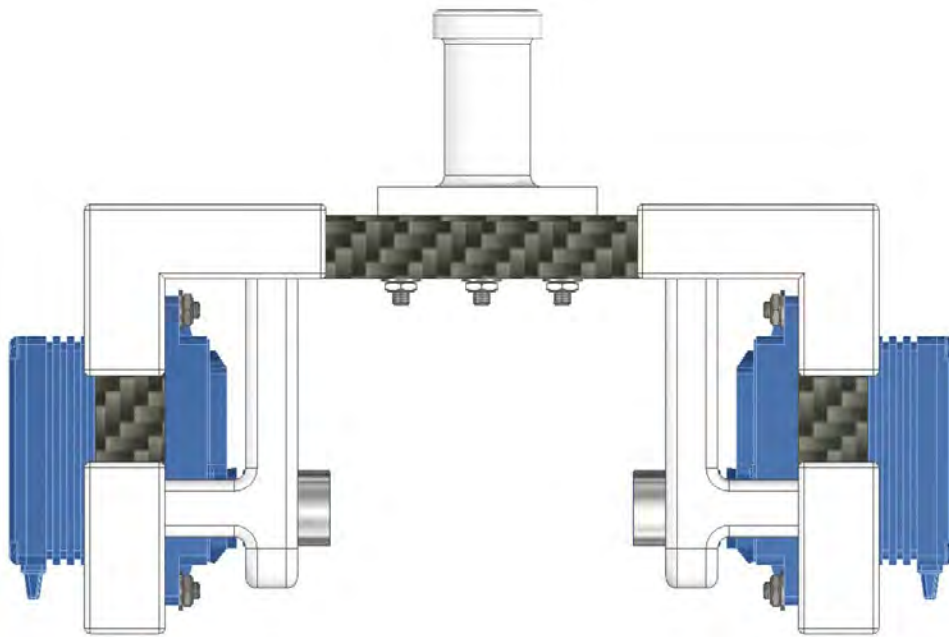


Figura 2.21. Parte intermedia del módulo. Fuente propia.

Cabe resaltar que estos servos no reciben toda la carga axial del peso de la parte inferior, debido a que este trabajo la hace la pieza hecha de plástico ABS resaltada en rojo de la imagen 2.22.

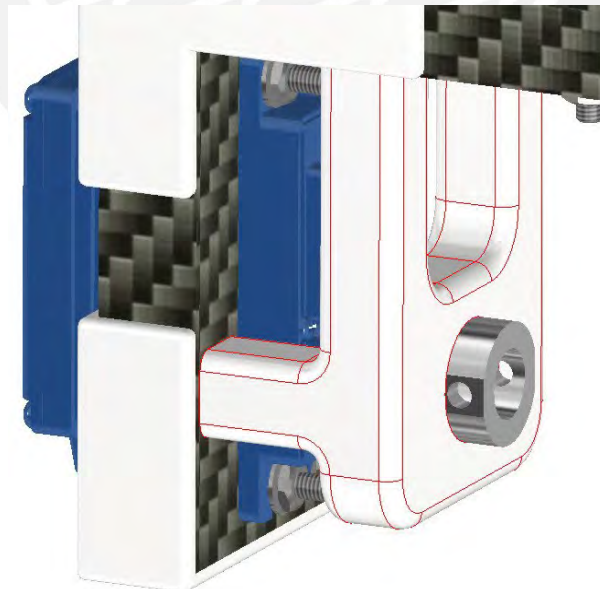


Figura 2.22. Pieza de soporte de la parte inferior del módulo. Fuente propia

Por otro lado, el servo transmite el movimiento a la parte inferior con ayuda de la pieza mostrada en la figura 2.23, la cual está hecha de aluminio 6061 debido a que el plástico ABS no soportaría el torque generado por el servo.

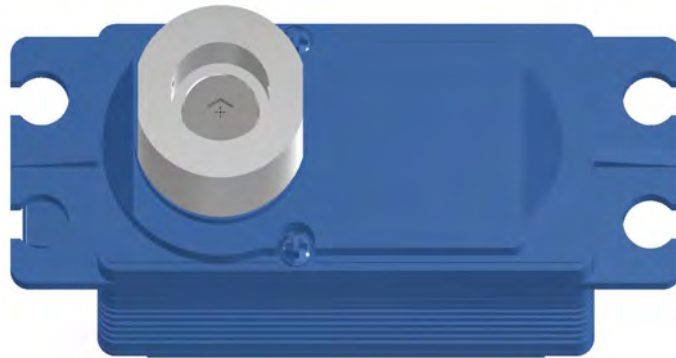


Figura 2.23. Servomotor atornillado a pieza de aluminio para transmisión de torque. Fuente propia.

Finalmente, la parte intermedia se conecta a la parte superior con ayuda de la pieza resaltada de rojo en la figura 2.24, la cual, a su vez, está fijada al módulo con 6 tornillos ISO 4762 M3.

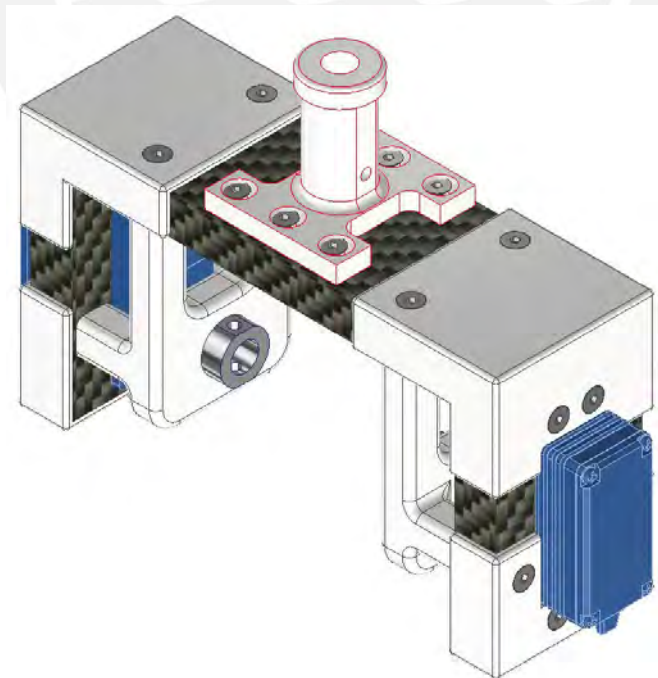


Figura 2.24. Pieza de conexión de la parte intermedia con la superior. Fuente propia

III. Diseño de la parte inferior.

Esta última división del módulo es la encargada de sostener la manguera de suministro y de contener las tuberías necesarias para direccionar e impulsar el agua. Por otro lado, cuenta con dos uniones universales que le permiten intercambiar distintos tipos de boquilla ya unidas a los tubos como se observa en la imagen 2.25.

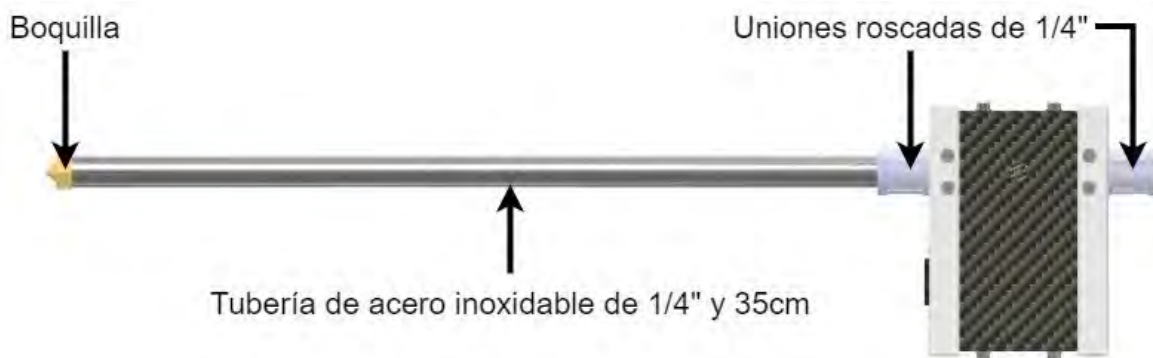


Figura 2.25. Vista perfil de la parte inferior del módulo. Fuente propia.

En su interior contiene una cámara FPV CADDX Tarsier, la cual permite que el operario pueda visualizar el proceso de limpieza.

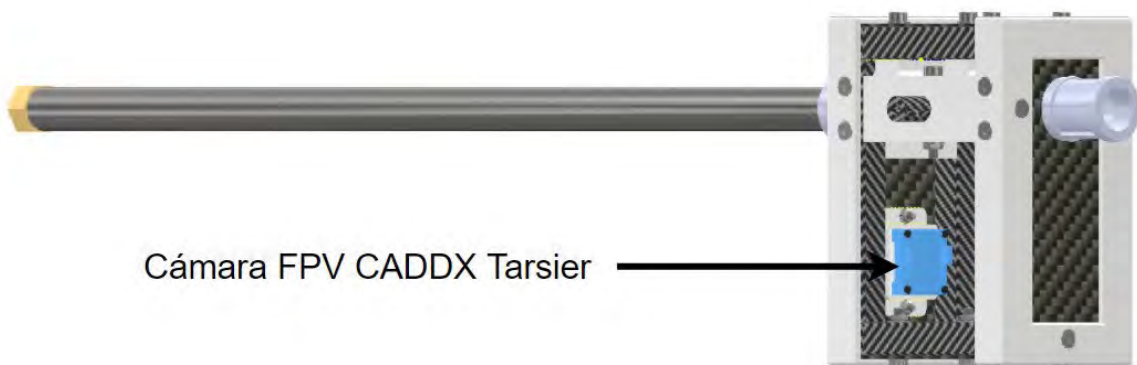
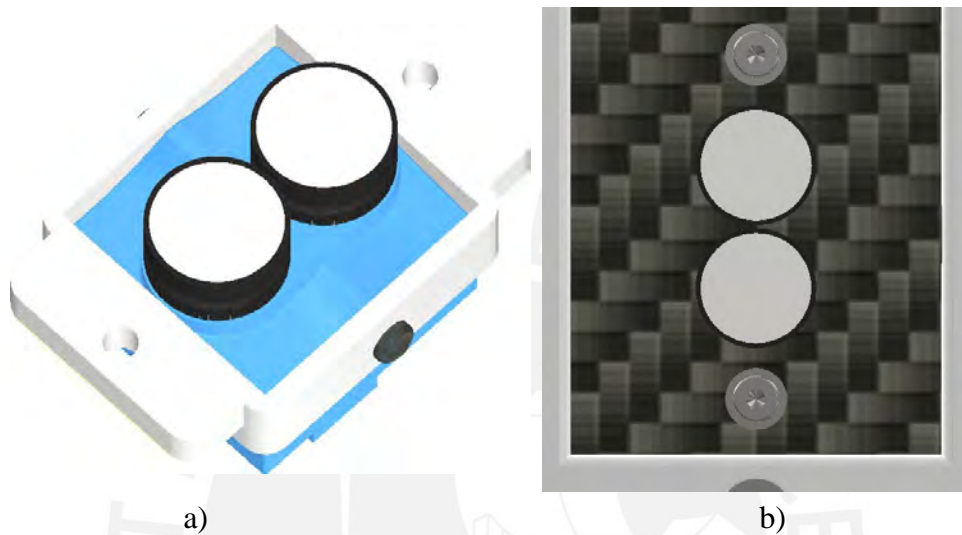


Figura 2.26. Vista interna de la parte inferior. Fuente propia.

La cámara se asegura a la pared interior del módulo con un soporte de plástico ABS impreso en 3D como muestra la imagen 2.27 a). Dicho soporte se fija a la cámara mediante tornillos ISO 7045 Z M1.6 x 3 - 4.8, mientras que se ajusta a la plancha de fibra de carbono de por medio de tornillos ISO 4762 M2 x 8 como muestra la figura 2.27 b)



a) b)
Figura 2.27. Cámara FPV y Soporte. Fuente propia.

En la figura 2.28 se muestra la pieza de plástico ABS, resaltada en rojo, que está unida, con ayuda de un tornillo ISO 4762 M3, a un tubo de fibra de carbono con diámetro exterior de 8mm e interior de 4mm por el cual los servos de la parte intermedia transmiten el movimiento a esta parte del módulo.

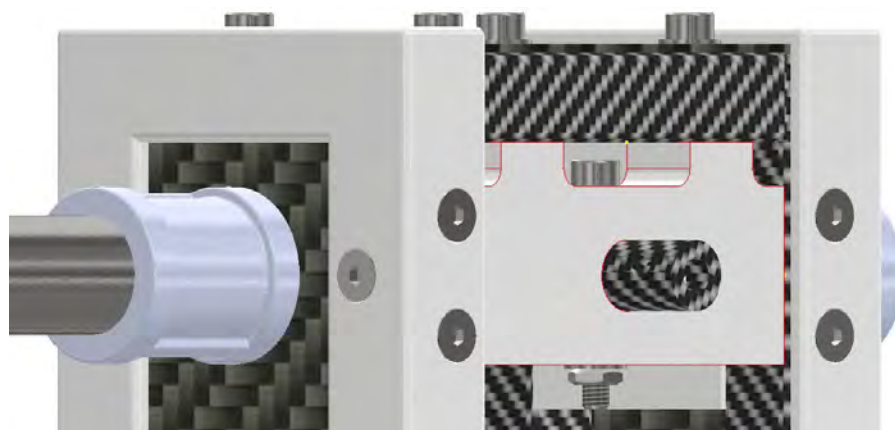


Figura 2.28. Pieza de transmisión de torque. Fuente propia.

2.3.2 Simulaciones del módulo de limpieza.

Con la intención de comprobar que las piezas diseñadas para el módulo de limpieza no fallen se procederá a simular, en Autodesk Inventor, las piezas sometidas a los esfuerzos más importantes.

I. Simulación de los sujetadores.

Estas piezas, fabricadas a partir de láminas de aluminio de 2 mm, se fijan al dron y soportan todo el peso del módulo. Se considerará que el peso cargado por ambas es de 6 Kg, y, dado a que son 2, se simulará con una carga 3 Kg por pieza. Además, ya que ambas piezas son idénticas (ubicadas a ambos lados del módulo), solo se describirán los resultados de una simulación. Para tal propósito se le ubicó una fuerza de 30N en la cara que soportará el peso del módulo y se fijaron los agujeros dónde estarían los tornillos que se anclan al dron.

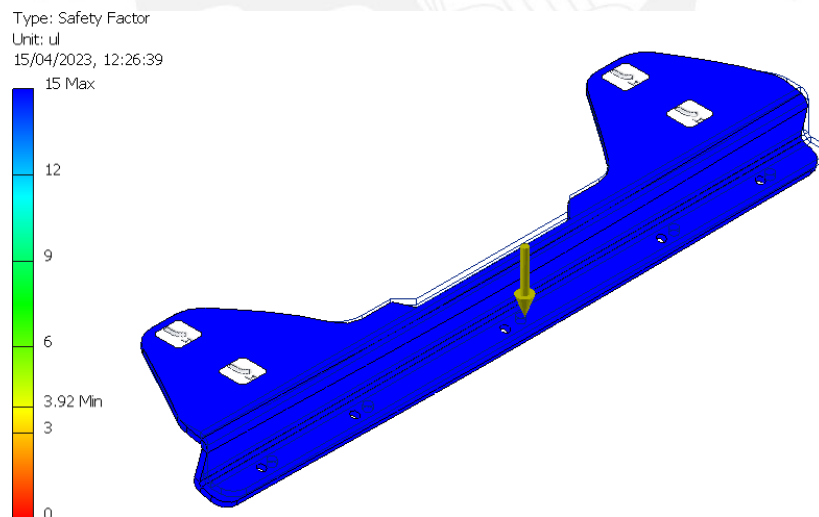


Figura 2.29. Simulación del conector entre el módulo y el dron. Fuente propia.

El factor de seguridad de la pieza es de 3.92, con lo que se puede concluir que no fallará.

II. Simulación del tubo de fibra de carbono que soporta la parte intermedia e inferior.

Este tubo de fibra de carbono es el encargado de soportar el peso de las partes intermedia e inferior del módulo, así como de transmitir el movimiento del servo hacia la parte intermedia. Para realizar la simulación se agregaron pines a los agujeros superiores y se colocó una fuerza de 60 N hacia abajo en los agujeros inferiores como muestra la imagen 3.27. Además, se agregó un momento de 1.61 Kgf.cm que es el que suministrará el servo.

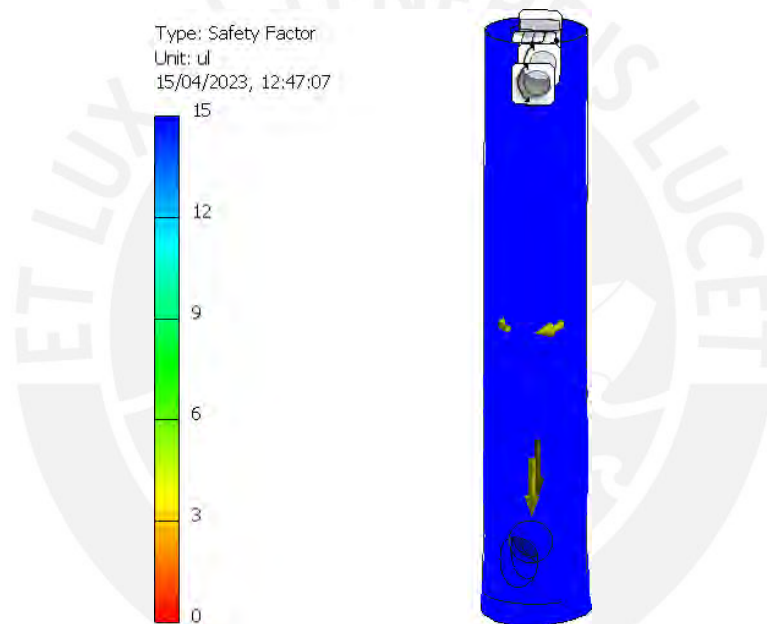


Figura 2.30. Simulación del tubo de soporte de la parte inferior e intermedia. Fuente propia.

El resultado de la simulación muestra que el factor de seguridad supera el valor de 15, con lo que se puede afirmar que la pieza no fallará.

III. Conexión del servo con el tubo de fibra de carbono para el movimiento en un plano horizontal.

Esta pieza está atornillada al servo por la parte superior y se conecta al tubo de fibra de carbono con un pin que pasa por los agujeros de la parte inferior como muestra la imagen 3.28. Cabe resaltar que está fabricada con plástico ABS. Y, como se calculó anteriormente, este servo ejercerá un torque máximo de 1.61 Kgf.cm o 98.05 N.mm, pero para la simulación se considerará un torque de 200 N.mm.

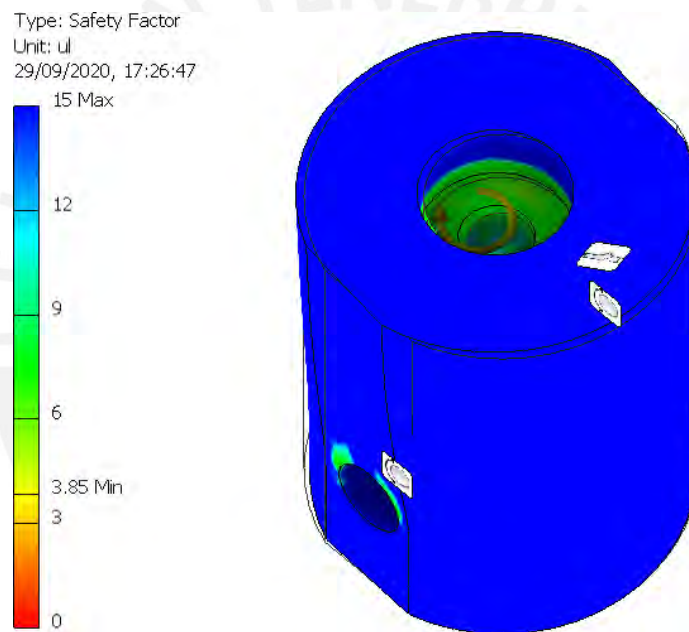


Figura 2.31. Simulación de la conexión plástico ABS del servo. Fuente propia.

Los resultados de la simulación muestran que el factor de seguridad es de 3.85, lo que indica que la pieza soportará las cargas suministradas.

IV. Conexión de los servos con el tubo de fibra de carbono para el movimiento en un plano vertical.

Esta pieza está atornillada al servo por la parte izquierda y se conecta al tubo de fibra de carbono con un pin que pasa por los agujeros de la parte izquierda como muestra la figura 3.32. Cabe resaltar que esta pieza está hecha de aluminio y, como se calculó anteriormente, el servo ejercerá un torque máximo de 13.2 Kgf.cm o 1294.92 N.mm, pero para la simulación se considerará un torque de 1400 N.mm.

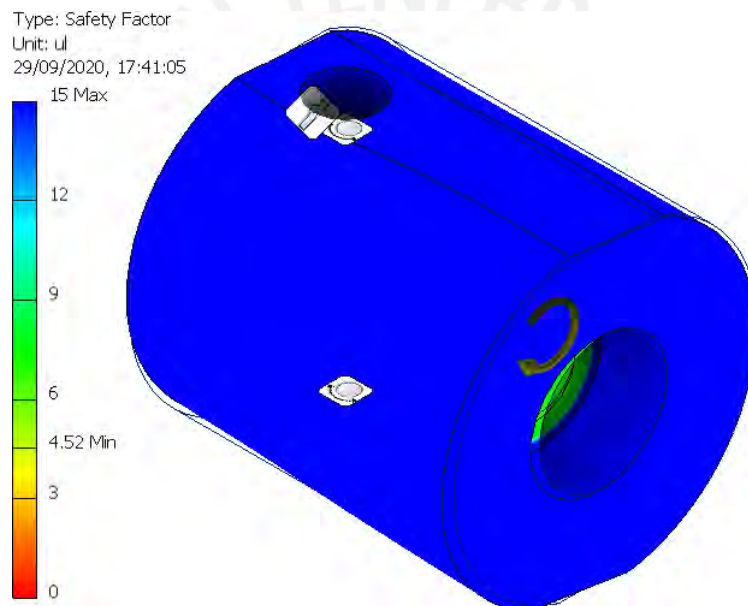


Figura 2.32. Simulación de la conexión de aluminio del servo. Fuente propia

Los resultados de la simulación muestran que el factor de seguridad es de 4.52, lo que indica que la pieza soportará las cargas suministradas.

V. Simulación del tubo de fibra de carbono que permite el movimiento entre la parte media e inferior del módulo.

Esta pieza es un tubo de fibra de carbono con un diámetro exterior de 8mm e interior de 4 mm y largo de 21 mm que se encarga de transmitir el torque del servo, el cual puede alcanzar un valor máximo de 13.2 Kgf.cm o 1294.92 N.mm, pero para la simulación se considerará un torque de 1400 N.mm.

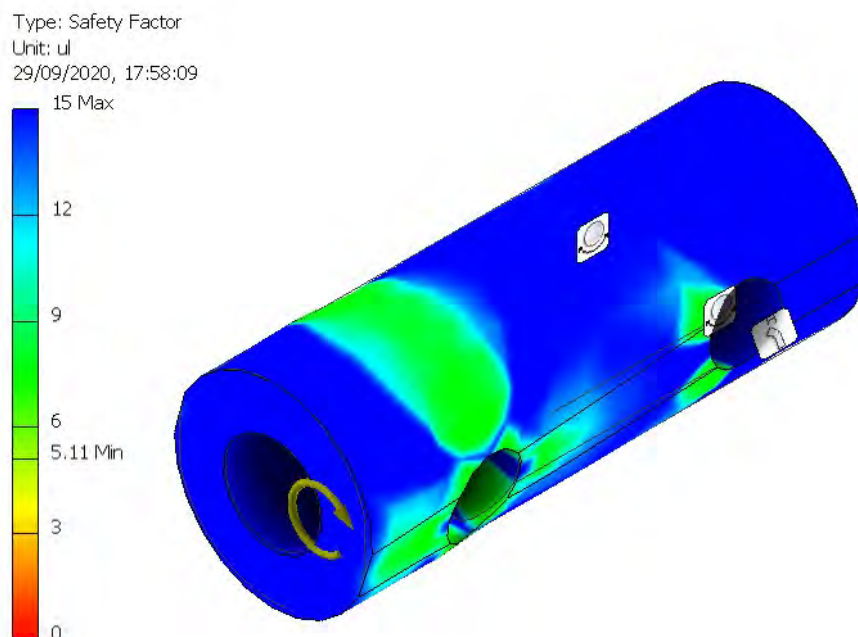


Figura 2.33. Simulación del tubo de transmisión de torque hacia la parte inferior. Fuente propia.

Los resultados de la simulación muestran que el factor de seguridad es de 5.11, lo que indica que la pieza soportará las cargas suministradas.

VI. Simulación del soporte de la parte inferior.

Esta pieza es la encargada de soportar el peso de la parte inferior e intermedia del módulo con ayuda de 6 tornillos M3, además se conecta a la parte superior por un pin de 3 mm de diámetro que se ajusta a un tubo de fibra de carbono. Para la simulación se consideró que el peso a soportar por la pieza es de 6 Kg (cabe resaltar que este valor es sobredimensionado puesto que el dron solo puede cargar 4.9 Kg). En cada uno de los 6 agujeros se colocaron cargas verticales (ocasionadas por el peso del sistema) de 1Kg o 9.81 N y cargas horizontales de 2 N (Generada por la fuerza de empuje del agua es expulsada a alta presión). Así mismo, se agregó un momento 617 N.mm que simula el torque que genera la fuerza de empuje del chorro de agua.

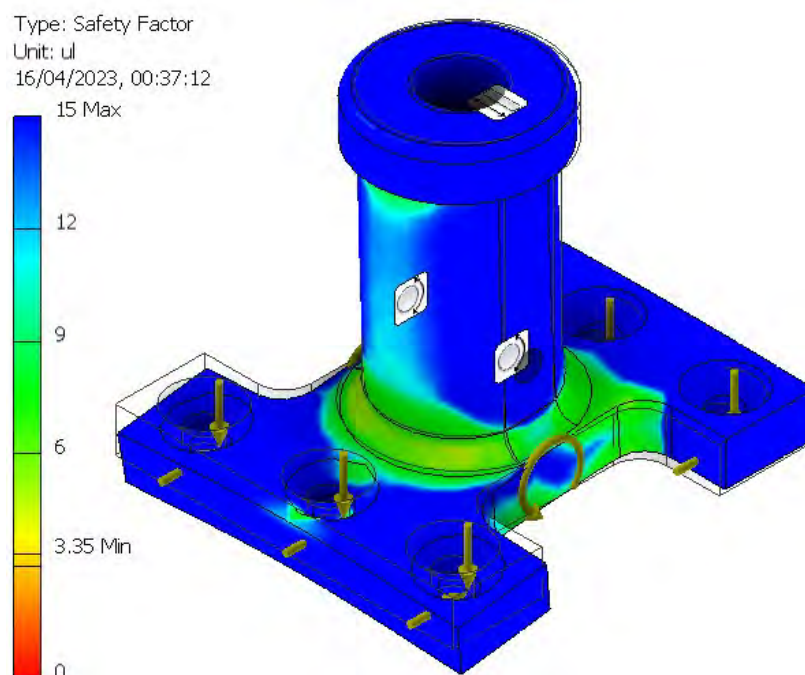


Figura 2.34. Simulación del soporte de la parte inferior. Fuente propia.

El resultado de la simulación mostró que la pieza tiene un factor de seguridad de 3.35, esto sugiere que la pieza podrá soportar las cargas suministradas.

VII. Simulación del soporte de los servos de la parte intermedia.

Esta pieza es la encargada de evitar que el servomotor reciba toda la fuerza axial del peso de la parte inferior del módulo. Por lo tanto, para la simulación se fijaron los cuatro puntos por donde se atornilla esta pieza y se colocó una fuerza hacia abajo de 3 Kg en el agujero central.

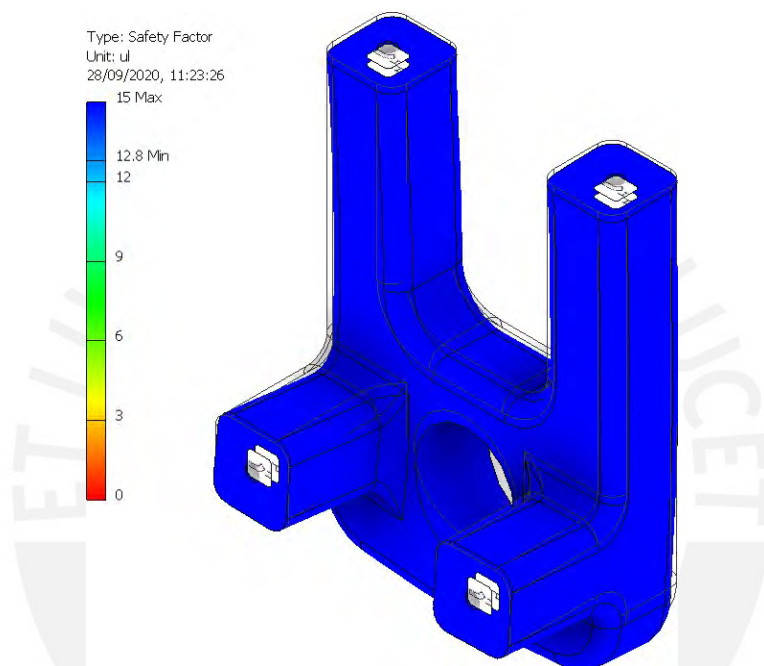


Figura 2.35. Simulación del soporte de los servos de la parte intermedia. Fuente propia.

Como se puede observar en la figura 2.35, el factor de seguridad es de 12.8, lo que indica que la pieza difícilmente fallará.

2.4 Cálculos del módulo de limpieza:

Con la intención de comprobar el correcto funcionamiento del módulo, prevenir posibles fallas y cumplir con los requerimientos planteados se procederá a mostrar los resultados de los cálculos de aquellos subsistemas que se consideren críticos o indispensables.

2.4.1 Cálculo del peso máximo de vuelo sostenido del dron:

En la sección 3.3.2 se determinó el uso de 3 inversores PACSR24021S que pueden suministrar en conjunto un máximo de 1 512 W al dron, por lo que en este apartado se busca calcular el peso máximo de vuelo sostenido que el dron puede sustentar con dicha potencia. Para esto se tomará en consideración la siguiente fórmula (*How Much Power Is Needed To Hover A Drone?*, s. f.).

$$P = K \times (m^{3/2} \div r) \quad (2.6)$$

Donde P es la potencia en Watts, m es la masa medida en Kg, r es el radio de la hélice en metros y K es una constante con valor de 22.35 a 1 atm de presión y 20 °C de temperatura (*How Much Power Is Needed To Hover A Drone?*, s. f.).

De la fórmula 2.6 se puede deducir la siguiente expresión:

$$P_E \times \eta = P_M = K \times (m^{3/2} \div r) \quad (2.7)$$

Donde P_E es la potencia eléctrica que consume el motor en Watts, P_M es la potencia mecánica que ejerce el motor en Watts y η es la eficiencia del motor.

Despejando η se obtiene:

$$\eta = K \times m^{3/2} \div (P_E \times r) \quad (2.8)$$

Por otro lado, se sabe que el dron DJI S900 consume 1000 W para sostener un vuelo con 6.8 kg de peso; que sus hélices miden 15 in de diámetro o, lo que es lo mismo, 0.19

metros de radio, y que el dron cuenta con 6 motores. Con estos valores se puede estimar la eficiencia de los motores del dron.

$$\eta = 22.35 \times (6.8/6)^{3/2} \div ((1\ 000/6) \times 0.19) \quad (2.9)$$

$$\eta = 0.85 \quad (2.10)$$

Ahora, conociendo el valor de η , se procederá a calcular cuánto peso pueden levantar los 6 motores al ser alimentados con 1 500 W en conjunto.

De la ecuación 2.8 se llega a la siguiente igualdad.

$$m = (\eta \times P_E \times r \div K)^{2/3} \quad (2.11)$$

Reemplazando con los valores descritos anteriormente se llega a:

$$(m/6) = (0.85 \times (1\ 500/6) \times 0.19 \div 22.35)^{2/3} \quad (2.12)$$

$$m = 8.9\ Kg \quad (2.13)$$

Lo que indica que los 6 motores requieren 1 500 W de potencia para sostener el vuelo con un peso de 8.9 kg. Esto supera el peso de 8.379 Kg que corresponde al dron, módulo, manguera y cables juntos a una altura de 18 metros.

2.4.2 Cálculo del peso del módulo.

Para realizar el cálculo se listarán en una tabla los pesos reales de cada componente junto a los pesos mostrados por Autodesk Inventor.

Tabla 2.7. Pesos de los componentes del módulo.

Componente	Imagen	Peso real	Peso en inventor	Cantidad
Servo D85MG		24 g	12 g	1
Servos D956WP		68 g	30 g	2
Guidance (Procesador, sensor y VBUS cable)		118 g	100 g	1
Radio Receptor MR-8		7 g	12 g	1
TUNS100F05		80 g	44 g	1
PACSR24021S		230 g	77 g	3
Cámara CADDX Tarsier		18 g	12 g	1

Como se puede apreciar en la figura 2.36 el peso total del módulo, en Inventor, es de 1.83 Kg.

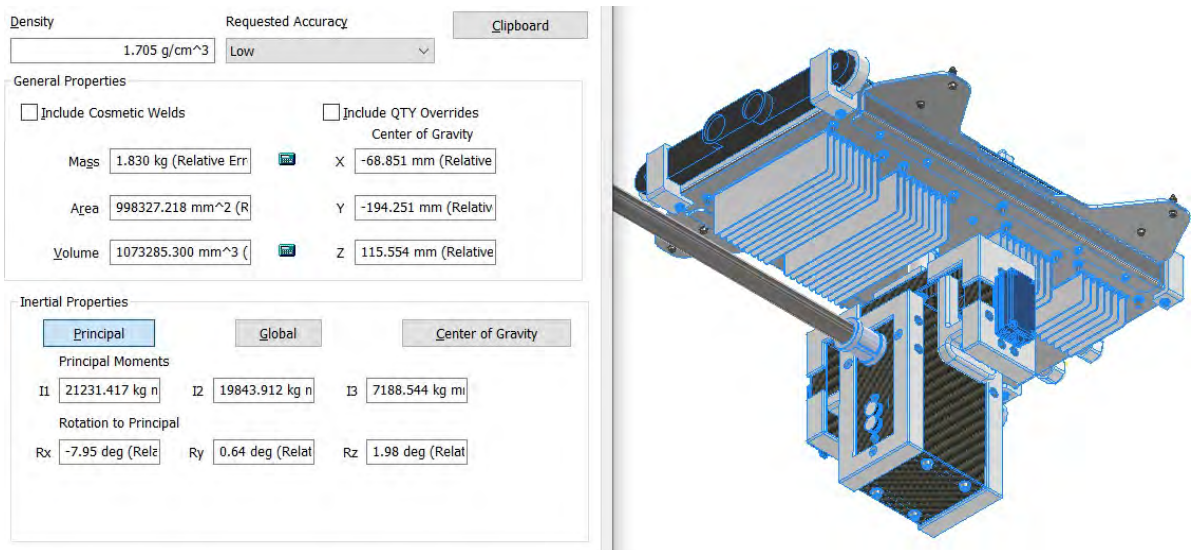


Figura 2.36. Peso total del módulo de limpieza. Fuente propia.

El valor de la suma de los pesos reales de los componentes es:

$$24 + 68 \times 2 + 118 + 7 + 80 + 230 \times 3 + 18 = 1\,073\,g \quad (2.14)$$

Mientras que la suma de los pesos en inventor de los componentes es:

$$12 + 30 \times 2 + 100 + 12 + 44 + 77 \times 3 + 12 = 471\,g \quad (2.15)$$

Esto quiere decir que el peso total del módulo de limpieza es:

$$1830 + 1073 - 471 = 2,432\,g \quad (2.16)$$

Por otra parte, el peso del cable es de 23.3 Kg/Km, mientras que el peso de la manguera es de 0.087 Kg/m. Considerando que el dron llegue hasta 6 pisos de altura, es decir 18 metros, el peso máximo de la manguera, con líquido en su interior, sería de 2.136 Kg. Sin embargo, es de esperar que la manguera no esté totalmente vertical durante el proceso de

limpieza, por lo que se considera un largo de 18.5 metros. Esto se traduce en un peso de 2.195 Kg con agua en su interior y un peso de los cables de 0.862 Kg.

Finalmente, el peso del dron sin baterías es de 3.3 Kg. Sin embargo, para conseguir que el módulo encaje al dron se extrajeron ciertas piezas. Las cuales tienen un volumen combinado de 110 754 mm³ con una densidad de 2 g/cm³ dado que son piezas de fibra de carbono de alta resistencia. Lo que se traduce a un peso de 221.5 g. Así mismo, se retirarán del dron los servomotores y piezas que cumplen la función de retraer las patas del mismo. Esto debido a que dicha función no es estrictamente necesaria. El peso de ambos servos es de 90 g (asumiendo una densidad de 1.5 g/cm³). Por otro lado, el volumen combinado de piezas relacionadas a la función de retraer las patas es de 7 270 mm³ con una densidad de 2 g/cm³; lo que equivale a un peso de 14.5 g. Y finalmente, debido a que se puede prescindir de la función del gps, se extraerá el gps y las piezas relacionadas; esto supone una reducción de 60 g por parte del gps y un estimado de 25 g por parte de todas las piezas relacionadas.

Considerando la remoción de las piezas y componentes descritos, el peso del dron es de:

$$3.3 - 0.221 - 0.09 - 0.014 - 0.06 - 0.025 = 2.89 \text{ Kg} \quad (2.10)$$

Con los valores mencionados, se calcula que el peso del sistema llega a:

$$2.432 + 2.195 + 0.862 + 2.89 = 8.379 \text{ Kg} \quad (2.11)$$

El peso combinado del módulo, el dron, una manguera de 18.5 metros y dos cables de 18.5 metros es de 8.379 Kg, este supera el peso máximo de despegue del dron que es de 8.2 Kg por 179 g. Sin embargo, se calculó que el dron puede mantener el vuelo con un peso de hasta 8.9 Kg, lo que aún brinda un margen de 521g.

Se debe considerar que el dron al despegar no levantaría la totalidad de 8.379 Kg, puesto que la manguera y cables estarían en el suelo. En cambio alcanzará a levantar este peso cuando esté llegando a una altura de 18 metros. Esto sugiere que el dron puede sostener el vuelo con un peso de 8.379 Kg siempre y cuando mantenga un desplazamiento lento y controlado.

2.4.3 Cálculo de disipación térmica de las fuentes de alimentación del módulo.

En este apartado se desarrollarán los cálculos que permitirán determinar si las fuentes de poder PACSR24021S y TUNS100F05 no sobrepasan su temperatura máxima de funcionamiento.

I. Cálculo de disipación de las fuentes PACSR24021S.

Si bien el diseño contempla el uso de 3 fuentes PACSR24021S solo se hará el cálculo de una de estas dado que están bajo condiciones idénticas.

El cálculo se realizó considerando las siguientes condiciones:

- La temperatura del ambiente es de 25°C.
- La velocidad del aire a través de las aletas es de 0 m/s, es decir entorno de aire estático (Se es consciente que esta condición difícilmente se produzca debajo de un dron en funcionamiento, pero se decidió hacer el cálculo bajo las peores condiciones).
- La fuente suministra una potencia de 504 watts.
- La eficiencia de la fuente es de 93.5%.
- La temperatura máxima de funcionamiento de la fuente es de 100 °C.

- El área de la cara que está en contacto con el disipador es de $5\,200\text{ mm}^2$. Sin embargo, el área de disipación considerado para este cálculo es de $4\,000\text{ mm}^2$.
- El coeficiente de conductividad térmica del aluminio es de $167\text{ watts}/(\text{metros}*\text{kelvin})$.
- El coeficiente de convectivo del aluminio en aire estacionario es de $13\text{ watts}/(\text{metros}^2/\text{kelvin})$.
- El espesor de la pasta térmica es de 0.05 mm .
- El coeficiente de conductividad térmica de la pasta térmica es de $15\text{ watts}/(\text{metros}*\text{kelvin})$.
- Para disipar el calor se soldaron al *case* (de aluminio) 9 aletas de aluminio de 1 mm de espesor, 28 mm de alto y 90 mm de largo.
- El espesor del aluminio entre la fuente y las aletas es de 2 mm .

El cálculo fue realizado en matlab y el código puede encontrarse en el Anexo C.

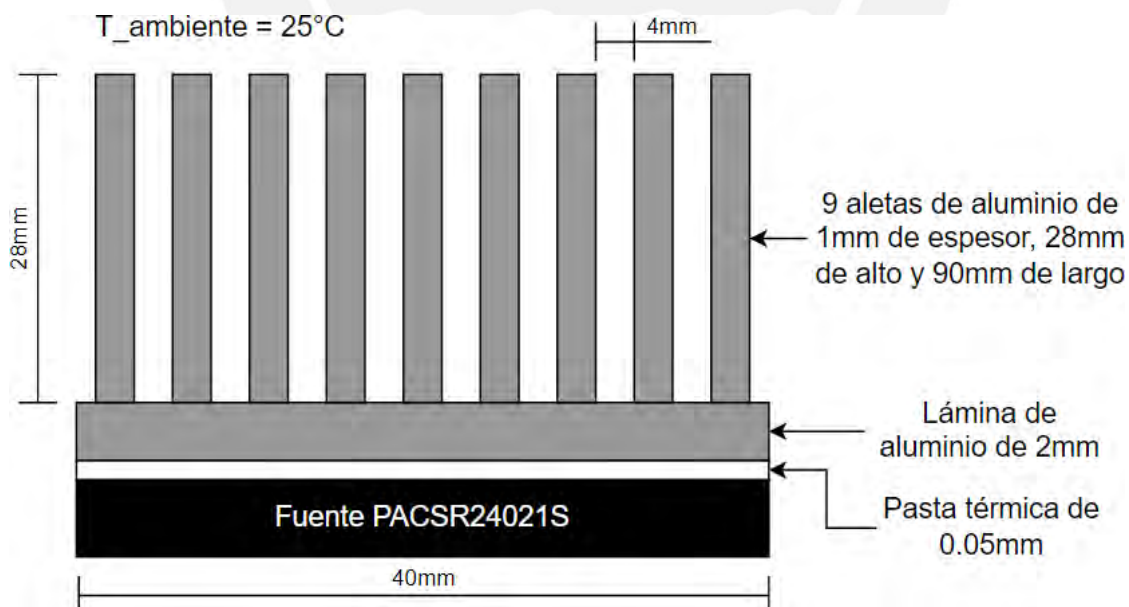


Figura 2.37. Diagrama de disipación para la fuente PACSR24021S. Fuente propia.

La simplificación del problema es la siguiente:

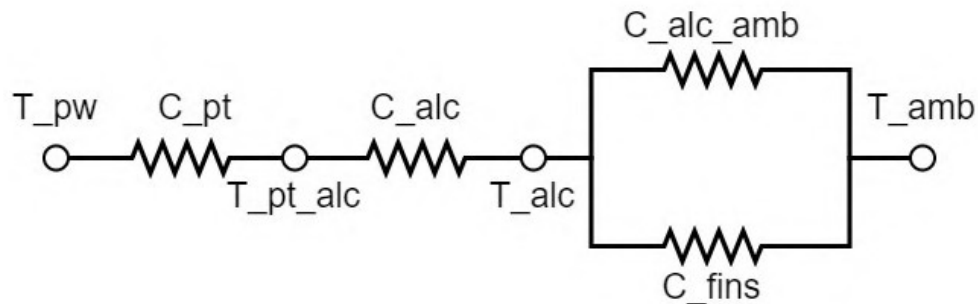


Figura 2.38. Simplificación resistiva de disipación para la fuente PACSR24021S. Fuente propia.

Donde las variables y constantes utilizadas representan:

- T_{pw} : Temperatura de la fuente de poder.
- C_{pt} : Coeficiente resistivo de la pasta térmica.
- T_{pt_alc} : Temperatura entre la pasta térmica y el case de aluminio.
- C_{alc} : Coeficiente resistivo del case de aluminio.
- T_{alc} : Temperatura de la cara externa del case de aluminio.
- C_{alc_amb} : Coeficiente resistivo por convección entre el case de aluminio y el ambiente.
- C_{fins} : Coeficiente resistivo por convección entre el case de aluminio y el ambiente a través de las aletas.
- T_{amb} : Temperatura del ambiente.

El resultado del cálculo, bajo las condiciones mencionadas, sugiere que la temperatura de la fuente alcanzará $77.66\text{ }^{\circ}\text{C}$ trabajando a máxima potencia en un entorno de aire estático, lo que está dentro del límite que soporta la fuente.

II. Cálculo de disipación de la fuente TUNS100F05.

El cálculo se realizó considerando las siguientes condiciones:

- La temperatura del ambiente es de 25°C.
- La velocidad del aire a través de las aletas es de 0 m/s (entorno de aire estático).
- La fuente suministra una potencia máxima de 100 watts. Sin embargo, los componentes conectados a la fuente consumen como máximo 65.5 watts, por lo que para este cálculo se considerará 70 watts.
- La eficiencia de la fuente es de 85%.
- La temperatura máxima de funcionamiento de la fuente es de 100 °C.
- El área de la cara que está en contacto con el disipador es de 3 500 mm². Sin embargo, el área de disipación considerado para este cálculo es de 2 500 mm².
- El coeficiente de conductividad térmica del aluminio es de 167 watts/(metros*kelvin).
- El coeficiente de convectivo del aluminio en aire estacionario es de 13 watts/(metros²/kelvin).
- El espesor de la pasta térmica es de 0.05 mm.
- El coeficiente de conductividad térmica de la pasta térmica es de 15 watts/(metros*kelvin).
- Para disipar el calor se soldaron al *case* (de aluminio) 7 aletas de aluminio de 1mm de espesor, 20 mm de alto y 45 mm de largo.
- El espesor del aluminio entre la fuente y las aletas es de 2mm.

El cálculo fue realizado en matlab y el código puede encontrarse en el Anexo C.

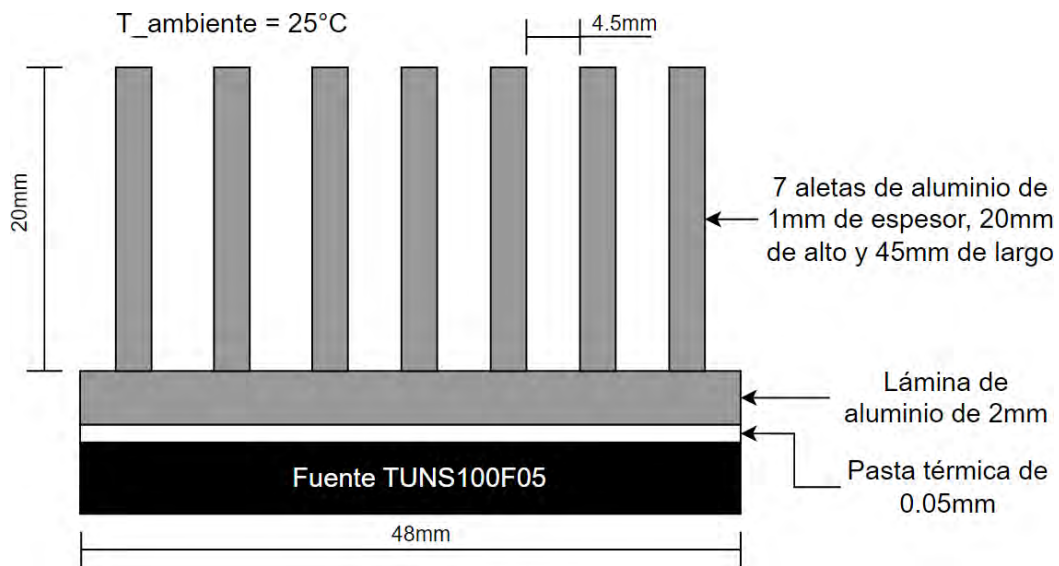


Figura 2.39. Diagrama de disipación para la fuente TUNS100F05. Fuente propia.

La simplificación del problema es la siguiente:

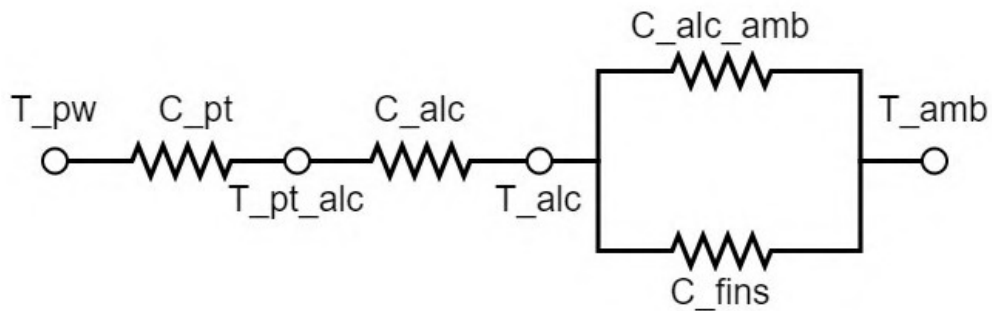


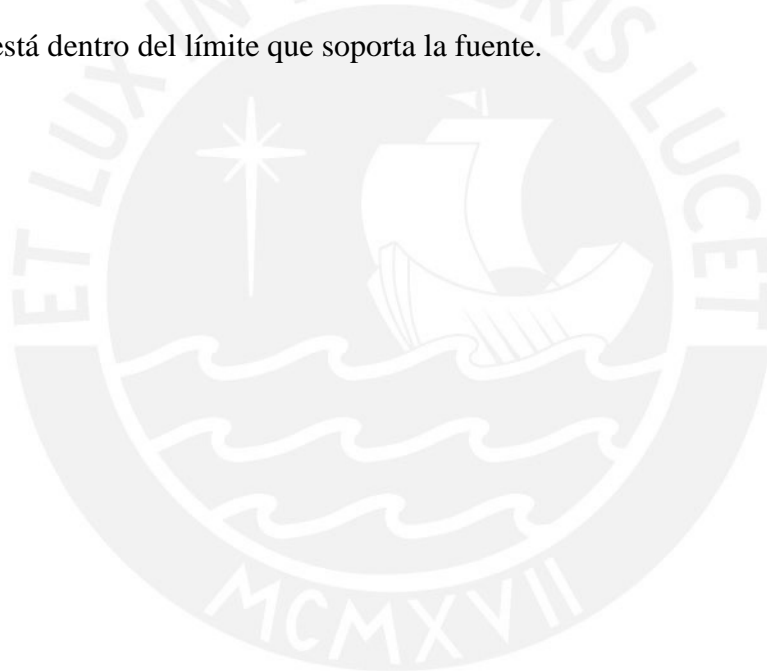
Figura 2.40. Simplificación resistiva de disipación para la fuente TUNS100F05. Fuente propia.

Donde las variables y constantes utilizadas representan:

- T_{pw} : Temperatura de la fuente de poder.
- C_{pt} : Coeficiente resistivo de la pasta térmica.
- T_{pt_alc} : Temperatura entre la pasta térmica y el case de aluminio.
- C_{alc} : Coeficiente resistivo del case de aluminio.
- T_{alc} : Temperatura de la cara externa del case de aluminio.

- C_{alc_amb} : Coeficiente resistivo por convección entre el case de aluminio y el ambiente.
- C_{fins} : Coeficiente resistivo por convección entre el case de aluminio y el ambiente a través de las aletas.
- T_{amb} : Temperatura del ambiente.

El resultado del cálculo, bajo las condiciones mencionadas, sugiere que la temperatura de la fuente alcanzará $78.74\text{ }^{\circ}\text{C}$ trabajando a máxima capacidad en un entorno de aire estático, lo que está dentro del límite que soporta la fuente.



CAPÍTULO 3

DISEÑO DE LA ELECTRÓNICA DEL MÓDULO DE LIMPIEZA

En este capítulo se seleccionarán los componentes electrónicos de control y de potencia del módulo de limpieza, con sustento en cálculos de ser necesario.

3.1 Diagrama de bloques electrónico del módulo de limpieza:

A continuación, en la figura 3.1, se muestran, a grandes rasgos, las conexiones eléctricas entre los distintos componentes que conforman el módulo de limpieza.

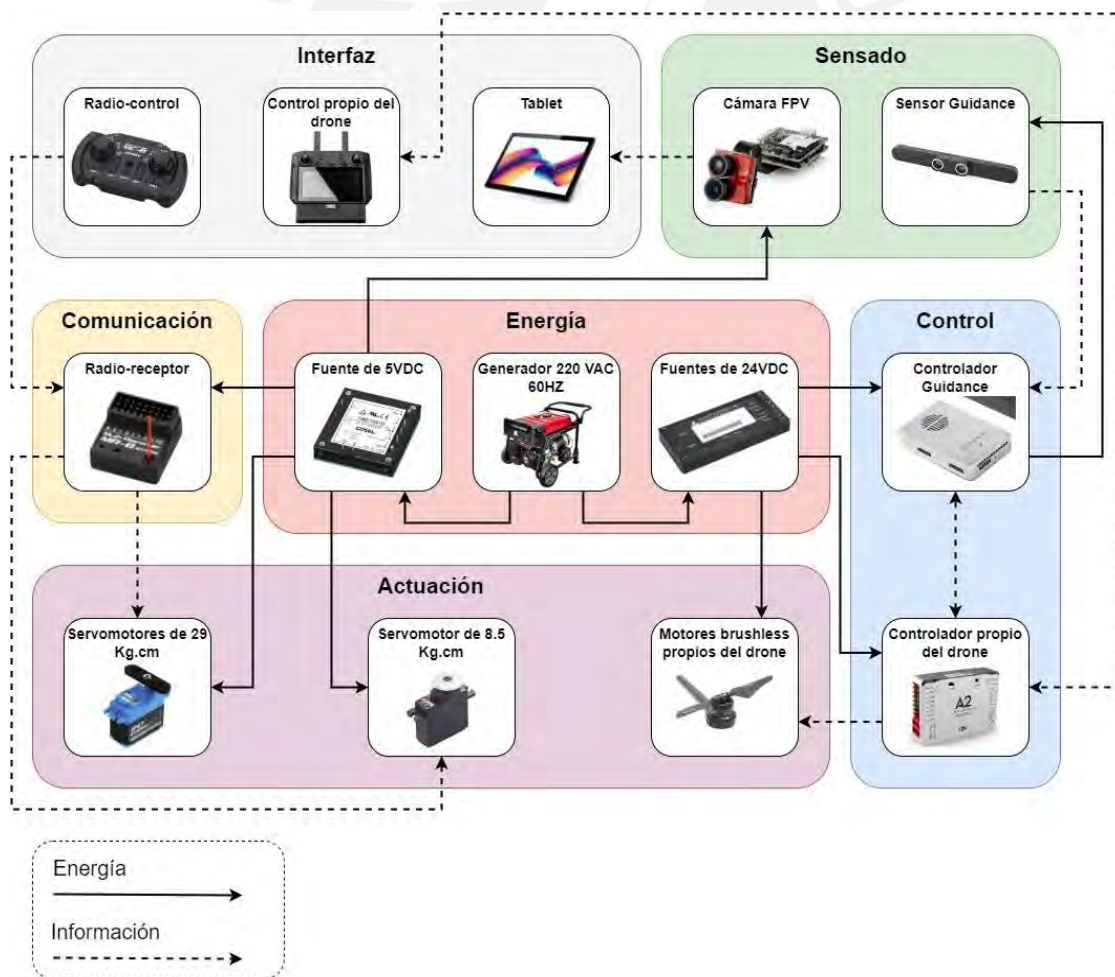


Figura 3.1. Diagrama de bloques electrónico del módulo de limpieza. Fuente propia.

3.2 Selección de componentes electrónicos de control:

Se vio prescindible la selección de sistemas de control para el módulo, ya que los componentes de control vienen integrados en los sistemas o elementos previamente seleccionados. Sin embargo, se procederá a explicar qué componentes electrónicos cumplen el rol de control dentro de los sistemas del módulo.

3.2.2 Controlador DJI A2.

El componente encargado de procesar la información de los sensores del dron, así como del radio-control propio del dron y de actuar sobre los motores del mismo, es el controlador DJI A2. Este controlador viene integrado al dron DJI S900 y se usará por conveniencia.

3.2.2 Controlador DJI Guidance.

Este controlador recibe la información de los sensores Guidance y se comunica directamente con el controlador del dron. Esto permite que se puedan configurar, usando el sdk, las acciones del dron en base a la información proporcionada por el sensor. De esta forma se establecerá un límite para que el dron no se acerque más allá de una distancia a configurar (1.5 metros frente al módulo) de cualquier obstáculo. Cabe resaltar que si bien el sensor guidance está diseñado para trabajar con el controlador DJI N1, aún se puede usar con el controlador DJI A2 con ciertas configuraciones.

3.2.2 Radio receptor MR-8.

Este receptor se comunica con el radiocontrol Ko propo MC-8 y, en base a las órdenes recibidas, envía señales PWM a los servomotores del módulo. Esto permite un control directo de los motores y, además, se puede configurar para evitar enviar señales que puedan provocar que los motores adopten aquellos ángulos que podrían comprometer la integridad del subsistema.

3.3 Selección de componentes electrónicos de potencia:

En esta sección se elegirán los componentes necesarios para alimentar o energizar todos los elementos seleccionados del módulo de limpieza, así como para alimentar el dron DJI S900.

3.3.1 Selección del grupo electrógeno.

Si bien en un principio se optó por utilizar baterías tipo Lipo para alimentar al módulo, se determinó que una mejor opción sería un grupo electrógeno. Esto se debe al elevado costo de las baterías; por ejemplo, una batería Tattu T30 S6 de 3000 mAh puede costar 520 USD. Pero para alimentar al módulo por más de una hora se necesitan al menos 4 de estas baterías, lo que equivale a un costo de 2080 dólares, sin mencionar el peso extra que esto supondría. Sin embargo, es posible conseguir un generador que supere la potencia suministrada por las baterías y por un precio menor, lo que permitiría el funcionamiento del sistema por más tiempo.

Tabla 3.1. Selección del generador eléctrico.

Modelo	Bauker GG 6300E	Yamaha EF7200DE	Ducati DGR5500ES	DAEWOO 6DA8000E
Imagen				
Combustible	Gasolina	Gasolina 90 octanos	Gasolina	Gasolina
Potencia	6000 W	7200 W	5500 W	7500 W
Voltaje	220V - 60Hz	240V - 60Hz	220V - 60Hz	220V - 60Hz
Ruido	103 dB	74.5 dB		82.7 dB
Peso	81.5 Kg	94 Kg	83 Kg	94 Kg
Precio	2100 soles	5850 soles	3200 soles	1500 soles

El generador seleccionado es el DAEWOO 6DA8000E dado que brinda una potencia elevada a un precio inferior a las otras opciones.

3.3.2 Selección de las fuentes AC/DC para el módulo de limpieza.

Para la elección del inversor se debe considerar que el sistema será alimentado por una fuente de 220v a 60Hz en corriente alterna. Mientras que su salida alimentará al dron y al módulo. El dron consume una potencia de 1000 W mientras vuela de forma sostenida con un peso de 6.8 Kg. Además, se sabe que el dron puede consumir un máximo de 3000 W y que el peso total del módulo y dron superará los 8 Kg, por lo que es fundamental elegir las fuentes con la mejor relación peso - potencia.

Por otro lado, los dos servos D956WG pueden consumir hasta 5.3 A cada uno, mientras que un servo D85GM consume hasta 2.5 A y, ya que el consumo del resto de componentes se considera despreciable, la corriente consumida por el módulo puede llegar a:

$$5.3 \times 2 + 2.5 = 13.1 \text{ A(3.3)}$$

Tabla 3.2. Selección de fuentes AC/DC para el módulo.

Modelo	Imagen	voltaje de entrada	voltaje de salida	corriente de salida máxima	peso	Precio
TUNS100 F05		85 - 264 VAC	5V	20 A	80 g	154 USD
PHP-3500 -24		90 - 264 VAC	24 V	145 A	4.5 Kg	973 USD
PACSR24 021S		90 - 264 VAC	24 V	21 A	230 g	188 USD
RSP-3000 -24		180 - 264 VAC	24 V	125 A	4 Kg	500 USD
TPS3000-24		350 - 528 VAC (3 Phase)	24 V	125 A	3.5 Kg	1610 USD
PLA600F-24		85 - 264 VAC	24 V	25 A	2 Kg	123 USD
PFM4414 BB6M24 D0T04		85 a 264 VAC	24V	16.67 A	148 g	639 USD o 5 x 2722 USD

Debido a que el dron solo puede despegar con una carga de 4.9 Kg el inversor seleccionado debe pesar lo menos posible. Sin embargo, un inversor con las características requeridas supera los 3.5 Kg, por tal motivo se decidió utilizar 3 inversores PACSR24021S para alimentar al dron con una corriente máxima de 63 A y 24 V. La potencia suministrada por los tres inversores puede ser de hasta 1512 W. Aunque esta potencia es inferior a la máxima que puede consumir el drone, en la sección 2.4.1 se sustenta mediante cálculos que, suministrando una potencia de 1 500 W, el drone podría volar de forma sostenida con un peso de hasta 8.9 Kg.

Por otro lado, cabe resaltar que los servos, la cámara fpv y receptor de radiofrecuencia no reciben 24V sino 5V, por tal motivo estos serán alimentados por el inversor Tuns100F05, el cual suministra hasta 20 A a 5 V. Sin embargo, estos componentes consumen un máximo de 13.1 A. Este valor supera los requerimientos de potencia de los servos y demás componentes mencionados.

3.3.3 Selección del cable de alimentación del dron y módulo

Para seleccionar el diámetro de cable se debe considerar que los inversores PACSR24021S consumen 21 A a 24 V y poseen una eficiencia de 93.5% cada uno. Por otro lado, el inversor TUNS100F05 puede consumir 5 V a 20 A y posee una eficiencia de 85%, sin embargo los componentes solo requieren de un máximo de 13.1 A, pero para los cálculos se considerará una potencia de 14 A.

Con los datos anteriores se puede calcular que cada inversor PACSR24021S consumirá:

$$(24 \times 21) \div 0.935 = 539.04 W \quad (3.4)$$

De la misma forma el inversor Tuns100F05 consumirá:

$$(5 \times 14) \div 0.85 = 82.35 \text{ W} \quad (3.5)$$

En total el cable transportará en corriente alterna:

$$539.04 \times 3 + 82.35 = 1699.47 \text{ W} \quad (3.6)$$

La potencia activa del cable se puede calcular con la fórmula $P=V \cdot I$ (Siendo V e I los valores eficaces), dado que el cable es un circuito puramente resistivo.

Por lo tanto la corriente efectiva que traslada el cable es:

$$1699.47 \div 220 = 7.72 \text{ A} \quad (3.7)$$

Considerando esto se determina que el cable a utilizar es el AWG 13 con capacidad de 7.5 A, con diámetro de 1.828 mm y peso de 23.3 Kg/Km (*Valores Normalizados Cables A.W.G, s. f.*). Finalmente el peso total del cable en 18.5 metros es:

$$(23.3 \div 1000) \times 18.5 = 0.431 \text{ Kg} \quad (3.8)$$

Sin embargo se necesitan dos de estos cables para realizar una correcta conexión eléctrica, por lo tanto el peso máximo de los cables con el módulo a 18 metros de altura es de 0.862 Kg.

Por otro lado, se debe resaltar que si bien la potencial corriente efectiva máxima que soportará el cable excede su capacidad nominal, este aún es capaz de soportar valores ligeramente superiores mientras no sea por transcurros prolongados como es el caso.

3.4 Diagrama de conexiones del módulo de limpieza:

A continuación se muestra, en la figura 3.2, las conexiones eléctricas del módulo de limpieza tomando en cuenta los componentes seleccionados para el presente diseño. Por otro lado, el siguiente diagrama también resalta los tipos de conexiones empleados para comunicar entre sí cada uno de los componentes.

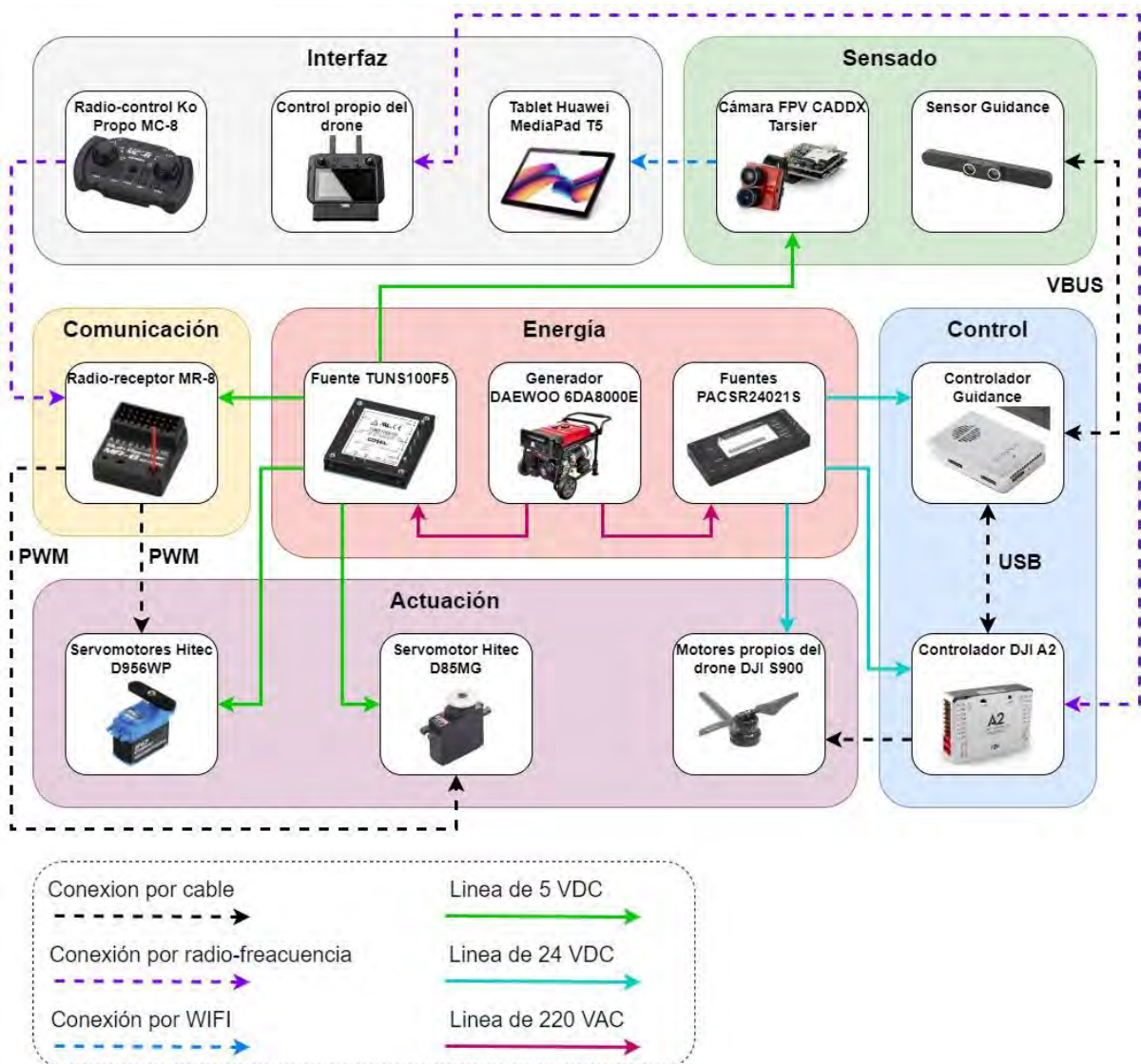


Figura 3.2. Diagrama de conexiones del módulo de limpieza. Fuente propia.

CAPÍTULO 4

DISEÑO MECÁNICO DE LA ESTACIÓN DE ALIMENTACIÓN

En el presente capítulo se determinarán los materiales, piezas y componentes a usar en el diseño de la estación de alimentación. Así mismo, se justificará o comprobará la selección o diseño de piezas mediante cálculos o simulaciones cuando sea necesario. Además, se creará un modelo 3D del sistema que permita visualizar el diseño final de la estación.

4.1 Selección de componentes de la estación de alimentación:

En esta sección determinarán los componentes más convenientes para el diseño de la estación de alimentación con sustento en cálculos cuando se encuentre necesario.

4.1.1 Selección de tuberías.

Las tuberías de agua se dividen principalmente en metálicas y de plástico, cada uno de estos tiene subtipos, de los cuales se hablará a continuación (*Tipos De Tuberías De Agua Potable / Inspecciones Técnicas*, 2018).

I. Tuberías metálicas.

Estos tipos suelen ser más resistentes a la corrosión y altas temperaturas que las de plástico.

a) Tubería de cobre.

- Son las más usadas en viviendas y edificaciones.
- Alta resistencia a la corrosión y temperaturas elevadas.
- Están disponibles en los tamaños de M (diámetro pequeño), L (diámetro medio) y K (diámetro grande).

b) Tubería de acero galvanizado.

- Se usan normalmente para llevar y sacar agua de las viviendas.
- Su resistencia a la corrosión es muy elevada.
- Son más caras que las tuberías PEX, pero igual de duraderas.

c) Tuberías de acero inoxidable.

- Es el tipo de tubería más caro.
- Son usadas en construcciones cercanas al mar dado su alta resistencia a la corrosión por agua salada.

II. Tuberías de plástico.

Estas suelen ser más baratas y más ligeras que las tuberías metálicas.

a) Tuberías PEX.

- Son capaces de soportar altas temperaturas.
- Se usan en sistemas de calentamiento por agua o calderas.

b) Tuberías CPVC.

- Son capaces de soportar altas temperaturas.
- Posee más usos que las tuberías PVC.

c) Tuberías PVC.


- Son capaces de transportar agua a alta presión y ese es uno de sus principales usos.
- Pueden deformarse si se usan para transportar agua caliente.








Dado que el presente diseño estará sometido a presiones que superan los 35 bar, se decidió utilizar tuberías de acero inoxidable dada su alta resistencia a la presión y a su menor peso respecto a las tuberías de cobre.

4.1.2 Selección de bombas.

En base a los resultados de los cálculos de la parte previa, es suficiente con que la bomba alcance los 40 bar de presión, sin embargo, lo ideal sería que supere los 80 bar de presión.

Tabla 4.1. Selección de bombas.

Marca - Modelo	Imagen	Presión	Caudal máximo	Peso	Alimentación	Conexiones
ITC Dostec 50 - 71LP44P 77		11 bar	10 l/min	21 Kg	115/230 VAC60Hz - 0.75 KW	1 ¼" entrada y salida




Hawk 610016		100 bar	11 l/min	29 Kg	230/400 VAC 2.2 KW	3/8" a la entrada y 1/2" a la salida
Danfoss 180BB00 30		100 bar	10.12 l/min	4.44 (Viene sin motor)		1/2" a la entrada y 1/4" a la salida
ITC EFR - 72R35P5		12 bar	6.6 l/min	48 Kg	230/400 VAC a 60 Hz - 2HP	1 1/4" entrada y salida
Hawk 1.905-82 9.0		150 bar	15 l/min	11 Kg	4.3 Kw	1/2" a la entrada y 3/8" a la salida
Cam spray 1500AD E		100 bar	7.6 l/min	30.84	230 VAC a 60 Hz - 2 HP - 20 A	5/16" entrada y salida
Cam spray 1500 Gear		103.5 bar	11.4 l/min	39 Kg	230 VAC a 60 Hz - 1 HP - 20 A	3/8" entrada y salida
Cat Pumps 280		70 bar	11.4 l/min	5.5 Kg (viene sin motor)		1/2" a la entrada y 3/8" a la salida

La bomba elegida es la Hawk 610016, debido a que tiene una de las presiones más altas y que el caudal suministrado de 11 l/min se encuentra adecuado, además cuenta con un motor incorporado. Esta bomba será usada junto con una válvula de regulación de presión de la marca Hawk modelo VB 350.

4.1.3 Selección de válvulas limitadoras de presión.

Estas válvulas serán utilizadas para que la presión a la salida de la bomba no supere un valor determinado.

Tabla 4.2. Selección de válvulas limitadoras de presión.

Nombre	Hawk VBHT33	Hawk VB 350	Hawk VB 85/280	Hawk VB 140/160
Imagen				
Caudal	80 l/min	40 l/min	80 l/min	140 l/min
Presión máxima	280 bar	350 bar	280 bar	160 bar
Entrada	G ½ F	G ¾ M	G ½ F	G ¾ F
Salida	G ½ F	G ¾ F	G ½ F	G ¾ F
By pass	G ½ F	G ½ F	G ½ F	G ¾ F

Se decidió utilizar la válvula Hawk VB 350 debido a que las conexiones de entrada y salida se adaptan mejor a las conexiones de la bomba seleccionada.

4.1.4 Selección de válvulas proporcionales.

El caudal que debe regular la servoválvula varía entre 0 a 11 l/min, que es lo que provee la bomba y debe aguantar una presión superior a los 100 bar, por lo que a continuación se elegirá la válvula que mejor se adecue al proyecto.

Tabla 4.3. Selección de servoválvulas.

Marca - Modelo	Bosch Rexroth 2FRE6 8L	Bosch Rexroth 2FRE 10L	Ponar UDRDE6 9Q	Ponar UDRDA6 13Q
Imagen				
Presión de operación máxima	210 bar	315 bar	210 bar	210 bar
Diferencial de presión	6 a 10 bar	3 a 8 bar	15 bar	15 bar
Señal de control	PWM	PWM		0 a 1.5 A
Alimentación	1.5 A	1.5 A	13 W	12 a 24 VDC
Caudal máximo	8 l/min	10 l/min	9 l/min	13 l/min
Puertos	A, B de 8 mm	A, B de 8 mm	A, B de 1/4"	A, B de 7.6 mm



Se utilizará la válvula Ponar UDRDA6 13Q, debido a que cumple con los requerimientos previamente mencionados y a que su hoja de datos contiene mayor información sobre su funcionamiento que los otros modelos.

4.1.5 Selección de transmisores de presión.

El transmisor de presión se ubicará a la salida de la bomba de agua para monitorear la carga a la que está sometido el mismo, por lo tanto debe ser capaz de soportar la presión de salida máxima de la bomba.

Tabla 4.4. Selección de transmisores de presión.

Nombre	Imagen	Rango de presión	Voltaje	Peso	Señal de salida
Vegabar 18		-1 a 25 bar	12 a 35 V		
Wika A-10		0 a 25 bar	8 a 30 V	80 g	
Wika MH-4		0 a 60 bar	8 a 36 V	80 g	
Wika A-1200		0 a 25 bar	10 a 32 V	60 a 100 g	
ifm PT5501		0 a 250 bar	8 a 32 V	59 g	4 - 20 mA



PU5701		0 a 250 bar	16 a 32 V	62 g	0 - 10 V
ifm PT5402		0 a 100 bar	8.5 a 36 V	59 g	4 - 20 mA



De los transmisores mostrados, se decidió utilizar el ifm PT5402 debido a su bajo peso y a que soporta una presión de hasta 100 bar, que es exactamente la máxima presión de la bomba. Además, posee una resistencia de aislamiento de 100 Megaohmios a 500 VDC.

4.1.6 Selección de sensor de caudal.

El caudalímetro se usará a la salida del tanque, por lo que no necesita soportar altas presiones y, además, tendrá la función de monitorear el caudal con que se limpia la fachada.

Tabla 4.5. Selección de caudalímetros.

Nombre	Imagen	Alimentación	Conexión	Resistencia a la presión	Señal de salida	Caudal
ifm SV4050		8 - 33 VDC	G ½ DN8	12 bar	4 - 20 mA	0.9 - 15 l/min
ifm SV3050		8 - 33 VDC	G ½ DN6	12 bar	4 - 20 mA	0.5 - 10 l/min




Balluff BFF0009		22 - 26 VDC	G ½ exterior	20 bar	2x PNP contacto NA/NC	1 - 20 l/min
ifm SBG432		18 - 32 VDC y 35 mA	G ½	40 bar	4 - 20 mA	0.3 - 15 l/min

Se decidió usar como sensor de caudal el ifm SBG432 para medir el caudal de la salida del depósito de agua, debido a que tiene un mayor rango de medición.

4.1.7 Selección de switch de nivel.

Los switches serán usados para controlar el funcionamiento de la bomba de agua y de la electroválvula ubicada a la entrada del depósito de agua.

Tabla 4.6. Selección de switch de nivel.

Módulo	Imagen	Capacidad de conmutación	Presión máxima	Protección
Wika HLS-M11		25 VAC o 60 VDC a 0.5A	1 bar	IP65
Barksdale UNS-PA		250VAC - 3A		IP58
Trimod Besta A22CF04		250VAC - 5A		IP65

Trimod Besta		250VAC - 5A		IP65
Atmi Bip Eco		250 VAC - 16(6) A	3.5 bar	IP68
Atmi Bip Stop		250 VAC - 20(8) A	3.5 bar	IP68

Se decidió utilizar el Atmi Bip Eco para el control de la bomba debido a que es el que permite una alta corriente de conmutación y a que está en corto cuando el tanque está lleno. Por otro lado, se utilizará el Barksdale UNS-PA para el control de la electroválvula que se encarga de dejar pasar el agua que llena el tanque de agua.

4.1.8 Selección de electroválvulas on off.

Esta válvula se ubicará a la entrada del depósito de agua y dejará pasar el flujo dependiendo del nivel de agua presente en dicho depósito.

Tabla 4.7. Selección de electroválvulas on off.

Modelo	Imagen	Alimentación	Rango de presión	Rosca	Tipo	Precio
Watersaver SVM-15		230/240 VAC 4W	0.35 - 13 bar	½” hembra	Normalmente cerrado	
Acarps 2W-150-15 K		220 VAC, 24VDC o 12VDC	0 - 10 bar	½” hembra	Normalmente abierto	48 USD
Acarps 2N-NC		220 VAC, 24VDC o 12VDC	0-10 bar	½” hembra	Normalmente cerrado	40 USD
Burkert 2664		24 VDC	0 - 16 bar	½” hembra		

En base a los actuadores encontrados se decidió utilizar la válvula Acarps 2W-150-15K , ya que permite un mejor control de la electroválvula, debido a que la electroválvula no estará energizada cuando el nivel del tanque sea bajo y, por lo tanto, dejará pasar el flujo de agua, mientras que cuando el nivel del tanque supera cierta altura la electroválvula interrumpe el flujo de agua.

4.1.9 Selección de ruedas castor.

Estas ruedas tienen la función de permitir el desplazamiento de la estación cuando esta sea empujada por el operario.

Tabla 4.8. Selección de ruedas castor.






Modelo	Imagen	Capacidad de carga	Altura	Diámetro	Ruedas
Elesa RE.C6-040-SBF		400 N	59 mm	40mm	1
Elesa RE.C6-040-SBF-G		1400 N	71 mm	50 mm	2
Elesa RE.F5-080-SSF-N		1500 N	107 mm	80 mm	1
Elesa RE.C7-040-SBF		300 N	59 mm	40 mm	1

Se decidió utilizar Elesa RE.C6-040-SBF, ya que es una de las más pequeñas y soporta la carga necesaria.

4.1.10 Selección de la caja electrónica.

La caja se encargará de proteger los componentes eléctricos y de control del módulo de alimentación, por tal motivo la caja electrónica a elegir debe ser a prueba de agua, de tal forma que si existe una fuga de agua ningún componente se dañe.

Tabla 4.9. Selección de la caja electrónica.

Marca - modelo	Imagen	Dimensiones	Protección IP	Precio
Polycase ZH-161407		438 x 388 x 223 mm	IP65, IP66	107 USD
Polycase SG-16		302 x 232 x 110 mm	IP65, IP66, IP67	69 USD
Polycase WC-42		300 x 230 x 87 mm	IP65, IP66	76 USD
Polycase WP-42		300 x 230 x 87 mm	IP65, IP66	76 USD
Polycase WC-44		359 x 199 x 151 mm	IP65, IP66	102 USD

Se decidió utilizar la caja electrónica Polycase WC-42 debido a que cuenta con el espacio necesario para alojar los componentes de la estación de alimentación y a que su precio es relativamente bajo.

4.1.11 Selección del depósito de agua.

El depósito de agua debe ser lo suficientemente profundo para contener el switch de nivel, el cual tiene un largo de 13 cm, además no debe contener más de 50 litros, pues esto supondría un peso superior a los 50 Kg que dificultará la movilidad de la estación.

Tabla 4.10. Selección del depósito de agua.

Descripción	Imagen	Capacidad	Altura	Precio
Depósito de agua de 30L. 14x58x40 cm		30 litros	14 cm	47.1 euros
Depósito de agua de 50L. 20x75x40 cm		50 litros	20 cm	51.85 euros
Depósito de agua de 48L. 25x48x40 cm		48 litros	25 cm	64.15 euros
Depósito de agua de 55L. 30x40x30 cm		55 litros	30 cm	53.2 euros

Finalmente se decidió utilizar el depósito de agua de 50 L. 20x75x40 cm, ya que puede contener exactamente 50 litros y supera por 7 cm el largo del switch de nivel.

4.2 Diseño 3D de la estación de alimentación:

La estación de alimentación tendrá una estructura base hecha de perfiles V-slot, que posteriormente se cubrirá con planchas de aluminio 6061 y finalmente se colocarán marcos hechos de fibra de vidrio en los bordes de la estación.

En el caso de la estación se decidió utilizar perfiles v-slot de 40x40 con los que se hace una estructura base como se muestra en la figura 4.2.

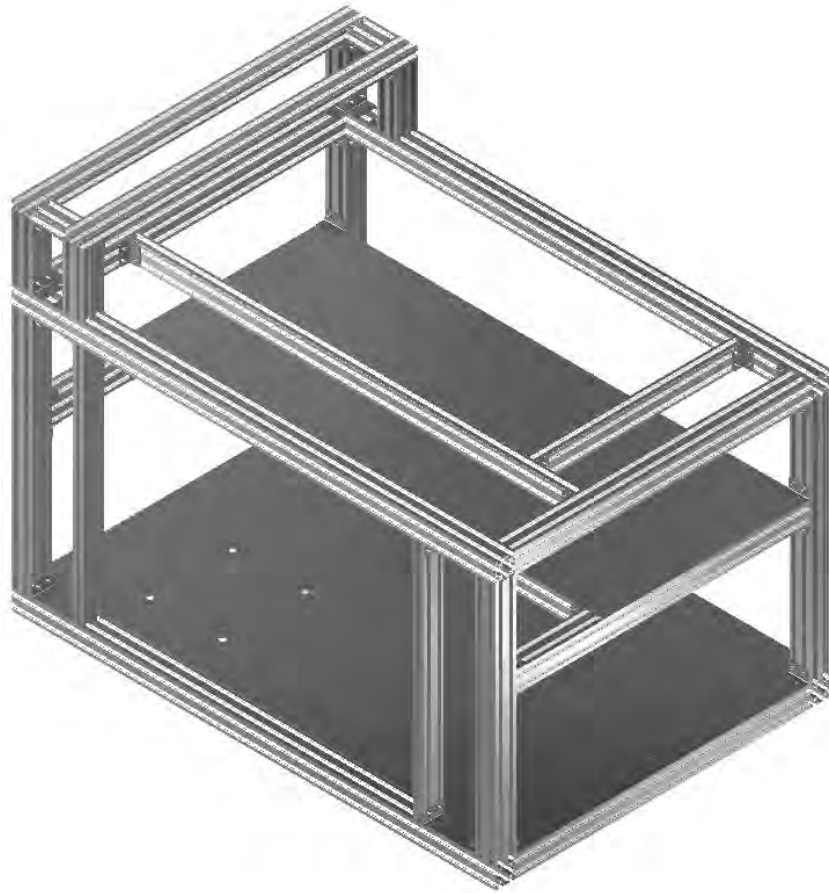


Figura 4.1. Estructura base de la estación. Fuente propia.

Estos perfiles están unidos por perfiles en L que están atornillados a los V-slot con tuercas en T M4, tornillos ISO 4762 M4 y arandelas ISO 7089 M4, como muestra la imagen 4.3.



Figura 4.2. Perfil en L para la unión de v-slots. Fuente propia.

Por otro lado, en la imagen 4.4 se puede observar el funcionamiento del sistema de movimiento de la estación, que básicamente consta de 4 ruedas castor de 40 mm de diámetro atornilladas a planchas de aluminio de 2mm de espesor con tornillos ISO 4762 M10 x 30, como se muestra en la figura 4.5.

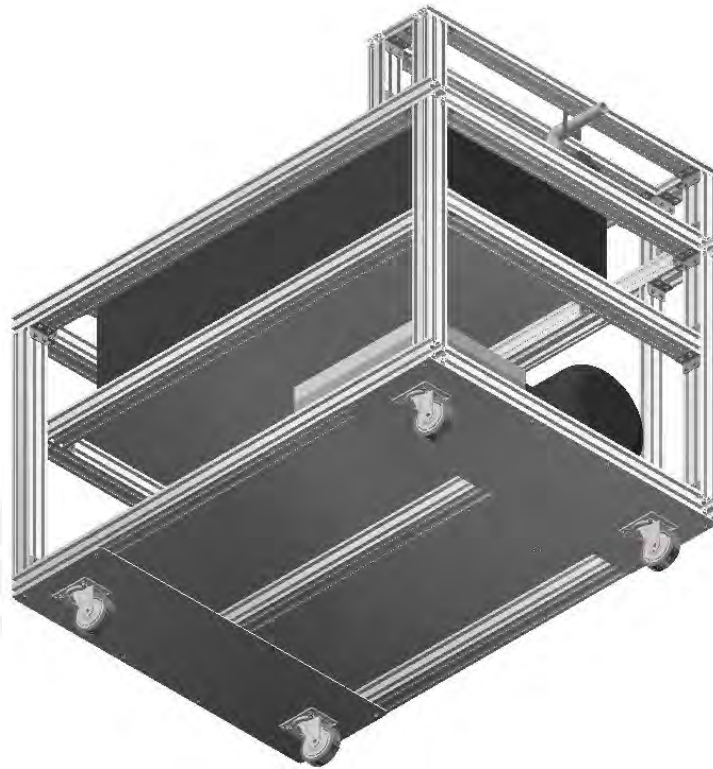


Figura 4.3. Sistema de movimiento de la estación. Fuente propia.

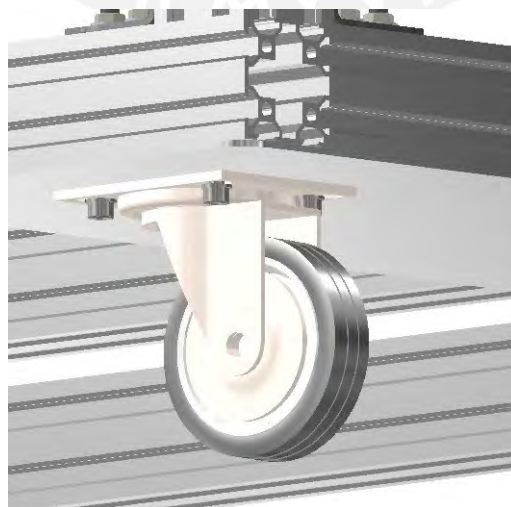


Figura 4.4. Unión de las ruedas a la estructura. Fuente propia.

Al interior de la estación se encuentra un depósito rectangular de agua de 50 litros, el cual posee una tapa en el medio y una altura de 20 cm.

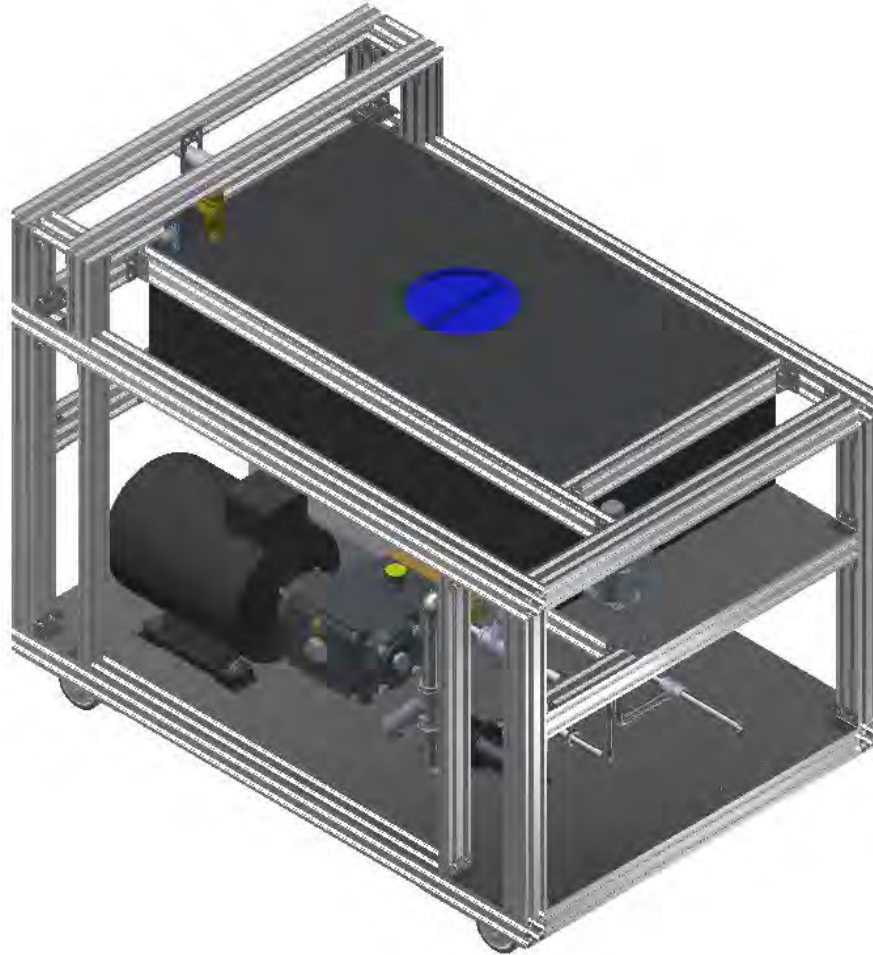


Figura 4.5. Depósito de agua rectangular de 30 litros. Fuente propia.

Se le puede suministrar agua al tanque por medio de tuberías de $\frac{1}{2}$ pulgada ubicadas en la parte superior del mismo. Por otro lado, el flujo de agua al ingreso del tanque puede cortarse o permitirse con la ayuda de una válvula motorizada on/off, como muestra la imagen 4.7.

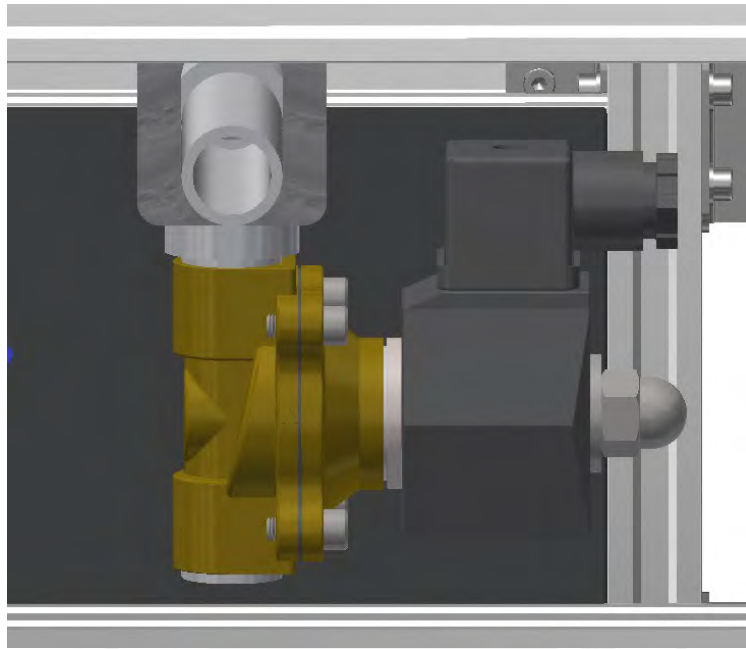


Figura 4.6. Sistema de suministro de agua. Fuente propia.

A la salida del depósito de agua se ubica una bomba Hawk - 60016, conectada en la entrada con una tubería de $\frac{1}{2}$ pulgada y a la salida con una de $\frac{3}{8}$ de pulgada; después se encuentra una reducción a $\frac{1}{4}$ de pulgada. A la salida de la bomba se encuentra un transmisor de presión ifm PT5403, tal como muestra la imagen 4.8.

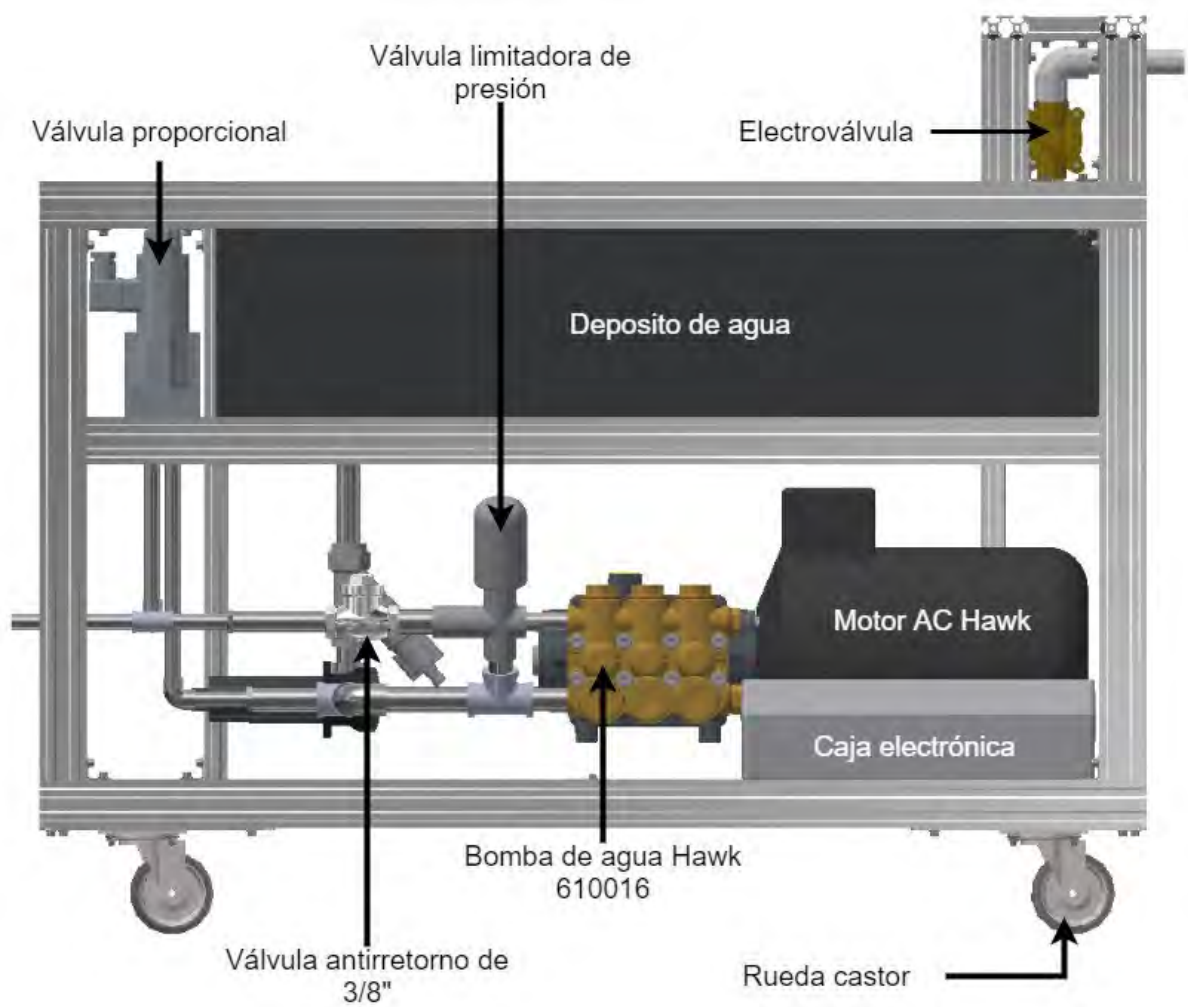


Figura 4.7. Vista lateral del sistema de expulsión de agua a presión. Fuente propia.

El sistema cuenta con una válvula proporcional de caudal que permite redirigir el flujo a la entrada de la bomba como muestra la imagen 4.9.

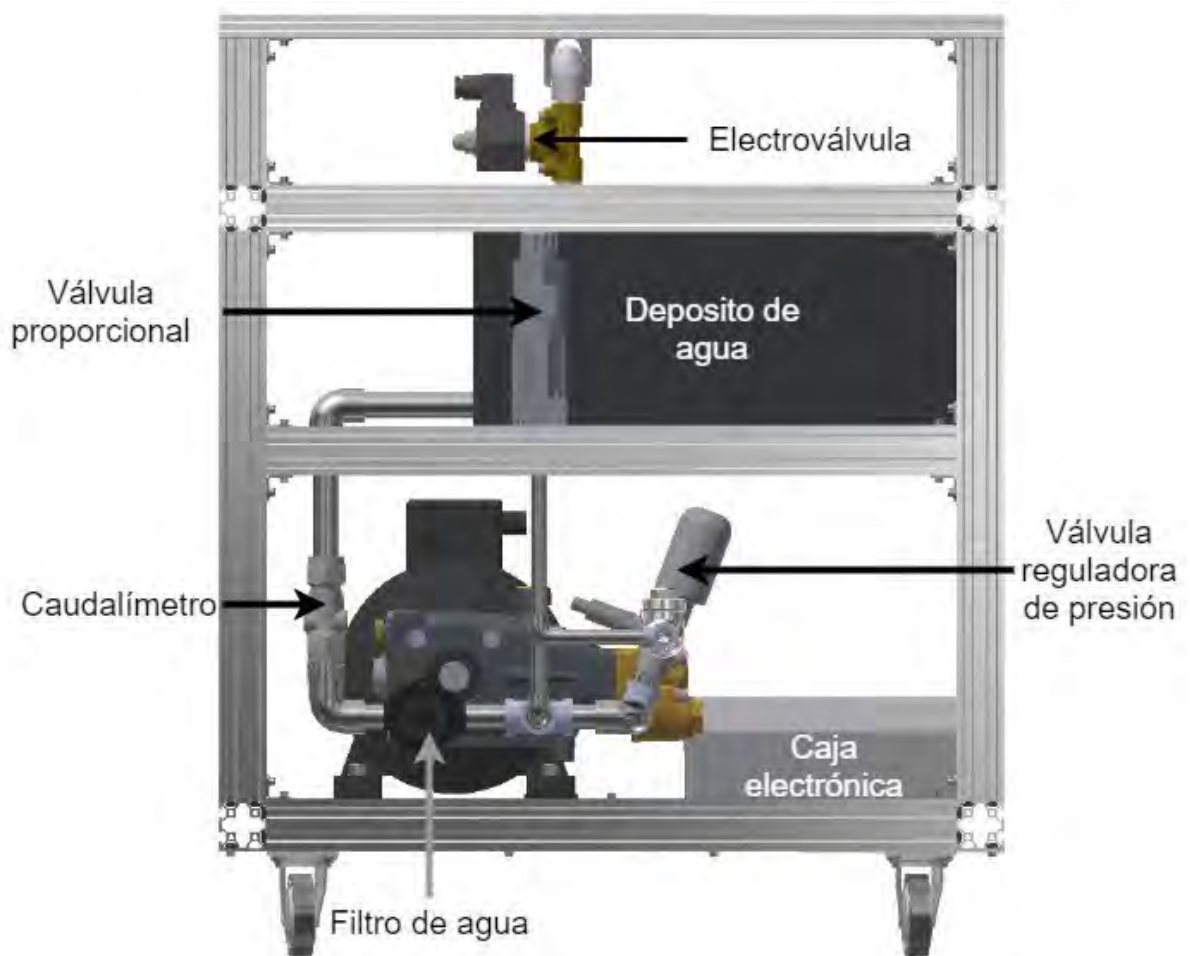


Figura 4.8. Vista frontal sistema de expulsión a presión. Fuente propia.

Por otro lado, la estructura de V-slots estará cubierta por planchas de aluminio de 1 mm para proteger los componentes internos, así mismo en los bordes de la estación se colocaran marcos de fibra de vidrio de 10 mm de grosor, como muestra la figura 4.10.

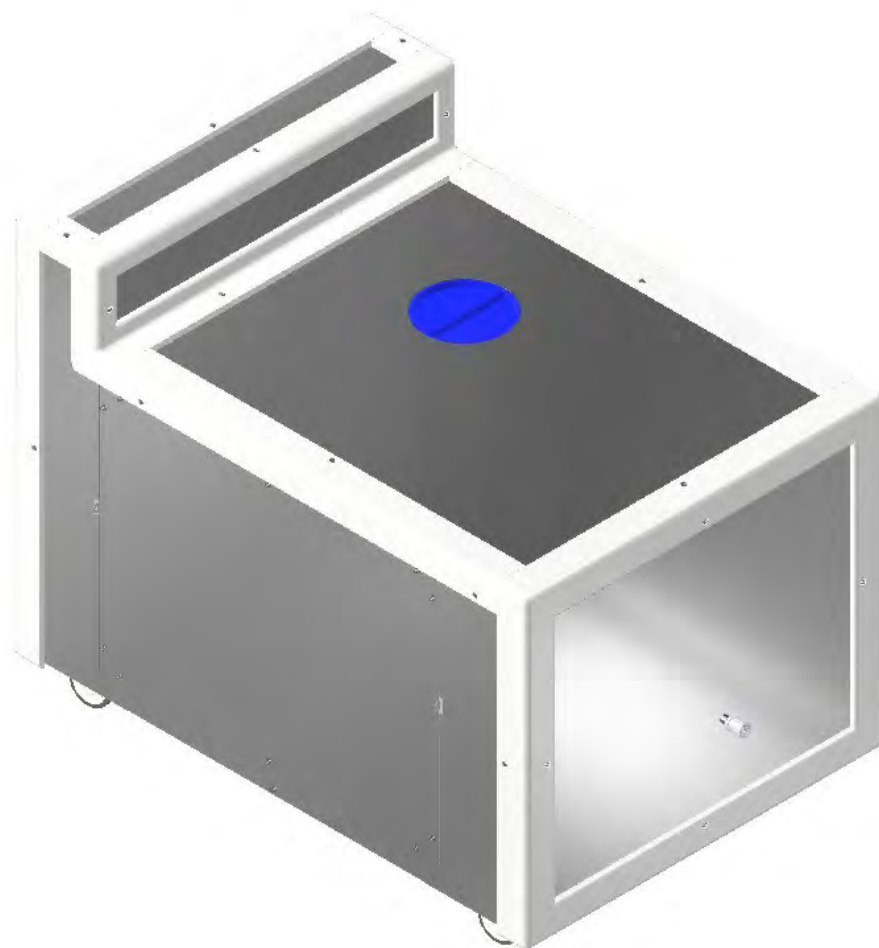


Figura 4.9. Estación de alimentación. Fuente propia.

Dichos marcos y láminas se fijarán a la estructura con ayuda de tuercas en T M4 que se aseguran a los V slots, tornillos ISO 4762 M4 x 12 y arandelas ISO 7089 4, ubicados en hendiduras de 5 mm de profundidad y 11 mm de diámetro como se observa en la imagen 4.11.



Figura 4.10. Unión de marcos de fibra de vidrio y planchas de aluminio a la estructura. Fuente propia.

Así mismo, el sistema cuenta con una puerta al lado derecho de la estación, como muestra la figura 4.11.

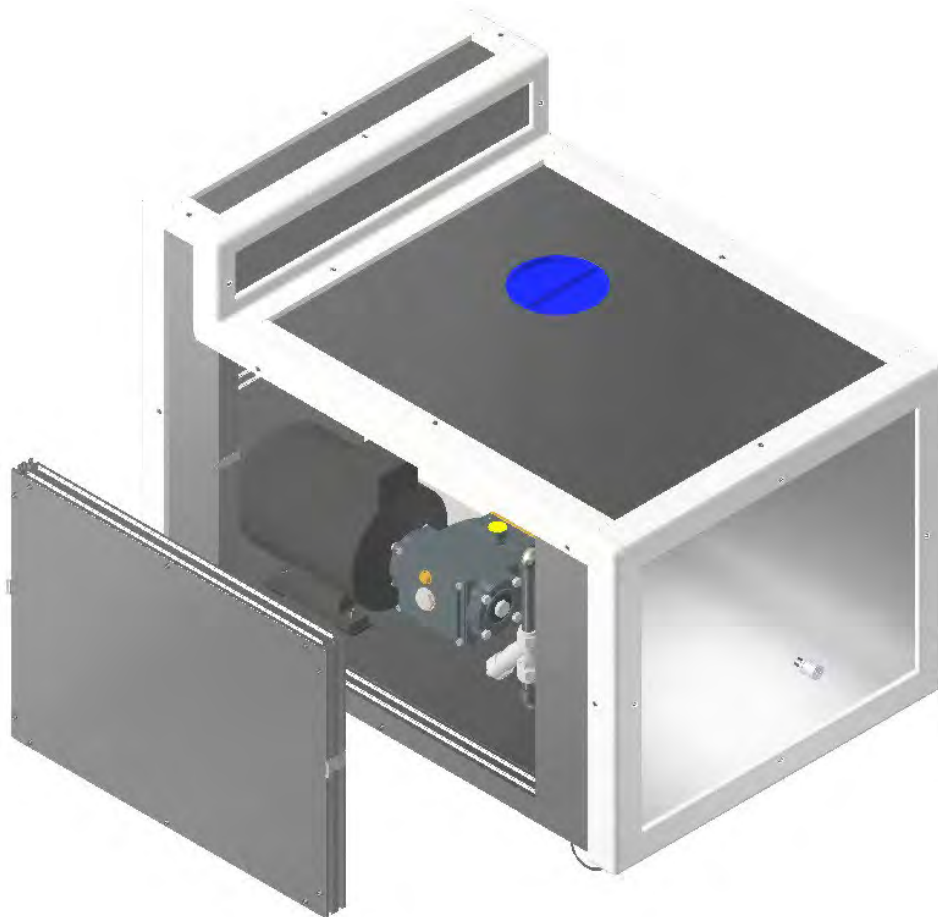
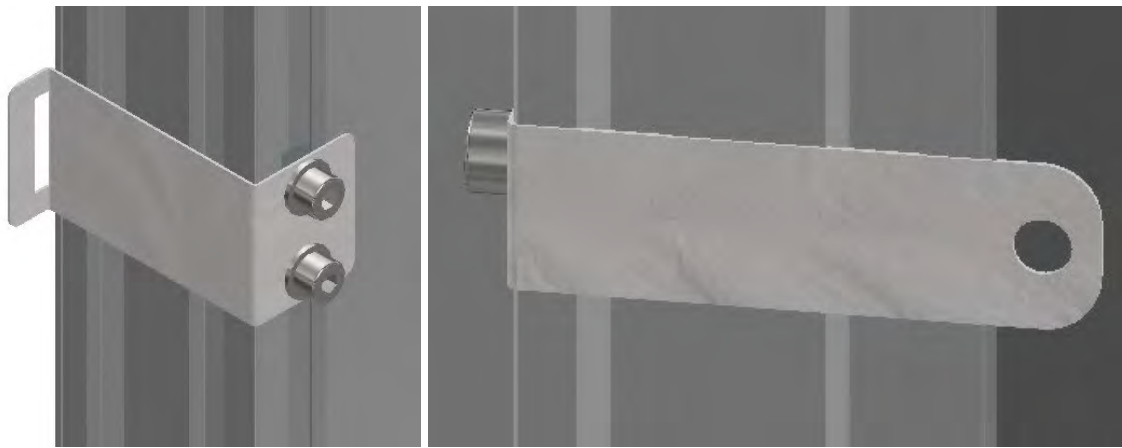


Figura 4.11. Estación con puerta abierta. Fuente propia.

Esta puerta es completamente extraíble y se une a la estación por medio de las piezas mostradas en la figura 4.12, las cuales se encuentran a ambos lados de la misma y están hechas de láminas de acero de 0.5 mm de espesor.



a) parte de la puerta

b) parte de la estación

Figura 4.12. Seguros para la puerta. Fuente propia.

Gracias a las piezas mostradas en la figura 4.12, la puerta podrá ser asegurada con dos candados, cada uno a un lado de la misma, como muestra la figura 4.13.



Figura 4.13. Puerta asegurada con candado. Fuente propia

Finalmente, es importante resaltar que el sistema cuenta con dos Switches, como muestra la figura 4.14.



Figura 4.14. Switches de encendido y apagado del sistema. Fuente propia

El Switch de la derecha tiene la función de energizar o desenergizar los componentes de la estación con excepción de la bomba; puesto que, esta última se enciende o apaga con el Switch del lado izquierdo. Se decidió separar el encendido o apagado de la bomba del resto del sistema para tener la posibilidad de apagarla sin la necesidad de desenergizar al dron y al resto del sistema. Y también se optó por no usar un switch entre el módulo y el generador.

4.3 Cálculo de presión en la bomba y fuerza de empuje en el módulo:

En esta sección se calculará la presión en la bomba y la fuerza con la que el chorro de agua empuja el módulo de limpieza. El sistema consta de tuberías de acero de $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{8}$ y $\frac{1}{4}$ de pulgada y cuenta con una manguera de $\frac{1}{4}$ de pulgada, por lo que el sistema será dividido en 4 tramos.

Para el cálculo se debe considerar:

- El caudal suministrado por la bomba es de 11 l/min.
- Las tuberías de $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{8}$, y $\frac{1}{4}$ tienen diámetros interiores de 15, 10 y 8 mm respectivamente, mientras que la manguera tiene un diámetro interior de 6.35 mm.
- La altura del módulo es de 18 metros y el largo de la manguera es de 18.5 metros.
- El diámetro de la boquilla será de 2 mm, y la pérdida de presión causada por el sensor de caudal es de 0.2 bar.
- La altura a la que se encuentra el tanque es de 16 cm y la profundidad del mismo es de 20 cm.

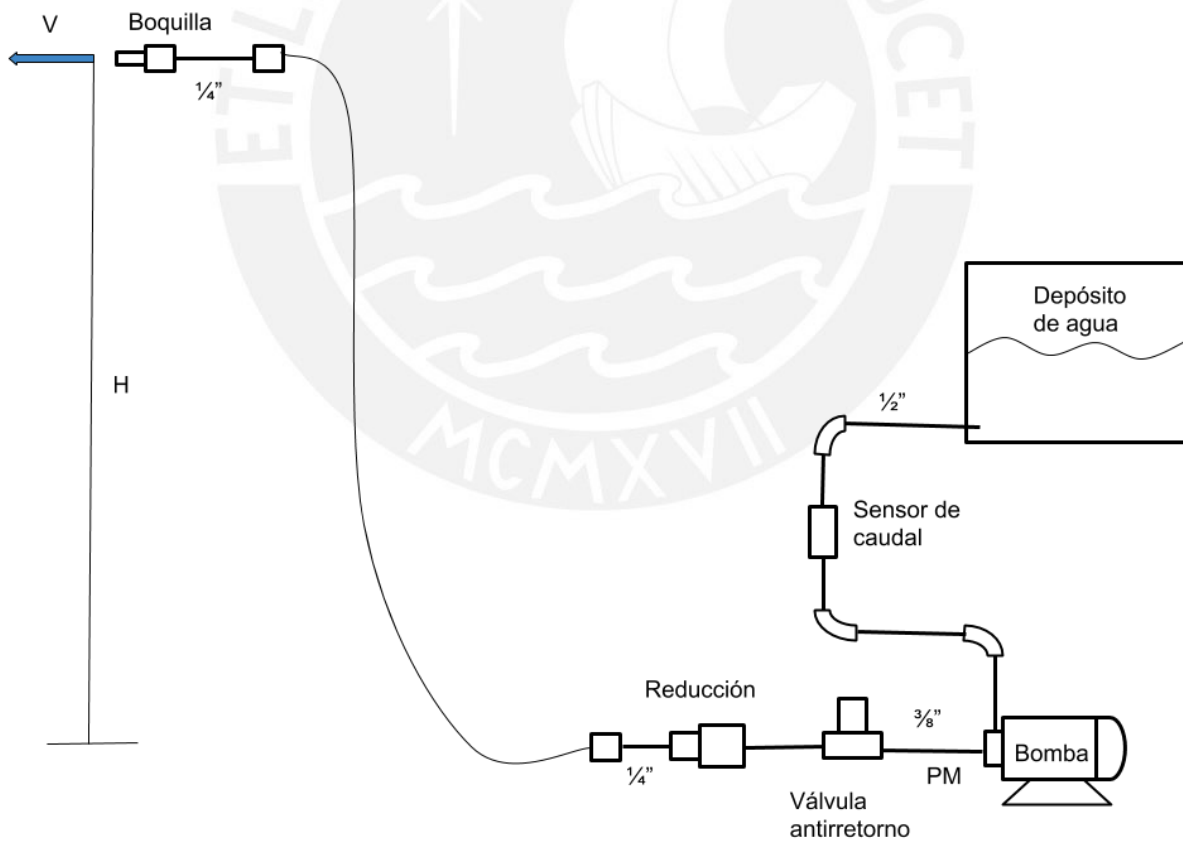


Figura 4.15. Diagrama para el cálculo de presiones. Fuente propia.

El cálculo fue realizado en matlab y el código puede encontrarse en el Anexo C.

A continuación se mencionan los resultados del cálculo:

- Presión en bomba de 36.13 bar.
- Fuerza de empuje de 10.68 N o 1.09 Kgf
- Velocidad de salida de 58.36 m/s
- Distancia con una caída de 5cm de hasta 5.89 metros.

Cabe resaltar que si la boquilla tuviera un diámetro de 0.16 mm los resultados serían los siguientes.

- Presión en bomba de 83.93 bar.
- Fuerza de empuje de 16.69 N o 1.7 Kgf
- Velocidad de salida de 91.18 m/s
- Distancia con una caída de 5cm de hasta 9.21 metros.

Sin embargo, no es necesario llegar a esa presión, puesto que, como se vio en la lista de exigencias, con una presión de 35 bar es suficiente para una correcta limpieza de fachadas (*Hidrolavadoras - Tipos Y Partes | De Máquinas Y Herramientas*, 2014).

CAPÍTULO 5

DISEÑO DE LA ELECTRÓNICA DE LA ESTACIÓN DE ALIMENTACIÓN

En este capítulo se seleccionarán los componentes electrónicos de control y de potencia de la estación de alimentación, con sustento en cálculos de ser necesario. Además, se diseñarán los circuitos necesarios para una correcta interacción entre componentes.

5.1 Diagrama de bloques electrónico de la estación de alimentación:

A continuación, en la figura 5.1, se muestran a grandes rasgos las conexiones eléctricas entre los distintos componentes que conforman la estación de alimentación.

Cabe resaltar que, si bien el cable que conecta el módulo de limpieza con el generador pasa a través de la estación, no existe ningún componente eléctrico que se encuentre entre el módulo de limpieza y el generador. Es decir, el generador suministra energía de forma directa al módulo.

Se decidió excluir el uso de un switch para encender el módulo con la intención de proteger este último de cualquier error humano; el cuál podría consistir en presionar el switch mientras el dron está en vuelo.

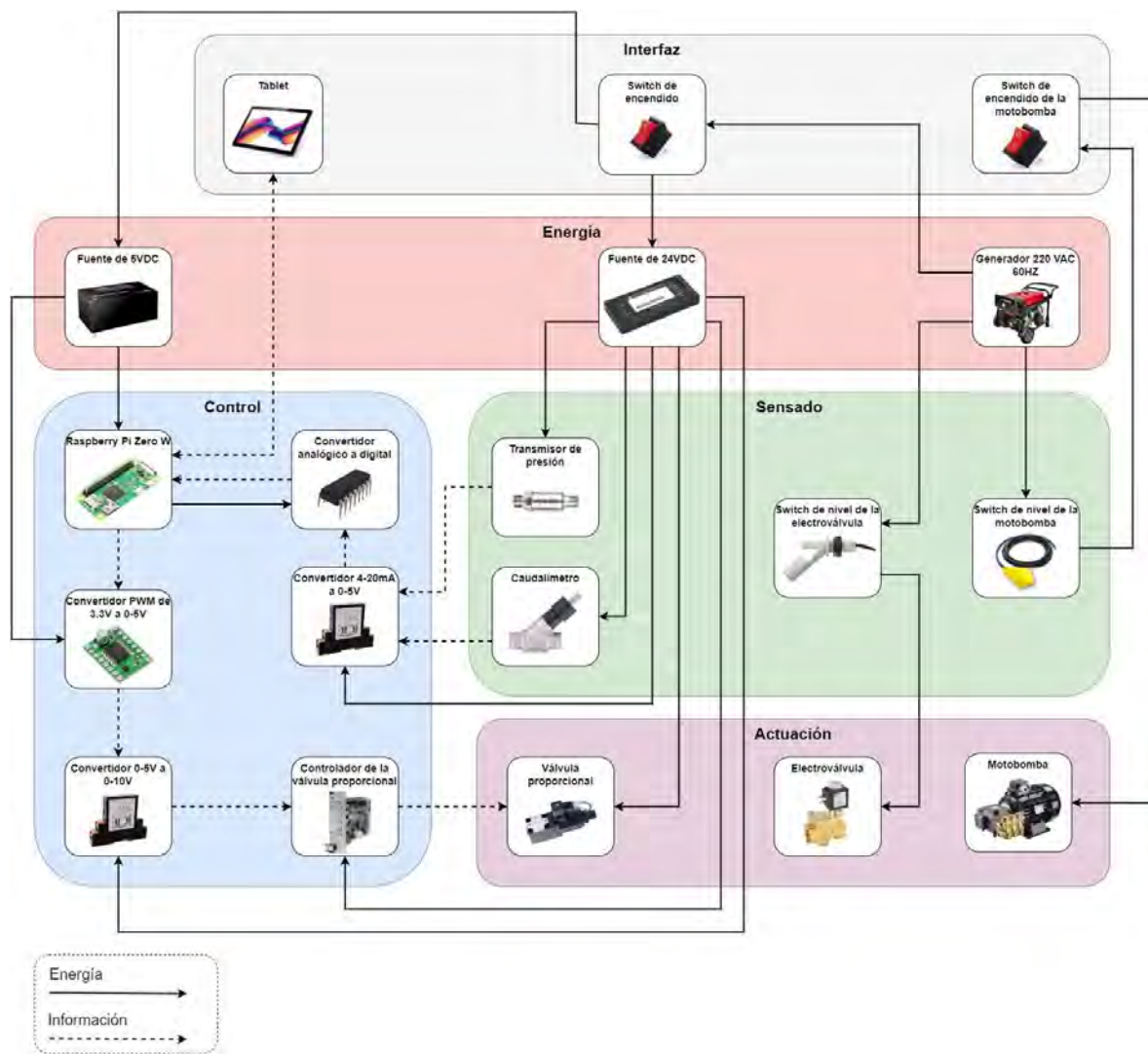


Figura 5.1. Diagrama de bloques electrónico de la estación de alimentación. Fuente propia.






5.2 Selección de componentes electrónicos de control:

En esta sección se elegirán los componentes que ayudan a controlar o automatizar el funcionamiento de la estación de alimentación.

5.2.1 Selección del microcontrolador.

El controlador seleccionado será utilizado para variar el caudal de agua y para transmitir los valores de los sensores presentes en la estación de alimentación a una tablet mediante conexión bluetooth.

Tabla 5.1. Selección del microcontrolador.

Nombre	Raspberry pi zero o zero W	Raspberry pi 2 model B o v1.2	Raspberry pi 3 model B or B+	Raspberry pi 4 model B	Raspberry pi model A or A+
Imagen					
RAM	512 MB	1 GB	1 GB	1, 2 o 4 GB	512 MB
Puertos Ethernet	–	10/100	10/100, 10/100/300	10/100/1000 Gigabit	–
Conexiones inalámbricas	Wifi, Bluetooth	–	Wifi 2.4 a 5 GHz, Bluetooth 4.2	Wifi 2.4 a 5 GHz, Bluetooth 5.0	Wifi 2.4 a 5 GHz, Bluetooth 4.2
Pines GPIO	40	40	40	40	40
Alimentación	5V a 2A micro USB	5V a 2A micro USB	5V a 3A o 2.5A micro USB	5V a 3A USB-C	5V a 2A micro USB
Peso	9 g	45 g	45 g	45 g	23 g
Precio	5 a 10 USD	35 USD	35 USD	35 a 55 USD	20 a 25 USD

Se decidió utilizar el raspberry pi zero W para el control de los componentes de la estación de alimentación, ya que cuenta con los puertos suficientes para controlar la válvula proporcional y leer los valores de los sensores presentes en la estación.

5.2.2 Selección de conversor analógico digital.

A continuación, se mostraran algunos conversores analógicos digitales con la intención de leer las señales analógicas del transmisor de presión y del caudalímetro. Esto debido a que la raspberry no cuenta con puertos analógicos integrados. Cabe resaltar que todos los conversores mostrados a continuación son compatibles con la raspberry pi.

Tabla 5.2. Selección de conversor analógico digital.

Modelo	Imagen	Canales	Resolución	Señales analógicas de entrada	Alimentación	Precio
MCP3008		8	10 bits	Desde 0.6 hasta Vdd + 0.6	5 V	3.75 USD
ADS1015		4	12 bits	Desde 0.3 hasta Vdd + 0.3	2 a 5.5 V	9.95 USD
ADS1115		4	16 bits	Desde 0.3 hasta Vdd + 0.3	2 a 5.5 V	14.95 USD

Se decidió usar el MCP3008 debido a que es el más barato y cuenta con la resolución suficiente.

5.2.3 Selección de convertidor de señales analógicas.

Si bien se seleccionó un conversor analógico digital, este solo lee voltaje. Lo que hace que no pueda leer directamente las señales analógicas del transmisor de presión y caudalímetro, ya que dichos componentes envían una señal de 4 a 20 mA. Por tal motivo es

necesario un sensor de corriente para convertir la corriente a un voltaje que el ADC pueda leer. Por otro lado, también se necesita un conversor de 0 - 5V a 0 - 10V para poder controlar la válvula proporcional con la raspberry pi.

Tabla 5.3. Selección de convertidor de señales analógicas.

Modelo	Imagen	Señal de entrada	Señal de salida	Alimentación	Precio
SEN0262		0 a 25 mA	0 a 3 V	3.3 a 5.5 V	4.95 <u>USD</u>
ISOCON-6		4 a 20 mA	0 a 5 V	12 a 36 V	
HIC THG-IP		2 x 4 a 20 mA	2 x 0 a 5 V	24 V	48.38 USD
HIC IAD		4 a 20 mA o 0 a 5 V	0 a 5 V o 0 a 10 V	12/24 V	21.85 USD
HIC IAB		4 a 20 mA	0 a 5 V	24 V	24.68 USD

Se decidió usar el sensor HIC THG-IP, ya que tiene dos canales y puede convertir la señal de 4-20 mA a 0-5 V, esto hace que el ADC pueda leer la señal fácilmente. Además,

también se usará el HIC IAD para convertir señal analógica de 0 - 5V a 0 - 10V, debido a su bajo precio.

5.2.4 Selección del controlador de la válvula proporcional.

Para controlar el caudal con el que se limpiara la fachada se decidió usar una válvula proporcional que requiere como señal de control una corriente de 0 a 1.5 A, por tal motivo es necesario un controlador.

Tabla 5.4. Selección del controlador de la válvula proporcional.

Modelo	Imagen	Alimentación	Señal de control	Señal de salida	Peso y grado de protección
Ponar 20RE10E		12 - 24 VDC	0 a 10 V	0.6 a 2.5 A	0.11 g - IP20
Ponar 21RE10D		24 V	0 a 10 V - 0 a 20 mA	0.16 a 1.6 A	1.8 Kg - IP65
Ponar 30RE20		24 V	0 a +-10V	0 a 1.6 A	0.3 Kg

Se decidió utilizar el Ponar 21RE10D, ya que su señal de control va de entre 0 a 10 V, lo que lo hace ideal para comunicarse con el conversor digital analógico HIC IAD seleccionado en la sección previa.

5.3 Diseño de convertidor PWM a señal analógica de 0-5V.

El diseño de este circuito tiene la intención de convertir una señal PWM de 3.3v de amplitud y 10 Hz, que es exactamente la salida del PWM de la raspberry, en una señal analógica para poder controlar la válvula proporcional. Dicha señal debe ser una salida analógica de 0 a 5 VDC, la cual posteriormente pasará por el componente HIC IAD para convertirlo en una señal analógica de 0 a 10 VDC con la que se controlará la válvula proporcional. Para lograr esto se tomó como referencia la publicación de Paulv en el *forum* de raspberry.org (Paulv, 2015). Ya que el circuito necesita de un comparador operacional, se encontró como mejor opción usar el MCP603-I/P que requiere un voltaje de alimentación dual entre 2.7 a 6V y cuyas corrientes de entrada y salida son 230 uA y 22mA respectivamente.

Dado que la corriente de entrada máxima es de 230 uA se necesita una resistencia de protección:

$$R = 3.3V \div 230 \mu A \quad (5.1)$$

$$R = 14.35 \text{ Kohm} \quad (5.2)$$

La resistencia a elegir es de 15 Kohm por ser el valor comercial más cercano superior. Por otro lado, se requiere de un filtro transforme la señal PWM en continua con un pequeño

rizado, por lo tanto la capacitancia elegida es de 820uF. Además, cabe indicar que la señal UI(Vs+) es de 5VDC y la señal R1(1) es la PWM, ambas mostradas en la figura 5.2.

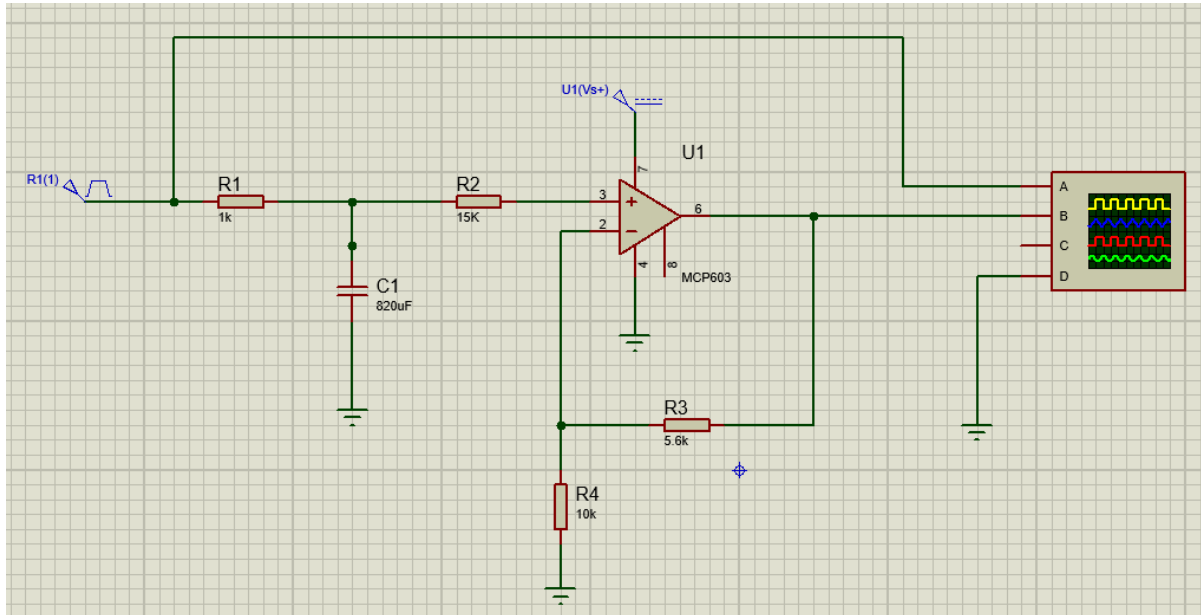


Figura 5.2. Circuito transformador de PWM a 0-5V. Fuente propia

Con un *duty cycle* de 0.1%, el voltaje de salida es de 0 V, como se puede observar en la figura 5.3. En la imagen, se debe considerar que la señal amarilla es de PWM y la azul es la salida analógica.

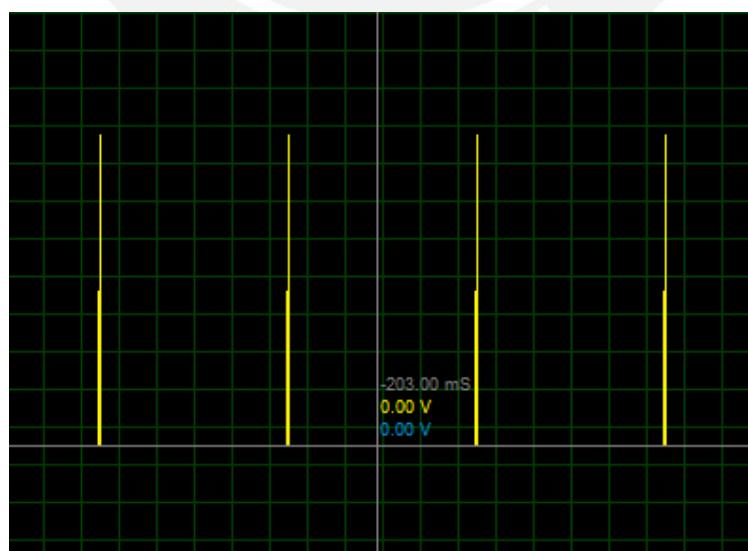


Figura 5.3. Señal analógica de salida con un ciclo de 0.1%. Fuente propia

Con un *duty cycle* de 25%, el voltaje de salida promedio es de 1.28V y el rizado es de 0.12V aproximadamente, como se puede observar en la figura 5.4.

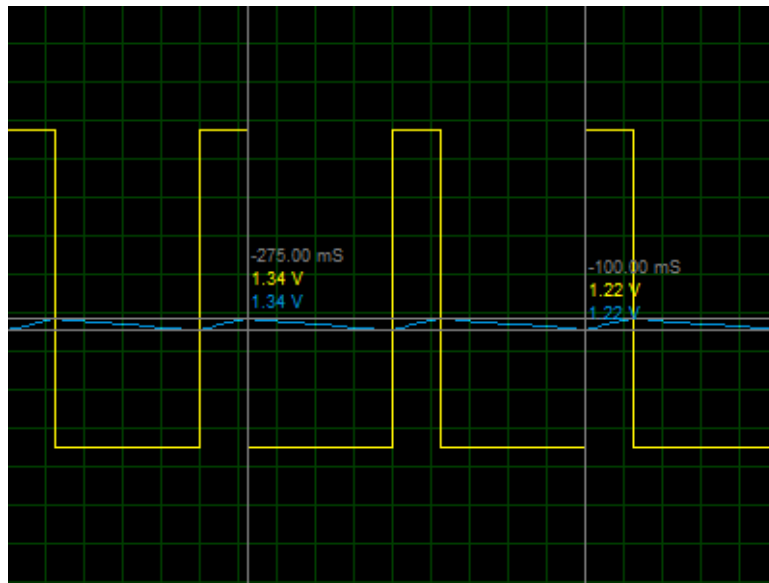


Figura 5.4. Señal analógica de salida con un ciclo de 25%. Fuente propia

Con un *duty cycle* de 50%, el voltaje aproximado de salida es de 2.42V y el rizado es de 0.14V aproximadamente, como se puede observar en la figura 5.5.

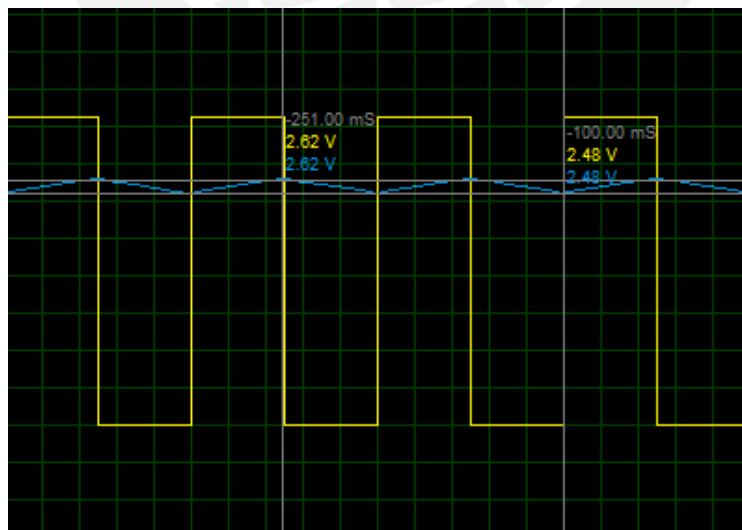


Figura 5.5. Señal analógica de salida con un ciclo de 50%. Fuente propia.

Con un *duty cycle* de 75%, el voltaje aproximado de salida es de 3.86 V y el rizado es de 0.12V aproximadamente, como se puede observar en la figura 5.6.

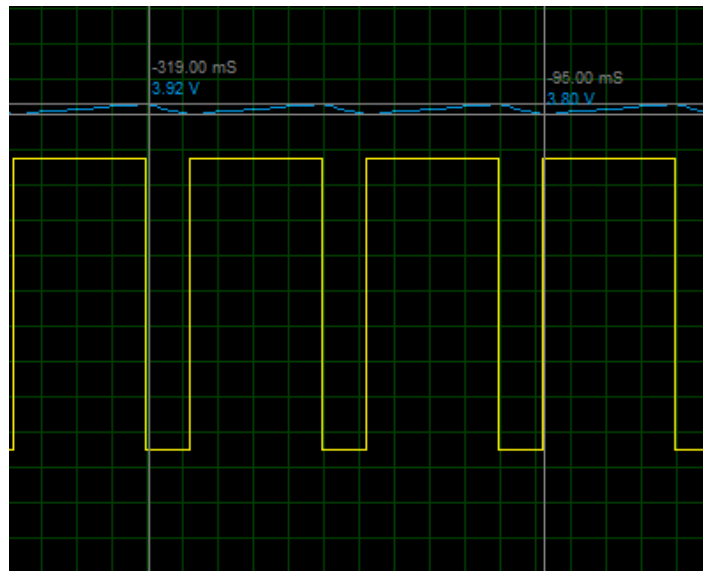


Figura 5.6. Señal analógica de salida con un ciclo de 75%. Fuente propia

Finalmente, con un *duty cycle* de 100% el voltaje aproximado de salida es de 5V, como se puede observar en la figura 5.7.

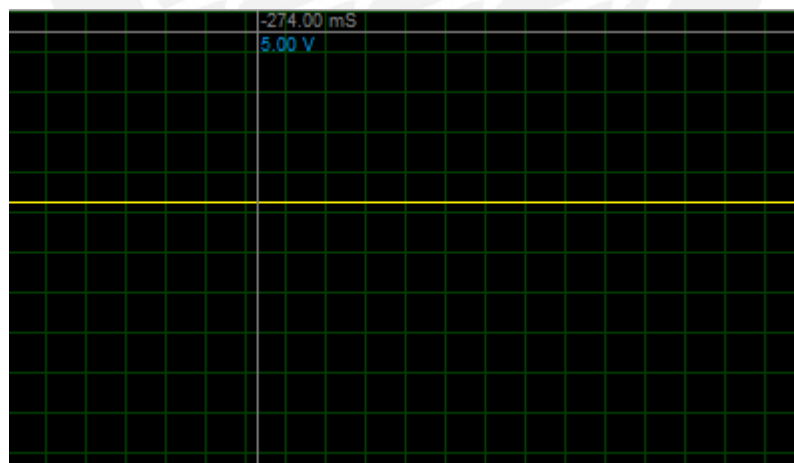


Figura 5.7. Señal analógica de salida con un ciclo de 100%. Fuente propia

Con lo que se puede concluir que el circuito funciona adecuadamente y convierte una señal PWM en una señal analógica de 0 a 5 V.

5.4 Selección de componentes electrónicos de potencia.

En esta sección se elegirán los componentes necesarios para alimentar o energizar todos los componentes seleccionados del módulo y de la estación, así como para alimentar el dron DJI S900.

5.4.1 Selección del grupo electrógeno.

El grupo electrógeno que se usará para alimentar a los componentes de la estación de alimentación es el mismo que se seleccionó en el capítulo 3 para alimentar al módulo de limpieza. El cual es el generador DAEWOO 6DA8000E que permite generar 7500 W de potencia con un voltaje de 220V a 60Hz.

5.4.2 Selección de fuentes AC/DC para la estación de alimentación:

Para esta selección se debe considerar los componentes que se alimentan con voltaje DC, los cuales se mencionan a continuación:

- Raspberry pi zero W - 5V a 2A
- Transmisor de presión ifm PT5501 - 24V a 20 mA
- Caudalímetro ifm SBG432 - 24V a 35 mA
- Válvula proporcional Ponar UDRDA6 13Q - 24V
- Controlador de válvula Ponar 21 RE 10D - 24V con salida de hasta 1.6 A
- Conversor ADC MCP3008 - 5V, pero puede ser alimentado con la raspberry.
- Sensor de corriente HIC THG-IP - 24V
- Conversor DAC - 24V con salida de hasta 20 mA






Debido a que los componentes necesitan un voltaje de entrada de 5 o de 24 V, se elegirán dos convertidores, uno que convierta 220 VAC a 5VDC y otro que convierta 220 VAC a 24VDC. La potencia que debe suministrar el primero debe igualar o superar:

$$5V \times 2A = 10W \quad (5.3)$$

Por otro lado, para determinar la potencia que debe suministrar el segundo inversor, se asumirá que la válvula proporcional consume 10 A y que el sensor de corriente consume 1A. Por lo tanto la potencia a suministrar debe superar los:

$$24 \times (0.02 + 0.035 + 10 + 1.6 + 1 + 0.02) = 304.2W \quad (5.4)$$

Tabla 5.5. Selección de fuentes AC/DC para la estación.

Modelo	Imagen	Voltaje de entrada	Salida	Eficiencia	Precio
VSK-S10-5 UA		85 a 264 VAC	5V a 2A	74%	20.13 USD
CFM12S050		90 a 264 VAC	5V a 2A	80%	10.2 USD
RAC10-05S K/277		80 a 305 VAC	5V a 2A	82%	10.78 USD
PACSR2402 1S		85 a 265 VAC	24V a 21A	93.5%	188 USD
PFM4414BB 6M24D0C04		85 a 264 VAC	24V a 16.67 A	90%	573 USD

Se decidió usar para alimentar los componentes de 24V el PACSR24021S debido a su bajo costo y a que supera ampliamente la potencia requerida. Por otro lado, para alimentar los componentes de 5V se usará el RAC10-05SK/277, ya que tiene una alta eficiencia y un bajo costo.

5.5 Diagrama de conexiones de la estación de alimentación:

A continuación, se muestra, en la figura 5.8, las conexiones eléctricas de la estación de alimentación tomando en cuenta los componentes seleccionados para el presente diseño. Por otro lado, el siguiente diagrama también resalta los tipos de conexiones empleados para comunicar entre sí cada uno de los componentes. En particular se resaltan las conexiones analógicas que permiten a la Raspberry leer los datos del transmisor de presión y del caudalímetro, así como actuar sobre la válvula proporcional.

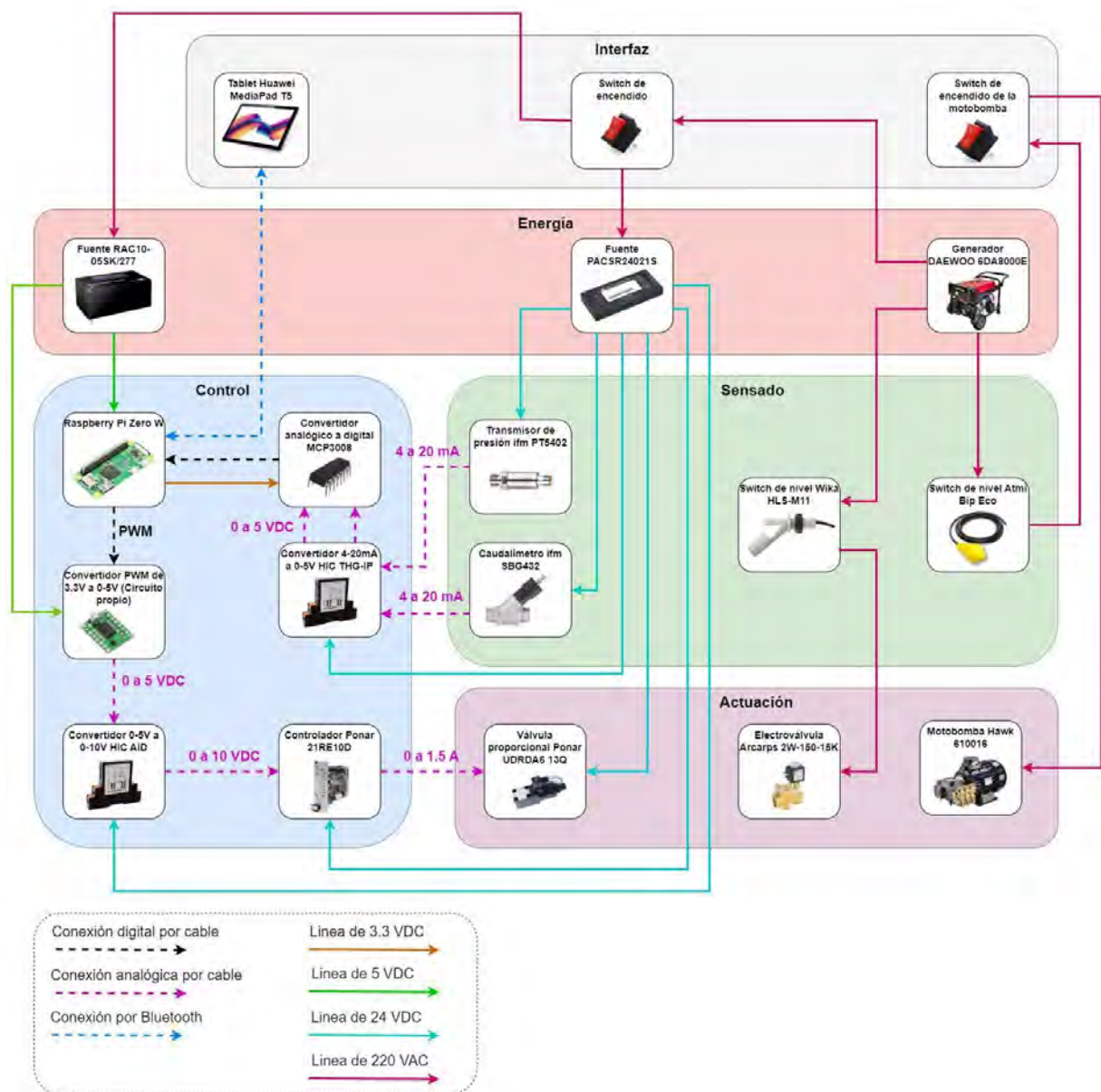


Figura 5.8. Diagrama de conexiones de la estación de alimentación. Fuente propia

5.6 Diseño del PCB:

A partir del circuito mostrado se diseñará un PCB, cuyo esquemático está en la figura 5.9. Por otro lado, para calcular el ancho de las pistas se deben conocer ciertos parámetros que se mencionan a continuación.

- La corriente máxima que pasa por el circuito es la de la salida del opamp de 22mA.
- La temperatura máxima no debe superar los 50 °C.
- La temperatura ambiente es de 25 °C.
- El grosor de la pista es de 1 oz/ft².

Entonces el ancho de pista debe ser igual o superior a 0.0935 mm (*Conversión De Ancho De Trazo De PCB*, s. f.). Sin embargo, para este diseño se usarán pistas de 0.254mm, con lo que se tendría un factor de seguridad cercano a 2.5.

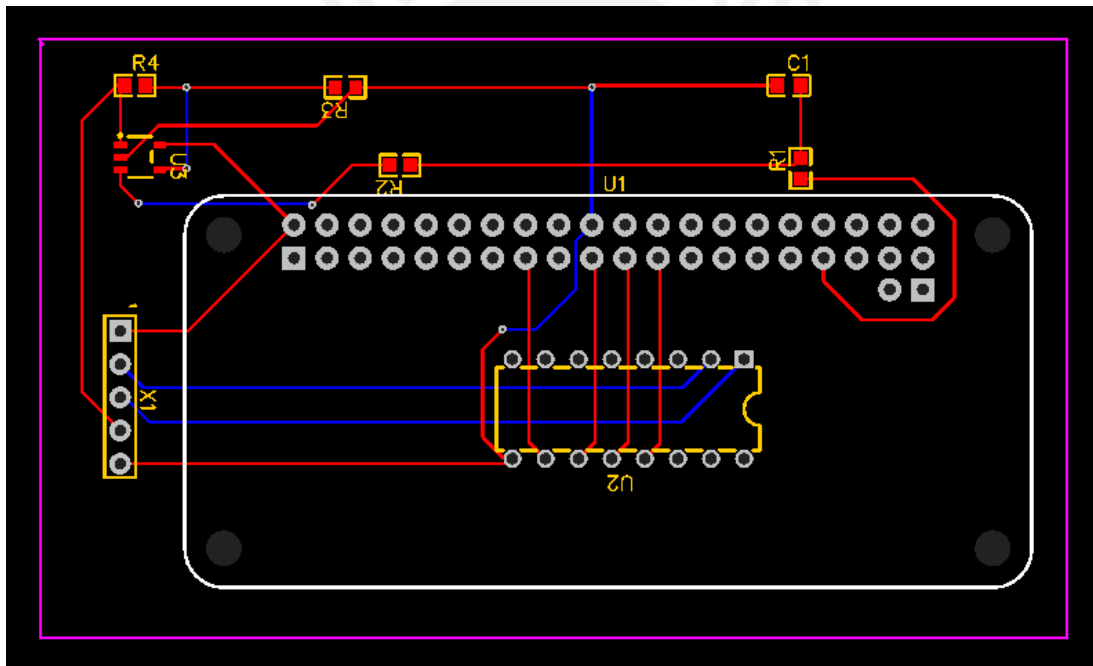


Figura 5.9. Diseño del PCB de la estación de alimentación. Fuente propia

Este diseño deberá contener el raspberry, el conversor analógico digital y el circuito de conversión PWM analógico.

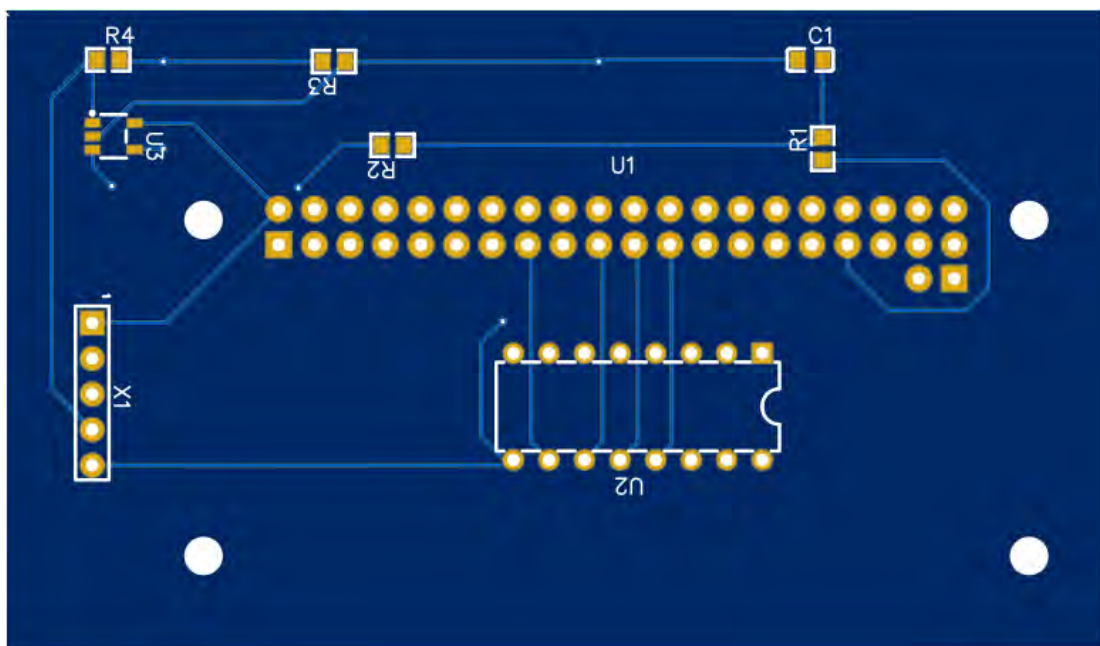


Figura 5.10. Cara superior del PCB. Fuente propia.

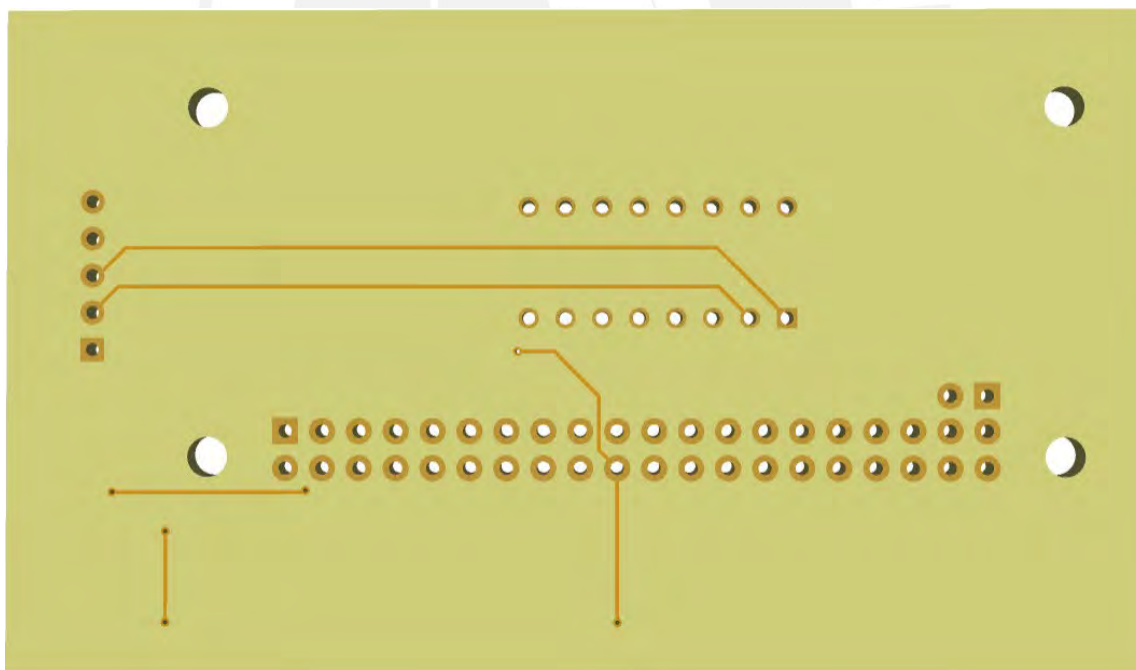


Figura 5.11. Cara inferior del PCB. Fuente propia

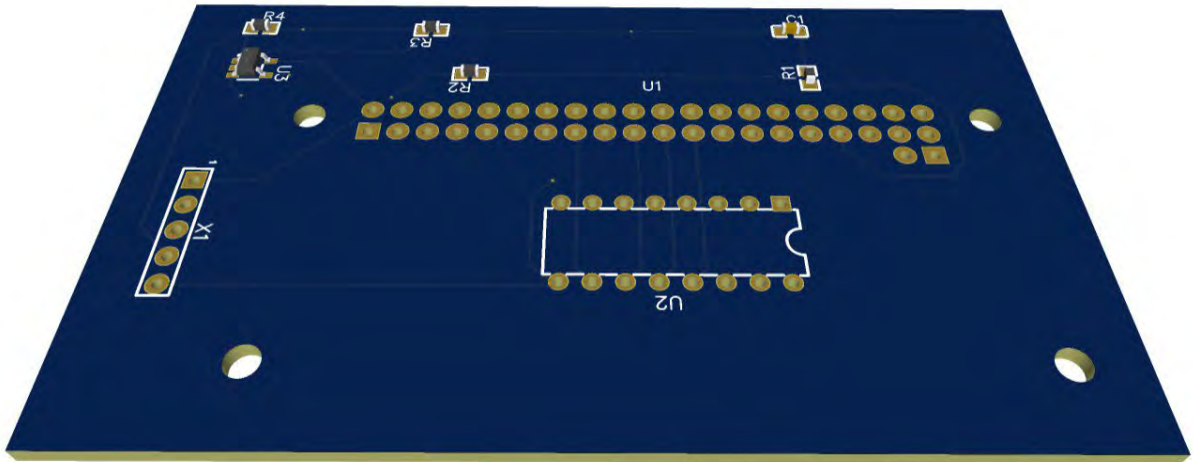
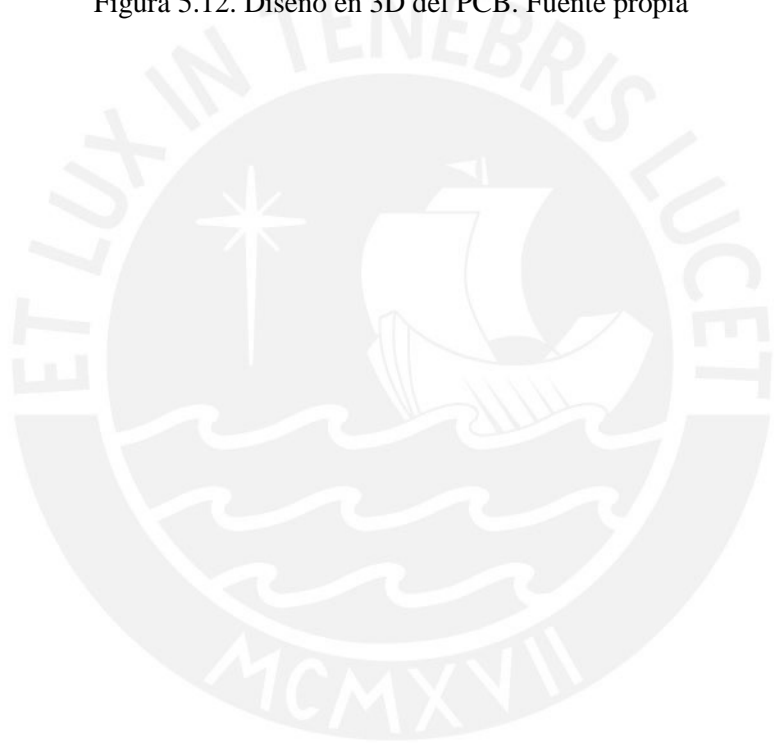


Figura 5.12. Diseño en 3D del PCB. Fuente propia



CAPÍTULO 6

DISEÑO DE LA AUTOMATIZACIÓN

En esta sección se explicarán las estrategias de control y el funcionamiento total del sistema. Además, se seleccionará la tablet a través de la cual se podrá observar el video que transmite el módulo, los datos de los sensores de la estación de alimentación y con la que se podrá controlar el caudal de que expulsa el sistema.

6.1 Estrategias de control o automatización:

El control del sistema puede dividirse en: el control de la dirección del chorro de agua mediante servos; el sistema mediante el cual se evita que el dron se acerque demasiado a la superficie de limpieza; el control del caudal con ayuda de una válvula proporcional; la automatización del funcionamiento de la bomba y electroválvula al ingreso del depósito de agua; y, finalmente, el sistema de control de vuelo del dron.

Cada una de estas estrategias serán desarrolladas a continuación.

- En primer lugar, está el control del direccionamiento del chorro de agua que consiste en variar los ángulos de los servos por medio de PWMs, pero limitando el ángulo para evitar acciones que comprometan al módulo; con esta intención se configura el radiocontrol y radiorreceptor para evitar que se transmitan a los servos ciertos valores de ciclos de trabajo que sean peligrosos para el sistema. Para el caso del servo que direcciona el chorro de agua en un plano horizontal no es necesario limitar el ángulo

de acción, debido a que el servo a usar tiene una libertad de 85° y esto no supone un riesgo al módulo de alimentación ni al dron. En cambio, para el caso del servo que direcciona el chorro de agua en un plano vertical se limitará su ángulo de acción a 40° , es decir 20° hacia arriba y 20° hacia abajo; esto para impedir que el tubo de expulsión choque contra la parte superior del módulo de limpieza o contra las patas del dron.

- En segundo lugar, se debe controlar que el módulo no se acerque de manera peligrosa a las superficies de limpieza, por lo que se decidió usar el módulo de sensores Guidance de la marca DJI. Este sistema tiene la ventaja de evitar que el dron se acerque a menos de una distancia configurable de un obstáculo de manera automática (1.5 metros para este caso), pero esto siempre y cuando esté conectado a un controlador de la marca DJI, como es el caso del presente diseño.
- En tercer lugar, está el control de caudal de expulsión del chorro de agua, para lo cual se debe variar el caudal que deja pasar la válvula proporcional. Cabe resaltar que dicha válvula tiene la función de retornar el líquido a la entrada de la bomba, por tal motivo, cuando está completamente cerrada todo el caudal de la bomba es expulsado por el módulo y mientras esta esté totalmente abierta todo el caudal de la bomba retornará a la misma, por lo que el caudal de salida será nulo. Por otro lado, dicho caudal se puede controlar con una señal PWM del Raspberry pi, cuando el ciclo de trabajo es 0, la válvula está totalmente cerrada y cuando es 100 está totalmente abierta.
- En cuarto lugar, para el control de la bomba, se usará un switch de nivel en el interior del depósito de agua que corte la corriente que pasa por el mismo cuando el nivel de

agua es inferior a un 40% de la capacidad del depósito, esto con la intención de proteger la bomba contra el arranque en vacío. Así mismo, se usará otro switch de nivel para controlar la electroválvula que se encuentra a la entrada del depósito de agua. Cuando el nivel de agua esté al 90% de la capacidad del tanque este último switch permitirá el paso de corriente, y la electroválvula normalmente abierta se cerrará, esto con la intención de evitar posibles fugas en el depósito de agua.

- Finalmente, dado que se usará el dron comercial DJI S900, los algoritmos y estrategias de control a emplear en el vuelo y pilotaje del mismo vienen integrados en los sistemas de control del dron, siendo la unidad principal de procesamiento el controlador DJI A2. Sin embargo, se debe resaltar que, si bien el dron puede levantar la totalidad del sistema incluyendo su propio peso, el módulo de limpieza, el peso del cable y la manguera con agua, el margen de error respecto a fuerzas externas es bajo, ya que, a máxima altura, el dron levanta 8.379 Kg de un máximo de 8.9 Kg. Por tanto, aunque el sistema de control del dron está preparado para afrontar vientos de hasta 28.8 Km/h (A2 - *Especificaciones*, s. f.), dado que la manguera y cable que cuelgan del módulo de limpieza pueden ser afectados por corrientes de aire, se decidió que el sistema solo debe operarse en condiciones climatológicas de vientos considerados como suaves o tranquilos, es decir, entre 0 y 12 Km/h (*PCE Ibérica*, s. f.). Los vientos entre 6 y 12 Km/h se pueden reconocer si este se puede percibir en la piel pero las banderas ligeras no llegan a moverse (*PCE Ibérica*, s. f.). Por otro lado, se debe evitar su uso en condiciones climáticas con precipitación.

6.2 Flujograma de funcionamiento del sistema:

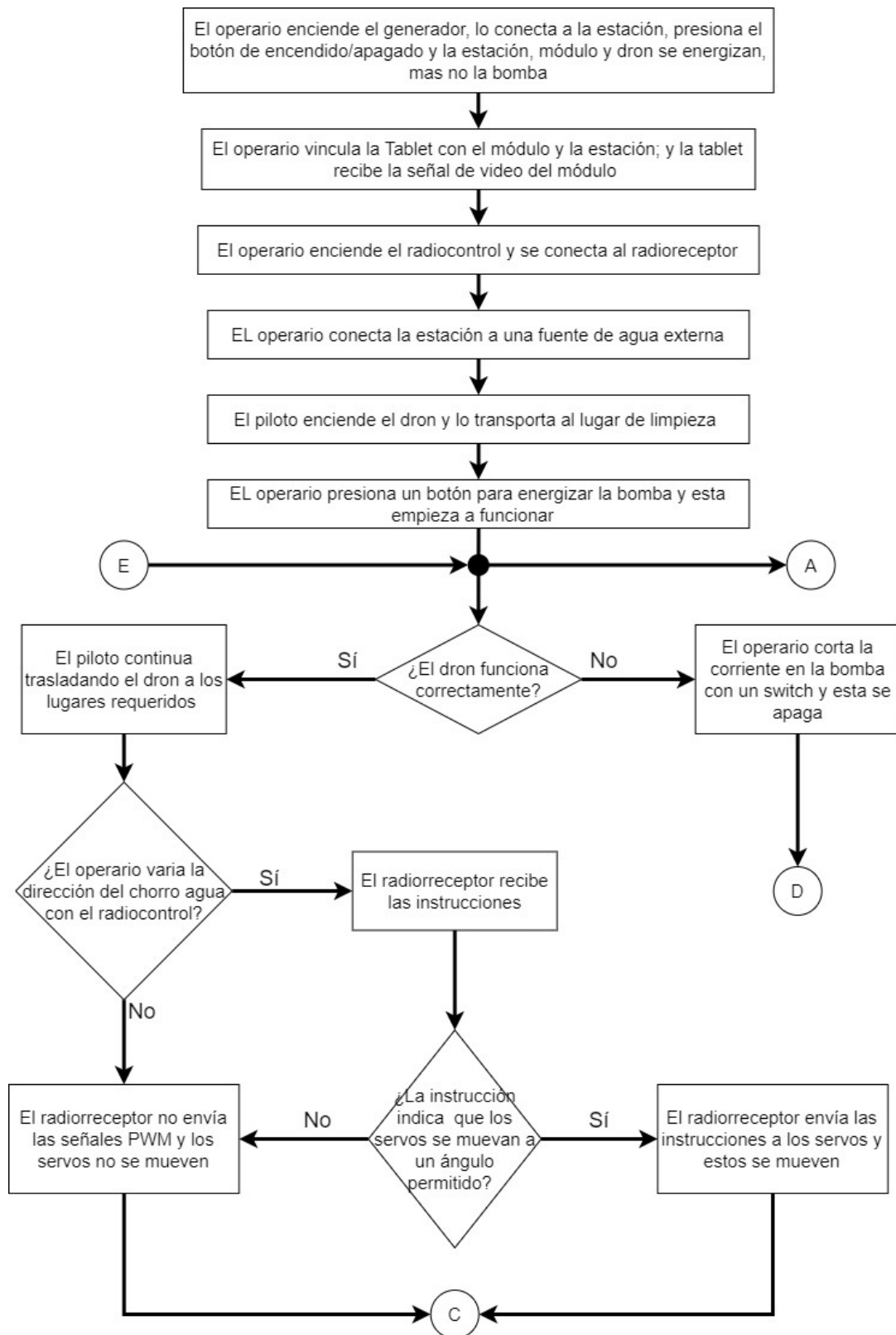


Figura 6.1. Flujograma primera parte. Fuente propia.

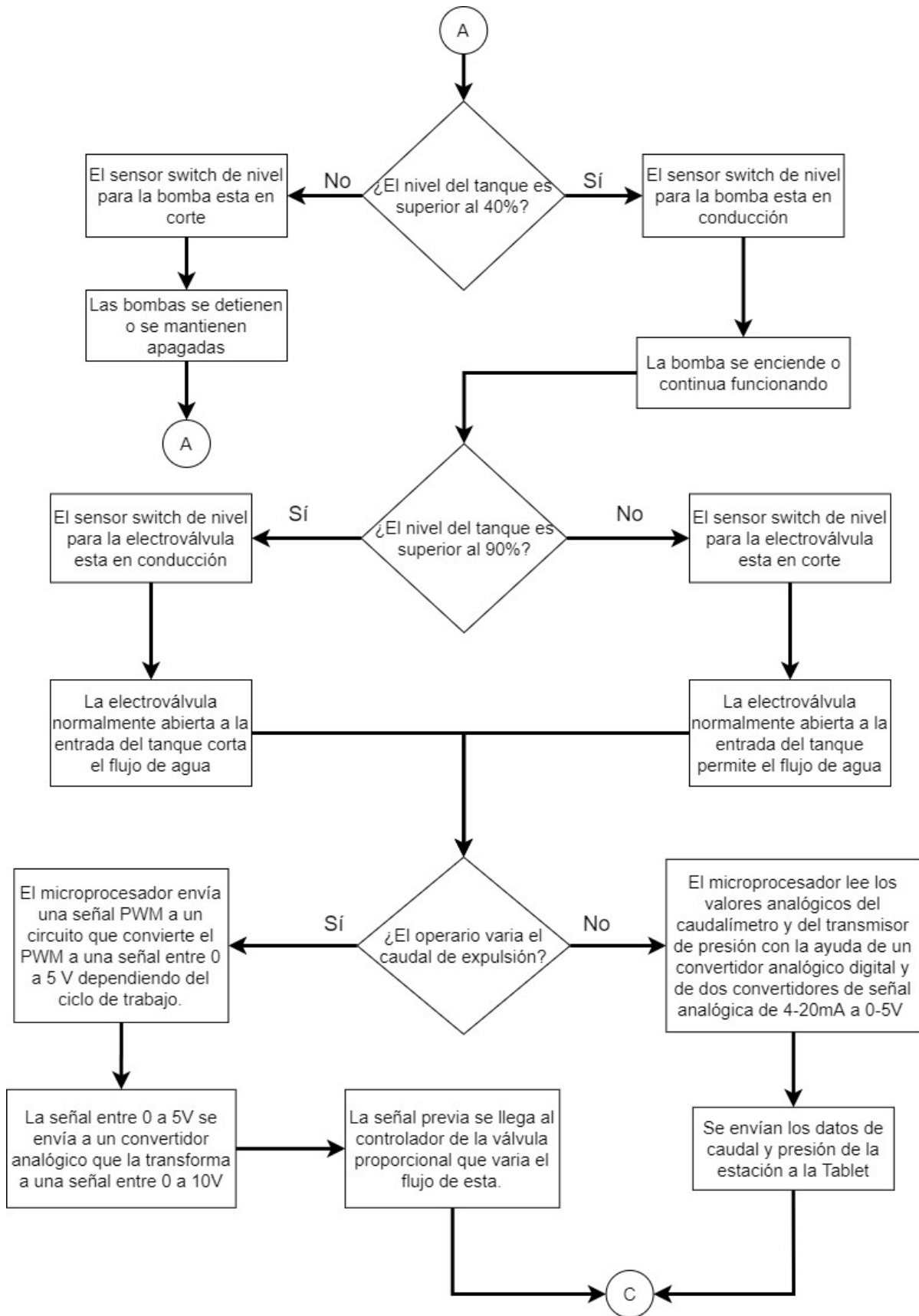


Figura 6.2. Flujograma segunda parte. Fuente propia.

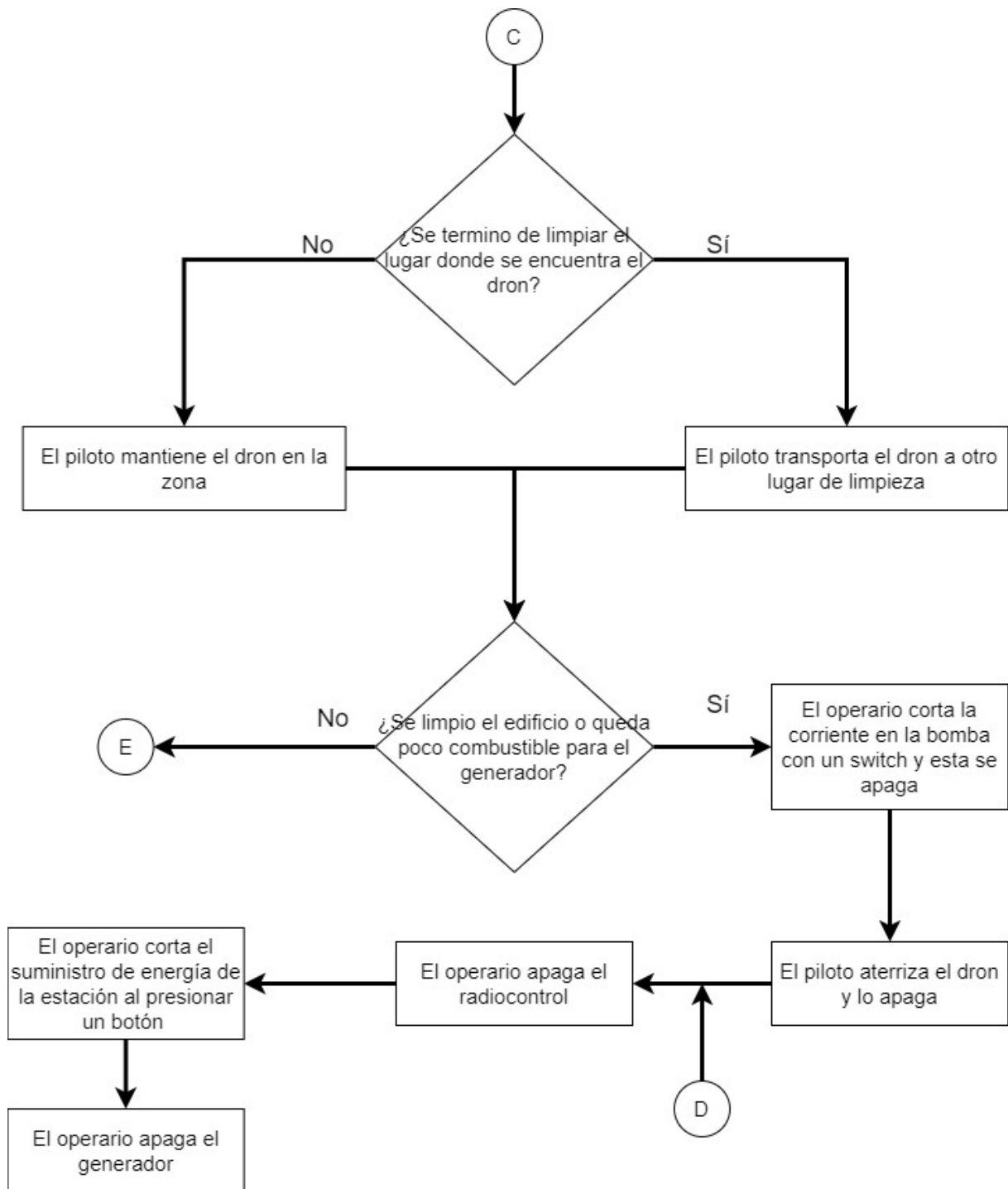


Figura 6.3. Flujograma tercera parte. Fuente propia.

6.3 Estrategía de limpieza de fachadas:

A continuación, se calcularán ciertos datos para sustentar el proceso óptimo de limpieza.

Primero se calculó que el dron, al moverse por una fachada en sentido estrictamente vertical a una distancia fija de dos metros entre el centro del módulo y la pared, puede permitir que el chorro de agua expulsado tenga un rango de acción horizontal de 3.6 m sobre la pared a limpiar.

$$2 \times (2m \times \tan(42.5^\circ)) = 3.6m \quad (6.1)$$

Esto considerando que el tubo de expulsión del módulo de limpieza tiene la libertad de moverse 85° en un plano horizontal, es decir, puede moverse 42.5° a cada lado del plano central vertical que pasa por el centro del módulo y que es perpendicular al plano de la pared. Por otro lado, se sabe que la velocidad máxima de rotación del servomotor encargado de realizar el movimiento descrito previamente está entre 0.17 a 0.14 segundos por cada 60 grados de desplazamiento (*D85MG Micro, 32-Bit, Metal Gear Servo | HITEC RCD USA, s. f.*). Esto dependiendo de la carga a la que esté sometido el servo.

Considerando una velocidad de rotación de 60 grados en 0.17 segundos, se puede calcular que el servo puede recorrer 85° en 0.24 segundos, como muestra la ecuación 6.2, o hacer 4.16 pasadas (recorridos horizontales completos de 85°) en 1 segundo, como lo muestra la ecuación 6.4.

$$(85^\circ \times 0.17s) \div 60^\circ = 0.24s \quad (6.2)$$

$$85^\circ \div 0.24s = 354.16^\circ/s \quad (6.3)$$

$$354.16^\circ/s \div 85^\circ = 4.16 \text{ pasadas/segundo} \quad (6.4)$$

Sin embargo, si bien el módulo puede hacer 4.16 pasadas por segundo, se considerará que el dron hará 2 pasadas por segundo. Esto con la intención de mejorar la eficacia de la limpieza y brindar un margen a los operarios en caso de imprevistos.

Por otro lado, se considera que cada pasada horizontal del centro del chorro del dron que rocía la pared debe cubrir un alto de 5 cm. Esto permite calcular la velocidad de desplazamiento vertical máxima que el dron debe desarrollar. Para tal cálculo se entiende que una pasada horizontal del chorro expulsado equivale a 0.05 metros de desplazamiento vertical del dron.

$$1 \text{ pasada} \rightarrow 0.05 \text{ m} \quad (6.5)$$

$$2 \text{ pasadas/s} = 2 \times 0.05 \text{ m/s} = 0.1 \text{ m/s} \quad (6.6)$$

El resultado anterior indica que la velocidad de desplazamiento vertical máxima del dron que permite una correcta limpieza es de 0.1 m/s. Sin embargo, para dejar un margen de limpieza en caso de posibles correcciones, se establecerá una velocidad de 0.08 m/s.

Con estas consideraciones, se puede estimar que el módulo de limpieza puede limpiar un área de 3.6 metros de ancho y 10 metros de alto en 2 minutos con 5 segundos.

$$10 \text{ m} \div 0.08 \text{ m/s} = 125 \text{ s} = 2.08 \text{ min} \quad (6.7)$$

Por tanto, la estrategia óptima es la de hacer tramos de desplazamiento vertical por la fachada. Para esto, primero se ubicará la estación de alimentación en una esquina inferior de la fachada a unos 3 o 4 metros de la pared y se posicionará el dron a un metro por encima de la estación y su centro a unos 2 metros de la pared. Luego se procederá a subir el dron hasta

llegar a lo más alto, se desplazará 3.5 metros hacia un lado, se bajará hasta estar a un metro sobre el nivel de la estación, se moverá el dron 3.5 metros a hacia un lado, se desplazará la estación de alimentación hacia el mismo lado que se movió el dron unos 7 metros (esto para evitar una tensión inesperada del cable o manguera que alimenta al módulo de limpieza) y se procederá a repetir el proceso hasta abarcar todo el área de la fachada. Por otro lado, mientras que el dron hace un recorrido vertical, se rociará la pared con un movimiento horizontal del tubo de expulsión a forma de barrido.

Con esta estrategia se procederá a calcular cuánto tardará el dron en limpiar una fachada de 18 metros de alto (6 pisos) y 20 metros de ancho. Para esto se asumirá que los operarios demoran 60 segundos en mover la estación los 7 metros descritos en la estrategia.

En primer lugar, se determinará el número de recorridos verticales que debe hacer el dron para cubrir los 10 metros de ancho de la fachada.

$$20m \div 3.5 m/\text{recorrido} = 5.71 \text{ recorridos} = 6 \text{ recorridos} \quad (6.8)$$

En segundo lugar, determinará el número de cambios de posición de la estación de alimentación. Se debe considerar que la estación de alimentación cambiará cada dos desplazamientos horizontales del dron. Y, para este caso en particular, se sabe que el dron hará 6 recorridos verticales, lo que implica que el dron se desplazará 5 veces horizontalmente y esto, a su vez, nos permite saber que la estación se moverá 2 veces. Con lo hallado previamente se puede calcular que el tiempo total empleado para desplazar la estación será de 2 minutos.

$$2 \times 60s = 120s = 2\text{min} \quad (6.9)$$

En tercer lugar, se calcula que el tiempo que el dron demora en recorrer los 18 metros de altura de la fachada es de 3 minutos y 45 segundos.

$$18m \div 0.08m/s = 225s = 3.75min \quad (6.10)$$

Finalmente, se puede determinar que el sistema será capaz de limpiar una fachada de 18 metros de alto y 20 de ancho, es decir, una superficie de 360 m² en 24 minutos y 30 segundos.

$$3.75min \times 6 + 2min = 24.5min \quad (6.11)$$

6.4 Selección de tablet:

La tablet permitirá visualizar el video que transmite en módulo mediante una conexión WI-FI con la cámara FPV CADDX Tarsier y también visualizar los datos de los sensores de la estación, así como variar el caudal de la expulsión de agua. Sin embargo, la comunicación con la Raspberry de la estación de control será por medio de una conexión Bluetooth.

Tabla 6.1 Selección de tablet.

Modelo	Amazon Fire HD 8	Huawei MediaPad T5	iPad 2019	Samsung Galaxy Tab A 10.1	Samsung Galaxy S6 Lite
Imagen					
Pantalla	8"	10.1"	10.2"	10.1"	10.4"
Resolución	1280 x 800	1920 x 1200	2160 x 1620	1920 x 1200	2000 x 1200
Bluetooth		4.2	4.2		5.0
RAM	2GB	3GB	3GB	2GB	4GB
Espacio	32 GB	32 GB	32 GB	32 GB	64GB
Precio	100 euros	160 euros	370 euros	190 euros	350 euros

Se eligió la tablet Huawei MediaPad T5 dado su relativamente bajo precio y alta resolución.

CAPÍTULO 7

COSTOS

El propósito de esta sección es estimar el costo que supondría implementar el sistema diseñado en el presente documento.

7.1 Costos del módulo de limpieza:

En esta sección se determinará el costo del módulo de limpieza en caso se quiera implementar, para esto se dividirá el análisis en costos de los componentes y del material.

7.1.1 Costos de los componentes del módulo de limpieza.

A continuación, se listan los componentes presentes en el módulo de limpieza con sus respectivos precios.

Tabla 7.1. Costo de los componentes del módulo.

Componente	Cantidad	Precio unitario
Módulo Guidance DJI	1	1 600 USD
Servomotor Hitec D85MG	1	39 USD
Servomotor Hitec D956WP	2	120 USD
Fuente AC/DC TUNS100F05	1	154 USD
Fuente AC/DC PACSR24021S	3	188 USD
Cámara FPV CADDX Tarsier	1	85 USD
Radiocontrol Ko Propo MC-8 y radioreceptor MR-8	1	87 USD

Con los datos anteriores se puede estimar que los componentes del módulo tendrán un costo de 2 769 USD.

7.1.2 Costos de los materiales del módulo de limpieza.

La carcasa de la parte superior del módulo está hecha con láminas de aluminio, una tapa de fibra de carbono y piezas impresas en 3D. Mientras que la carcasa de la parte media e inferior del módulo están compuestas de planchas de fibra de carbono, tubos cuadrados y circulares de fibra de carbono, y piezas impresas en 3D. Por lo tanto, primero se determinará el precio de las láminas de aluminio, posteriormente el de las piezas de fibra de carbono y, finalmente, el de las impresas en 3D.

i) Costos de las láminas de aluminio.

En el diseño de la parte superior del módulo intervienen láminas de aluminio de 1 y 2 milímetros. Para estimar el precio de adquisición se procede a hallar la superficie total a emplear por cada espesor de lámina.

a) Láminas de 1 mm.

- 1 lámina de 200 mm de ancho y 330 mm de largo, equivalente a 66 000 mm²
- 27 láminas de 31 mm de ancho y 90 mm de largo, equivalente a 75 330 mm²
- 7 láminas de 23 mm de ancho y 45 mm de largo, equivalente a 7 245 mm²

b) Láminas de 2 mm.

- 2 láminas de 71 mm de ancho y 236 mm de largo, equivalente a 33 512 mm²

La superficie total de las láminas de 1mm es de 148 575 mm², mientras que de la de 2 mm es de 33 512 mm².

La estimación del costo de estas piezas se realiza junto con la estimación de las láminas de la estación de alimentación.

ii) Costos de las piezas de fibra de carbono.

Para saber el costo de las planchas se debe determinar el área total de las planchas, para esto se listan, a continuación, todas las planchas con sus respectivas áreas.

a) Planchas de la parte superior.

- 1 plancha de 138 mm de ancho y 268 mm de largo, es decir 36 984 mm² entre ambas.

b) Planchas de la parte intermedia.

- 1 plancha de 42 mm de ancho y 134 mm de largo, es decir 5 628 mm².
- 2 planchas de 40 mm de ancho y 70 mm de largo, es decir 5 600 mm² entre ambas.
- 2 planchas de 40 mm de ancho y 60 mm de largo, es decir 4 800 mm² entre ambas.
- 2 planchas de 70 mm de ancho y 134 mm de largo, es decir 18 760 mm² entre ambas.

c) *Planchas de la parte inferior.*

- 2 planchas de 52 mm de ancho y 72 mm de largo, es decir 7 488 mm² entre ambas.
- 2 planchas de 70 mm de ancho y 100 mm de largo, es decir 14 000 mm² entre ambas.
- 2 planchas de 52 mm de ancho y 100 mm de largo, es decir 10 400 mm² entre ambas.

El área total es de:

$$103\,660\text{ mm}^2 = 1\,036\text{ cm}^2(7.1)$$

Por lo tanto, se decidió seleccionar una plancha de 1mm de espesor, 400 mm de ancho y 500 mm de largo, es decir, con un área de 2 000 cm². Por otro lado, su precio es de 85.79 euros (*Planchas De Fibra De Carbono a Dos Caras*, s. f.).

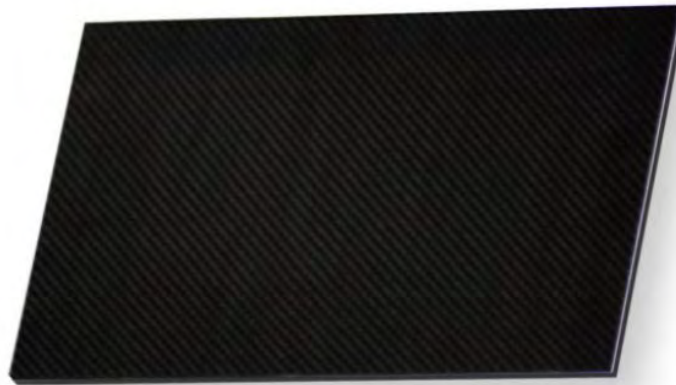


Figura 7.1. Plancha de fibra de carbono de 400 x 500 mm y 1mm de espesor. Fuente Clipcarbono.

Así mismo, se determinará el largo total de los tubos cuadrados de fibra de carbono, para lo que se listaran y se sumarán los largos.

a) *Parte intermedia.*

- 2 tubos de 10 x 10 mm cuadrados y 20 mm de largo cada uno.
- 2 tubos de 10 x 10 mm cuadrados y 40 mm de largo cada uno.
- 4 tubos de 10 x 10 mm cuadrados y 60 mm de largo cada uno.
- 2 tubos de 10 x 10 mm cuadrados y 112 mm de largo cada uno.

b) *Parte inferior.*

- 4 tubos de 10 x 10 mm cuadrados y 80 mm de largo cada uno.
- 8 tubos de 10 x 10 mm cuadrados y 50 mm de largo cada uno.

El largo total es de los tubos cuadrados es de:

$$2 \times 20 + 2 \times 40 + 4 \times 60 + 2 \times 112 + 4 \times 80 + 8 \times 50 = 1\,544 \text{ mm}$$

(7.2)

Por lo tanto, se usará 1 tubo cuadrado de exterior 10x10mm e interior 8 x 8 mm, con una longitud es de 2 000 mm y costo de 40.83 euros (*Tubos De Fibra De Carbono De Forma Cuadrada.*, s. f.).



Figura 7.2. Tubo cuadrado 10x10 de fibra de carbono. Clipcarbono.

Para el caso de los tubos circulares usados como piezas de transmisión de los servos, se determinará el largo combinado a continuación.

- 1 tubo circular de 8 mm exterior, 4 mm interior y 48 mm de largo.
- 2 tubos circulares de 8 mm exterior, 4 mm interior y 21 mm de largo cada uno.

El largo total de los tubos circulares es de:

$$48 + 2 \times 21 = 90 \text{ mm} \quad (7.3)$$

Por lo tanto, se seleccionará un tubo de 8mm de diámetro exterior y 4 interior de 1000 mm de largo y un precio de 21.87 euros (*Tubos De Fibra De Carbono En Distintos Espesores Y Acabados.*, s. f.).

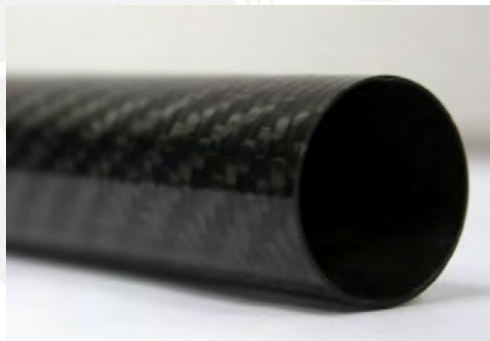


Figura 7.3. Tubo circular de fibra de carbono. Clipcarbono.

Entonces, se determina que el costo total de las piezas de fibra de carbono será de 189.32 euros o 230 USD.

iii) Costos de las piezas impresas en 3D.

Para calcular el costo de las piezas impresas en 3D, se listarán las mismas y se especificará la masa de cada una.

Tabla 7.2. Masas y volúmenes de las piezas impresas en 3D.

Pieza	Cantidad	Masa (g)	Volumen (mm ³)
Parte superior			
Marco frontal derecho	1	7	6 420
Marco frontal izquierdo	1	7	6 420
Marco posterior	2	3	2 845
Estructura lateral interna	2	20	18 024
Soporte inferior del servo	1	8	7 716
Soporte superior del servo	1	11	10 729
Conector del servo	1	2	1 500
Protección del Guidance	1	19	18 191
Protección del radiotransmisor	1	7	6 385
Parte media			
Conector de las partes media y superior	1	11	10 109
Soporte de los servos	2	16	15 071
Marco superior	2	9	8 557
Marco inferior	2	5	4 295
Parte inferior			
Soporte de los tubos de transmisión	2	11	10 208
Marco	2	15	13 599
soporte de la tubería	2	8	7 374
Soporte de la cámara	1	1	1 230

Con la información de la tabla 7.2 se puede calcular que la masa total de las piezas impresas en 3D es de 247 gramos. Así mismo, se puede comprar 1 Kg de filamento de plástico ABS por 80 soles o 23 USD considerando un cambio de 3.6 soles por dólar.

7.2 Costos de la estación de alimentación:

En esta sección se determinará el costo de la estación de alimentación en caso se quiera implementar, para esto se dividirá el análisis en costos de los componentes y del material.

7.2.1 Costos de los componentes de la estación de alimentación.

A continuación, se listan los componentes presentes en la estación de alimentación con sus respectivos precios.

Tabla 7.3. Costo de los componentes de la estación.

Componente	Cantidad	Precio unitario
Motobomba hawk 610016	1	300 USD
Válvula limitadora de presión hawk VB 350	1	15 USD
Válvula proporcional Ponar UDRDA6 13Q	1	850 USD
Transmisor de presión ifm PT5402	1	120 USD
Caudalímetro ifm SBG432	1	270 USD
Switch de nivel Atmi Bip eco	1	39 USD
Switch de nivel Barksdale UNS-PA	1	10 USD

Electroválvula Acarps 2W-150-15K	1	40 USD
Ruedas castor Elesa RE.C6-040-SBF	4	40 USD
Caja electrónica Polycase WC-42	1	75 USD
Depósito de agua Camper store de 50 L 20x75x40 cm	1	63 USD
Raspberry pi zero W	1	10 USD
Convertor analogico digital MCP3008	1	3.75 USD
Convertidor de señales analogicas HIC THG-IP	1	48.38 USD
Convertidor de señales analogicas HIC IAD	1	21.85 USD
Controlador de la válvula proporcional Ponar 21RE10D	1	50 USD
PCB	1	2 USD
Generador electrico DAEWOO 6DA8000E	1	416.2 USD
Fuente AC/DC PACSR24021S	1	188 USD
Fuente AC/DC RAC10-05SK/277	1	10.78 USD

El precio total de los componentes de la estación de alimentación es de 2693 USD.

7.2.2 Costo de los materiales de la estación de alimentación.

La estación de alimentación está compuesta de una estructura hecha con V-slots de 40x40 y de 40x20, la cual está cubierta por planchas de aluminio de 1mm de espesor y con protecciones de fibra de vidrio en los bordes. Además, cuenta con algunas planchas de aluminio de 2mm de espesor que se usan como piso para algunos componentes.

i) Costo de los V-slots.

Para determinar esto primero se debe conocer la cantidad y dimensiones de las V-slots que se usarán para la estación de alimentación.

V-slots de 40x20:

- 2 V-slot 40x20 mm de 60 mm de largo cada una.
- 1 V-slot 40x20 mm de 400 mm de largo.
- 2 V-slot 40x20 mm de 470 mm de largo cada una.
- 2 V-slot 40x20 mm de 650 mm de largo cada una.
- 1 V-slot 40x20 mm de 860 mm de largo.

El largo total de los V-Slot de 40x20 es de 362 cm y el precio por centímetro de estos perfiles es de 0.66 soles (naylamp mechatronics, 2020). Lo que significa que el precio total es de 238.92 soles.



Figura 7.4. V-slot 20x40. naylamp mechatronics.

V-lots de 40x40:

- 4 V-slot 40x40 mm de 120 mm de largo cada una.
- 4 V-slot 40x40 mm de 470 mm de largo cada una.
- 6 V-slot 40x40 mm de 570 mm de largo cada una.
- 3 V-slot 40x40 mm de 860 mm de largo cada una.
- 4 V-slot 40x40 mm de 940 mm de largo cada una.

El largo total de los V-Slot de 40x40 es de 1 212 cm y el precio por centímetro de estos perfiles es de 1.2 soles (naylamp mechatronics, 2020). Lo que significa que el precio total es de 1 454.4 soles.



Figura 7.5. V-slot 40x40. naylamp mechatronics.

Entonces, el costo total de todos los perfiles es de 1 693 soles o 470 USD.

ii) Costo de las planchas de aluminio.

Para determinar esto, primero se debe conocer la cantidad y dimensiones de las planchas de aluminio que se usarán para la estación de alimentación.

Planchas de 1mm de espesor:

- Una plancha de 650 x 690 mm - 448 500 mm².
- Una plancha de 800 x 652 mm - 521 600 mm².
- Dos planchas de 1083 x 690 mm - 747 270 mm².
- Una plancha de 650 x 550 mm - 357 500 mm².
- Una plancha de 652 x 139 mm - 90 628 mm².
- Una plancha de 652 x 142 mm - 92 584 mm².

El área total de las planchas de 1mm de espesor es de 3 005 352 mm². Incluyendo las láminas del módulo de limpieza (148 575 mm²), la superficie total es de 3 153 927 mm². Por otro lado, se puede encontrar planchas de 1 mm de espesor de 1 200 x 2 400 mm (2 880 000 mm²) a 40 USD. Con esto se puede saber que con dos de estas planchas sería suficiente.

Planchas de 2mm de espesor:

- Una plancha de 650 x 940 mm - 611 000.
- Una plancha de 940 x 400 mm - 376 000.

El área total de las planchas de 2mm de espesor es de 987 000 mm². Incluyendo las láminas del módulo de limpieza (33 512 mm²), la superficie total es de 1 020 512 mm². Por otro lado, se puede encontrar planchas de 2 mm de espesor de 1 200 x 2 400 mm (2 880 000 mm²) a 60 USD. Con esto se puede saber que con una de estas planchas sería suficiente.

El costo total de las planchas de aluminio sería de 140 USD.

iii) Costo de las piezas de fibra de vidrio.

Para sacar el costo de las piezas de fibra de vidrio se determinará la masa total de todas estas para saber cuánto de este material sería necesario.

Tabla 7.4. Masas y volúmenes de las piezas de fibra de vidrio.

Pieza	Cantidad	Volumen	masa
Marco frontal	1	2 024 cm ³	5.22 kg
Marco posterior	1	2 093 cm ³	5.4 kg
Marco lateral 1	2	667 cm ³	1.72 kg
Marco lateral 2	2	41 cm ³	1.05 kg
Marco frontal 2	1	1 243 cm ³	3.2 kg

La masa total es de 19.36 kg.

Por otro lado, 4 kg de fibra de vidrio puede costar 75 soles aproximadamente, es decir, 20.81 USD con un cambio de 3.6 soles/dólar. Considerando que se comprará 24 Kg, el precio total en fibra de vidrio sería de 125 USD. Así mismo, se estima que el precio de los

moldes hechos de madera no supera los 80 USD. Se considera madera debido a que, al ser marcos que solo cumplen la función de cubrir los bordes, no es necesario de mucha precisión. Finalmente, 5 kg de resina de poliéster para fibra de vidrio más el catalizador puede costar 33 USD.

En total se estima que el costo de las piezas en fibra de vidrio es de 238 USD.

7.3 Costo de fabricación:

Para esta estimación se va a considerar que la fabricación del sistema lo harán tres personas a las cuales se les debe pagar 1200 soles a cada una, asumiendo que esto es lo que gana un recién egresado. Además, se asumirá que los tres pueden terminar el proyecto en 140 horas, es decir, trabajando 5 días a la semana, 7 horas cada día y por 4 semanas.

Entonces, con la información mencionada, se puede estimar que el costo de fabricación total del sistema será de 3600 soles o 1000 USD.

7.4 Costos de diseño:

Considerando que el pago semanal de un alumno recién egresado de la universidad es de 300 soles y que el tiempo que tomó diseñar este proyecto fué de 28 semanas, considerando un trabajo de 25 horas semanales. El costo de diseño del sistema es de 8400 soles o 2330 USD.

7.5 Costo total:

Ahora que se conocen los precios de cada parte del sistema, se puede estimar el costo total que supondría desarrollar el sistema.

Tabla 7.5. Costo total.

Dron DJI S900	3 600 USD
Tablet Huawei MediaPad T5	195 USD
Componentes del módulo	2 769 USD
Piezas de fibra de carbono del módulo	230 USD
Piezas impresas de 3D del módulo	23 USD
Componentes de la estación de alimentación	2 693 USD
Perfiles V-slot	470 USD
Planchas de aluminio	140 USD
Piezas de fibra de vidrio	238 USD
Costo de fabricación	1 000 USD
Costo de diseño	2 330 USD
Costos imprevistos	500 USD

Con los datos de la tabla anterior se puede estimar que la implementación total del sistema costará 13 288 USD.

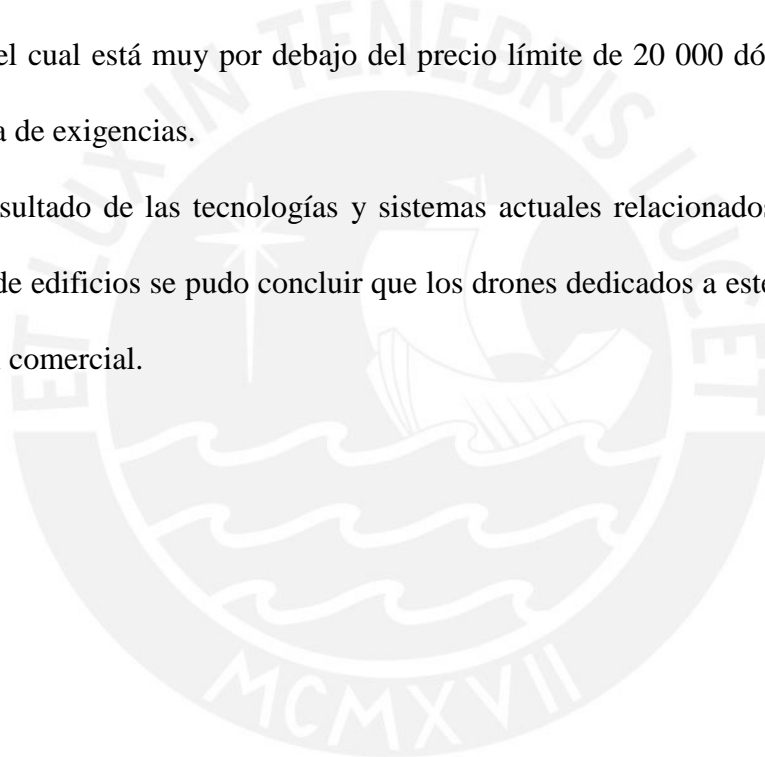
Dicho valor es considerando que 1 dólar equivale 3.6 soles y a 0.83 euros.

CONCLUSIONES

- Se cumplió con el objetivo general, puesto que se diseñó un acoplamiento, con una carga útil de 2.432 kilos, para el dron comercial DJI S900 con el propósito de realizar la limpieza de la fachada de edificios de hasta 6 pisos utilizando agua a presión.
- Se estima que el sistema diseñado puede ser capaz de limpiar edificios menores a 6 pisos en pocas horas, esto debido a que se calculó en el capítulo de “Diseño de la automatización” que el sistema podría limpiar tranquilamente una fachada de 18 metros de alto y 20 de ancho, es decir, 360 m² en 24 minutos y 30 segundos.
- Se encontró que la limpieza por agua a presión es el método más utilizado por las empresas que se dedican a limpiar fachadas de edificios, por lo que se tomó en cuenta como la mejor opción para realizar el proceso de limpieza.
- Se definieron los requerimientos del sistema, donde destaca el límite de peso de 6 Kg para el módulo y dron. Debido a este límite se optó por almacenar el líquido de limpieza en un tanque en el suelo.
- Se determinó la necesidad de diseñar una estación de alimentación que opere a nivel del suelo y que suministre al módulo de agua y electricidad.
- Durante el trabajo se concluyó que el manejo a distancia del módulo y dron deben de ser independientes, lo que supone la necesidad de al menos dos personas para realizar el trabajo.
- A partir de una evaluación técnico económica, se determinó que se utilizará una tablet para controlar el módulo de limpieza, además de que el dron óptimo para el trabajo es el DJI S900.

- Se encontró inviable el diseño de un dron que supere los 6 pisos (18 metros) debido, en parte, al peso que suponen la manguera y el cable de alimentación. Pero principalmente a la incapacidad de elegir un dron más potente dada las legislaciones peruanas que regulan el peso de los drones en zonas pobladas.
- Se decidió fabricar el módulo con fibra de carbono, láminas de aluminio y piezas impresas en 3D puesto que estos materiales son ligeros. Así mismo, se calculó que la masa del módulo es de 2.432 Kg.
- Se optó por utilizar el módulo de sensores Guidance de la marca DJI para satisfacer el requerimiento de prevenir colisiones automáticamente. Se llegó a tal decisión debido a que dicho módulo ahorra el trabajo de seleccionar los sensores y controlador, así como, implementar el algoritmo de detección y evita tener que intervenir en el controlador propio del dron.
- Dada la necesidad de disipar el calor generado por las fuentes AC/DC que contiene el módulo de limpieza, se vió como solución óptima el fabricar la carcasa de la parte superior del módulo de con una lámina de aluminio a la que se le sueldan otras láminas más pequeñas que cumplen la función de aletas disipadoras.
- Se determinó que realizar un control de presión del chorro de agua sería inefectivo e ineficiente, debido a que esto solo generaría una mayor carga sobre la bomba, por lo que se optó por realizar un control de caudal mediante una válvula proporcional que reingrese agua a la bomba y, de esta forma, se podría controlar de forma directa la velocidad de salida del chorro de agua siempre y cuando no existan fugas en el sistema hidráulico.

- Se decidió que el módulo debe ser alimentado por corriente alterna que posteriormente se convertirá en continua con inversores ubicados en el mismo módulo. Esto debido a que alimentar el módulo y dron con corriente continua por un cable de 18.5 metros supone una caída de tensión considerable; y a que si transporta corriente continua el cable debe ser más grueso que si conduce corriente alterna y por lo tanto pesaría más.
- El costo total de implementación, desarrollo y diseño del proyecto es de 13 288 dólares, el cual está muy por debajo del precio límite de 20 000 dólares considerado en la lista de exigencias.
- Como resultado de las tecnologías y sistemas actuales relacionados con la limpieza exterior de edificios se pudo concluir que los drones dedicados a este rubros tienen un potencial comercial.



BIBLIOGRAFÍA

Cinco ventajas de vivir en un edificio mayor a 15 pisos, según Capeco. (25 de febrero de 2017). *Gestión*.

<https://gestion.pe/tu-dinero/inmobiliarias/cinco-ventajas-vivir-edificio-mayor-15-pisos-capeco-129391-noticia/>

Dunn, C. (21 de octubre de 2013). The world's most dangerous jobs. *The Sydney Morning Herald*.

<https://www.smh.com.au/business/small-business/the-worlds-most-dangerous-jobs-20131010-2va67.html>

IPC Staff. (18 de julio de 2018). WINDOWS AND SURFACES CLEANING: GO HIGHER IN TOTAL SAFETY[Mensaje en un blog]. Recuperado 19 de septiembre de 2020, de

<https://www.ipcworldwide.com/windows-and-surfaces-cleaning-go-higher-in-total-safety/news/>

El trabajo de los limpiavidrios de altura y sus peligros. (23 de septiembre de 2019).

Semana.com.

<https://www.semana.com/nacion/galeria/el-trabajo-de-los-limpiavidrios-de-altura-y-sus-peligros/633056>

Holland, C. (13 de diciembre de 2017). World skyscraper construction hits all-time high.

CNN. <https://edition.cnn.com/style/article/2017-ctbuh-skyscraper-boom/index.html>

Block, I. (2020, 27 de enero). 2019 was record-breaking year for supertall skyscrapers.

DeZeen. <https://www.dezeen.com/2020/01/27/supertall-skyscrapers-record-2019-ctbuh/>

Mosquera, A. (2017). *LIMPIEZA DE VENTANAS DE RASCACIELOS Y ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS EMERGENTES*. doi: 10.24054/16927257.v30.n30.2017.2752

Mendiola, J. (2018). Estos drones limpian cristales para que los humanos no nos arriesguemos. *DIGITAL TRENDS*. Recuperado 9 de octubre de 2020, de <https://es.digitaltrends.com/drones/aerones-drones-limpiacristales/>

Miller, T. (2019). Lucid cambiará la forma en que miras los limpiadores de ventanas para siempre. *Forbes*. Recuperado 10 de octubre de 2020, de <https://www.forbes.com/sites/theodorecasey/2019/11/08/lucid-will-change-the-way-you-look-at-window-washers-forever/#1c9ec7e811ae>

J. Jänsch, & H. Birkhofer. (2006). THE DEVELOPMENT OF THE GUIDELINE VDI 2221 - THE CHANGE OF DIRECTION. En *International Design Conference - DESIGN 2006* (pp. 45-52).

Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2015). *Requisitos para las Operaciones de Sistemas de Aeronaves Pilotadas a Distancia*. Recuperado 10 de diciembre de 2020, de https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/390602/NTC_RPAS_texto_.pdf?v=1571265754

Plaza, D. (2017). *Navegación autónoma de drones y automatización de rutas aplicadas a la limpieza de edificios (Tesis de pregrado)*. Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, España. <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/106479/MemoriaFinalDanielPlaza.pdf>

Hidrolavadoras - Tipos y Partes / De Máquinas y Herramientas. (2014, April 25). De *Máquinas y Herramientas - De Máquinas y Herramientas*. Recuperado 4 de diciembre de 2020, de <https://www.demaquinasyherramientas.com/maquinas/hidrolavadoras-tipos-y-usos>

Introducing the Spreading Wings S900. (s. f.). DJI. Recuperado 15 de noviembre de 2020, de <https://www.dji.com/global/spreading-wings-s900>

Support for Matrice 100. (s. f.). DJI. Recuperado 15 de noviembre de 2020, de <https://www.dji.com/global/support/product/matrice100>

Support for Matrice 200 Series V2. (s. f.). DJI. Recuperado 15 de noviembre de 2020, de <https://www.dji.com/global/support/product/matrice-200-series-v2>

Guidance. (s. f.). DJI. Recuperado 18 de noviembre de 2020, de <https://www.dji.com/global/guidance>

Tubos de Fibra de Carbono de forma cuadrada. (s. f.). ClipCarbono. Recuperado 10 de diciembre de 2020, de <https://www.clipcarbono.com/es/191-cuadrados-y-rectangulares>

Tubos de fibra de carbono en distintos espesores y acabados. (s. f.). ClipCarbono. Recuperado 10 de diciembre de 2020, de <https://www.clipcarbono.com/es/92-100-carbono>

Planchas de fibra de carbono a dos caras. (s. f.). ClipCarbono. Recuperado 10 de diciembre de 2020, de <https://www.clipcarbono.com/es/18-planchas-fibra-carbono-kevlar-vidrio-dos-caras>

Planchas de fibra de carbono a una cara. (s. f.). ClipCarbono. Recuperado 10 de diciembre de 2020, de <https://www.clipcarbono.com/es/6-planchas-fibra-carbono-kevlar-vidrio-una-cara>

Tipos de Tuberías de Agua Potable / Inspecciones Técnicas. (2018, 22 Mayo). Empresa de Desatoros en Málaga. Recuperado 14 de diciembre de 2020, de <https://www.desatorosenmalaga.es/tipos-de-tuberias-de-agua-potable.html>

Acrilonitrilo butadieno estireno (ABS). (s. f.). UL Prospector. Recuperado 20 de octubre de 2020, de <https://plastics.ulprospector.com/es/generics/1/c/t/acrilonitrilo-butadieno-estireno-abs-properties-processing>

Paulv. (2015, 24 octubre). HOWTO: Add an analog output to the Pi (PWM) - Raspberry Pi Forums. raspberrypi.org. <https://www.raspberrypi.org/forums/viewtopic.php?t=124130>

Conversión de ancho de traza de PCB. (s. f.). DigiKey. Recuperado 24 de noviembre de 2020, de <https://www.digikey.com/es/resources/conversion-calculators/conversion-calculator-pcb-trace-width>

Valores normalizados cables A.W.G. (s. f.). Electrónica Fácil. Recuperado 26 de octubre de 2020, de <https://www.electronicafacil.net/tutoriales/Valores-normalizados-cables-AWG.html>

A2 - Especificaciones. (s. f.). DJI. Recuperado 9 de Mayo de 2024, de <https://www-v1.dji.com/es/a2/spec.html>

PCE Ibérica. (s. f.). Tabla de las velocidades del viento. Recuperado 9 de Mayo de 2024, de <https://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/tablas-de-velocidades-del-viento.htm>

D85MG Micro, 32-Bit, Metal Gear Servo | HITEC RCD USA. (s. f.). Hitec RCD. Recuperado 9 de Mayo de 2024, de <https://hitecrad.com/products/servos/digital/d-series/d85mg/product>

How Much Power Is Needed To Hover A Drone? (s. f.). Drone Domain. Recuperado 9 de Mayo de 2024, de <https://justdrones.com.au/how-much-power-is-needed-to-hover-a-drone/>

ANEXOS

ANEXO A. LISTA DE REQUERIMIENTOS.

ANEXO B. ESTRUCTURA DE FUNCIONES GLOBAL.

ANEXO C. CÁLCULOS REALIZADOS EN MATLAB.

ANEXO D. RELACIÓN DE PLANOS.

ANEXO A: LISTA DE REQUERIMIENTOS

A continuación se presentarán los requerimientos determinados por la condiciones del entorno, los objetivos que pretende cumplir el sistema y las necesidades del mismo. Los requerimientos serán divididos en Exigencias **(E)** y Deseos **(D)** en función de la importancia del requerimiento.

Función Principal:

Limpiar las fachadas de edificios no mayores a 10 pisos o 30 metros mediante un módulo acoplado a un dron comercial. Se plantea el límite de 10 pisos dado a que los edificios de 6 a 10 pisos representan una mayoría respecto a edificios de mayor altura en Lima (“Cinco Ventajas De Vivir En Un Edificio Mayor a 15 Pisos, Según Capeco,” 2017). **(E)**

Geometría:

El dron y el módulo acoplados deben poseer una altura y diámetro máximos de 1.5 y 0.9 metros. Esto debido a que los drones comerciales de carga descritos en el estado del arte no superan estas dimensiones. **(E)**

Cinemática:

El dron debe tener la capacidad de moverse verticalmente a una velocidad mínima de 0.3 m/s, aun con el módulo acoplado. Esto con la intención de realizar un proceso más eficiente y porque los drones descritos en el estado del arte superan esta velocidad. **(E)**

Fuerzas:

El peso combinado del módulo y el dron(sin contar la manguera de suministro de agua) no debe superar los 6 Kg. Debido a que, en el Perú, por la norma técnica complementaria 001-2015 emitida por la DGAC (Dirección general de aeronáutica civil), el peso máximo de despegue de una aeronave pilotada a distancia, en zonas urbanas, es de 6 Kg (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2015). **(E)**

El módulo debe ser capaz de compensar la fuerza generada por la expulsión de agua a presión de tal forma que la estabilidad del dron no se vea afectada. **(D)**

La estación de suministro de agua debe ser capaz de impulsar el agua entre 18 y 30 metros de altura y permitir una presión mínima de expulsión de agua de 35 bar. Debido a que esta es aproximadamente la presión mínima que utiliza una hidrolavadora para limpiar adecuadamente una fachada (*Hidrolavadoras - Tipos Y Partes | De Máquinas Y Herramientas*, 2014). **(E)**

Energía:

Se contará con una estación de alimentación en tierra que mantenga continuamente energizado al dron y al módulo de limpieza. Esto para brindarle un mayor tiempo de vuelo. Además, de esta manera se pueden retirar las baterías del dron con el fin de que este y el módulo juntos no superen los 6 Kg (Exigencia planteada en división de fuerzas). **(E)**

Materia Prima:

El agua será almacenada a nivel del suelo. Esto con el fin de que el dron y el módulo no superen los 6 Kg (exigencia planteada en división de fuerzas) y para que se pueda realizar el proceso de limpieza incluso cuando no se tiene un suministro de agua constante. **(E)**

Señales:

El módulo debe contar con señales luminosas que indiquen el correcto funcionamiento del dron. **(D)**

En la interfaz se mostrará una señal de video en tiempo real del proceso de limpieza proveniente del módulo. Esto con el fin de facilitar el manejo y control de ambas partes. **(E)**

El operario será capaz de enviar señales o instrucciones para controlar el módulo a través de una interfaz. **(E)**

Control:

El dron y el módulo serán operados y controlados de manera remota. **(E)**

Electrónica:

El módulo debe contar con la electrónica adecuada para el procesamiento y amplificación de señales. **(E)**

Software:

El módulo debe incorporar un software de procesamiento de señales para evitar colisiones.

(E)

La estación de alimentación debe poder regular la presión con la que el líquido es expulsado del módulo de limpieza a la magnitud requerida por el operario. **(E)**

Comunicación:

Debe existir una comunicación bidireccional entre el dron y el módulo. **(E)**

Debe existir una comunicación bidireccional entre el módulo y la unidad de control o interfaz. **(E)**

Seguridad:

El dron o módulo de limpieza debe incorporar un paracaídas de emergencia con el fin de evitar accidentes ante una posible falla. Además de que, en el Perú, por la norma técnica complementaria 001-2015 emitida por la DGAC (Dirección general de aeronáutica civil), para que se autorice la operación a una aeronave pilotada a distancia de hasta 6 Kg, esta deberá contar con un paracaídas de emergencia (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2015). **(D)**

El módulo debe tener un grado de protección mínimo de IP33 con el fin de que pueda operar aún con las salpicaduras ocasionadas por el proceso de limpieza. **(E)**

Fabricación:

El módulo deberá permitir una fabricación a gran escala para brindar el servicio de limpieza a toda la ciudad de Lima. **(D)**

El módulo debe poder fabricarse con materiales resistentes y ligeros. **(E)**

Control de calidad:

La limpieza de las superficies será verificada por el operario que controla el módulo. **(E)**

Montaje:

El tiempo de preparación del módulo, dron y estación de control no deberá superar los 40 minutos. **(E)**

Operación:

Se debe poder intercambiar las boquillas de aspersion o pulverización para permitir distintas configuraciones del chorro de agua. **(D)**

El usuario que controla el módulo debe ser capaz de cambiar la dirección vertical y horizontal del chorro de agua de forma independiente al movimiento del dron para que este pueda realizar una limpieza más eficaz. **(E)**

Uso:

El dron y el módulo de limpieza deben poder ser operados de forma independiente. **(E)**

Mantenimiento:

Los componentes utilizados en el módulo de limpieza y estación de alimentación deben poder ser encontrados en el mercado peruano o deben poder llegar en menos de dos meses en el caso de ser importados. **(E)**

Costos:

El costo total del sistema, incluyendo el módulo, la unidad de control y el dron, no debe superar los 20000 dólares. **(E)**

BIBLIOGRAFÍA DE LA LISTA DE REQUERIMIENTOS.

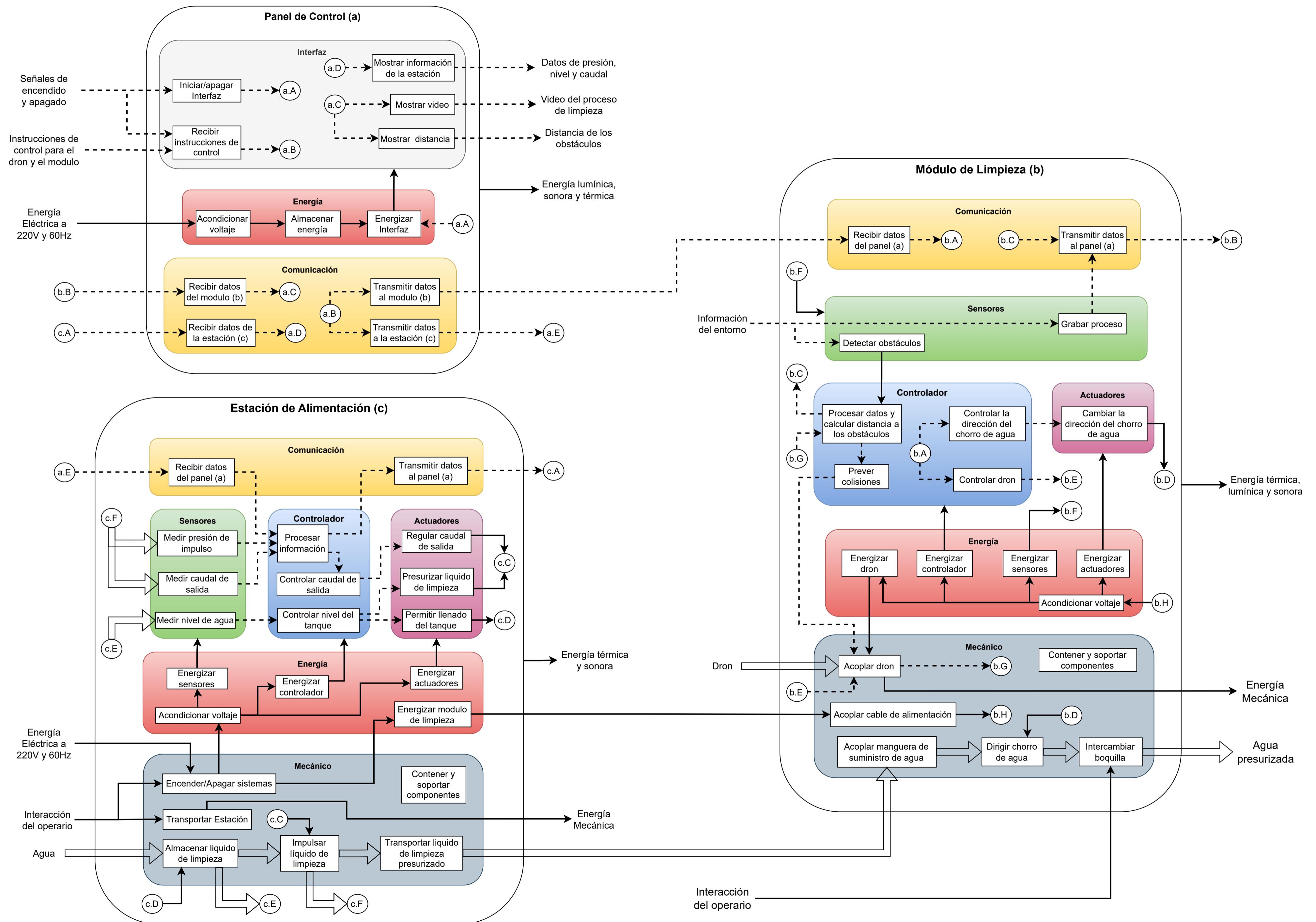
Cinco ventajas de vivir en un edificio mayor a 15 pisos, según Capeco. (25 de febrero de 2017). *Gestión*.

<https://gestion.pe/tu-dinero/inmobiliarias/cinco-ventajas-vivir-edificio-mayor-15-pisos-capec-o-129391-noticia/>

Hidrolavadoras - Tipos y Partes | De Máquinas y Herramientas. (2014, April 25). De Máquinas y Herramientas - De Máquinas y Herramientas. Recuperado 4 de diciembre de 2020, de <https://www.demaquinasyherramientas.com/maquinas/hidrolavadoras-tipos-y-usos>

Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2015). *Requisitos para las Operaciones de Sistemas de Aeronaves Pilotadas a Distancia*. Recuperado 10 de diciembre de 2020, de https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/390602/NTC_RPAS_texto_pdf?v=1571265754

ANEXO B: ESTRUCTURA DE FUNCIONES GLOBAL



ANEXO C: CÁLCULOS REALIZADOS EN MATLAB

Código en matlab del cálculo de presión en la bomba y fuerza de empuje en el módulo producido por la expulsión del chorro de agua:

% CÁLCULO DE PRESIÓN EN LA BOMBA Y DE FUERZA DE EMPUJE EN EL MÓDULO.

```
clear all;
close all;
clc
```

%Variables de entrada

```
g = 9.81;
x1 = 1; %en metros
x2 = 0.5; %en metros
x3 = 1; %en metros
D1 = 0.015; %en metros
D2 = 0.01; %en metros
D3 = 0.008; %en metros
D_manguera = 0.00635; %en metros
D_boquilla = 0.002; %en metros
largoManguera = 18.5; %en metros
altura_tanque = 0.18; %en metros
P_tanque = 1958.5; %en pascales
```

```
Area1 = (D1^2)*pi()/4; %en metros^2
Area2 = (D2^2)*pi()/4; %en metros^2
Area3 = (D3^2)*pi()/4; %en metros^2
Area_manguera = (D_manguera^2)*pi()/4; %en metros^2
Area_boquilla = (D_boquilla^2)*pi()/4; %en metros^2
```

```
caudal_lpm = 11; %en litros/minuto
caudal = caudal_lpm/(60*1000); %en metros^3/segundo
```

```
densidad = 998.2; %en Kilogramos/metro^3
ks_acero = 0.045*(10^-3); %Rugosidad del acero galvanizado en metros
```

```
ks_manguera = 0;
viscosidadDinamica = 1.002*(10^-3);
ViscosidadCinematica = 1.004*(10^-6);
```

```
LeqD_checkDisco = 55;
LeqD_codo90 = 30;
codo90_cantidad = 3;
K_salida_tuberia = 1;
```

```
caudalimatro_diferencial_presion = 20000; %en pascales
altura = 18; %en metros
```

%Calculo de perdidas en tuberias

%Tramo 1 - tubería de acero de 1/2"

```
Velocidad1 = caudal/Area1;
Reynolds1 = (densidad*Velocidad1*x1)/viscosidadDinamica;
factorDeFriccion1 = (-2*log10((5.74/(Reynolds1^0.9))+(ks_acero/(3.7*D1))))^(-2);
```

```
hL_tuberia1 = (factorDeFriccion1*x1*Velocidad1^2)/(D1*2*g);
```

%Tramo 2 - tubería de acero 3/8"

```
Velocidad2 = caudal/Area2;
Reynolds2 = (densidad*Velocidad2*x2)/viscosidadDinamica;
factorDeFriccion2 = (-2*log10((5.74/(Reynolds2^0.9))+(ks_acero/(3.7*D2))))^(-2);
```

```
hL_tuberia2 = (factorDeFriccion2*x2*Velocidad2^2)/(D2*2*g);
```

%Tramo 3 - tubería de acero 1/4"

```
Velocidad3 = caudal/Area3;
Reynolds3 = (densidad*Velocidad3*x3)/viscosidadDinamica;
factorDeFriccion3 = (-2*log10((5.74/(Reynolds3^0.9))+(ks_acero/(3.7*D2))))^(-2);
```

```
hL_tuberia3 = (factorDeFriccion3*x1*Velocidad3^2)/(D2*2*g);
```

%Tramo 4 - Manguera de plástico 1/4", ks = 0

```
Velocidad4 = caudal/Area_manguera;
Reynolds4 = (densidad*Velocidad4*largoManguera)/viscosidadDinamica;
factorDeFriccion4 = (-2*log10((5.74/(Reynolds4^0.9))+(ks_manguera/(3.7*D2))))^(-2);
```

$hL_tuberia4 = (factorDeFriccion4 * largoManguera * Velocidad4^2) / (D2 * 2 * g);$

%Pérdidas totales por tuberías

$hL_tuberia_total = hL_tuberia1 + hL_tuberia2 + hL_tuberia3 + hL_tuberia4;$

%Perdida en caudalimetro

$hL_caudalimetro = caudalimetro_diferencial_presion / (densidad * g);$ % en metros

%Pérdida en accesorios

%Tramo 1

$K_accesorios1 = factorDeFriccion1 * (LeqD_codo90 * codo90_cantidad);$

$hL_accesorios1 = K_accesorios1 * (Velocidad1^2) / (2 * g);$

%Tramo 2

$K_accesorios2 = factorDeFriccion2 * LeqD_checkDisco;$

$hL_accesorios2 = K_accesorios2 * (Velocidad2^2) / (2 * g);$

%Tramo 3

$hL_accesorios3 = K_salida_tuberia * (Velocidad3^2) / (2 * g);$

%Pérdidas totales por accesorios

$hL_accesorio_total = hL_accesorios1 + hL_accesorios2 + hL_accesorios3;$

%Pérdidas por cambio de sección

%Cambio 1 - de 3/8" a 1/4"

$K_cambio1 = (1 - (Area2 / Area3))^2;$

$hL_cambio1 = K_cambio1 * (Velocidad2^2) / (2 * g);$

%Cambio 2 - de 8 mm a 6.35 mm"

$K_cambio2 = (1 - (Area3 / Area_manguera))^2;$

$hL_cambio2 = K_cambio2 * (Velocidad3^2) / (2 * g);$

%Cambio 3 - de 6.35 mm a 8 mm"

$K_cambio3 = (1 - (Area_manguera / Area3))^2;$

$hL_cambio3 = K_cambio3 * (Velocidad4^2) / (2 * g);$

%Cambio de sección por la boquilla

$K_{\text{cambio_boquilla}} = (1 - (\text{Area}_3 / \text{Area_boquilla}))^2;$

$hL_{\text{cambio_boquilla}} = K_{\text{cambio_boquilla}} * (\text{Velocidad}_3^2) / (2 * g);$

%Pérdida total por cambios de sección

$hL_{\text{cambio}} = hL_{\text{cambio1}} + hL_{\text{cambio2}} + hL_{\text{cambio3}} + hL_{\text{cambio_boquilla}};$

%Pérdidas totales

$hL_{\text{total}} = hL_{\text{tuberia_total}} + hL_{\text{caudalimetro}} + hL_{\text{accesorio_total}} + hL_{\text{cambio}};$

%Ecuación general de energía

$\text{Velocidad_salida} = \text{caudal} / \text{Area_boquilla};$ %La velocidad a la salida de la boquilla

$hT_{\text{bomba}} = P_{\text{tanque}} / (\text{densidad} * g)$

$+ (\text{Velocidad}_1^2) / (2 * g) + \text{altura_tanque} - (\text{Velocidad_salida}^2) / (2 * g) - \text{altura} - hL_{\text{total}};$

$\text{presion_bomba_pa} = -1 * hT_{\text{bomba}} * \text{densidad} * g;$ %en pascales

$\text{presion_bomba_bar} = \text{presion_bomba_pa} / (10^5);$

%Fuerza de empuje del chorro a la salida

$\text{FuerzaEmpuje_N} = \text{densidad} * \text{Area_boquilla} * (\text{Velocidad_salida}^2);$

$\text{FuerzaEmpuje_Kg} = \text{FuerzaEmpuje_N} / g;$

%Distancia del chorro de agua con la lanza horizontal

$\text{caida} = 0.05;$ %en metros

$\text{tiempo} = \text{sqrt}(\text{caida} * 2 / g);$ %en segundos

$\text{distancia} = \text{Velocidad_salida} * \text{tiempo};$ %en metros

Código en matlab del cálculo de disipación de las fuentes de poder PACSR24021S del módulo de limpieza:

% CÁLCULO DISIPACIÓN DE CALOR DE LAS FUENTES DE PODER PACSR24021S.

clear all

% pw = Power supply
% Tpw = Temperature of the power supply;
% alc = Alluminium case
% pt = Thermal paste
% k = Coefficient of thermal conductivity
% h = Convective coefficient

%Variables de entrada

T_ambient = 25; %en grados celsius
pw_power = 504; %en watts
pw_efficiency = 0.935;
pw_width = 0.04; %en metros
pw_length = 0.1; %en metros
alc_thickness_mm = 2; %en milimetros
alc_k = 167; %en watts/(metros*kelvin)
alc_h = 13; %en watts/((metros^2)*kelvin)
pt_thickness_mm = 0.05; %en milimetros
pt_k = 15; %en watts/(metros*kelvin)
fin_thickness_mm = 1; % en milimetros
fin_height = 0.028; %en metros
fin_length = 0.09; %en metros
fin_amount = 9;

%Variables derivadas

pw_heat = pw_power*(1-pw_efficiency);
dissipation_area = pw_width * pw_length; %en metros^2
alc_thickness = alc_thickness_mm/1000; %en metros
pt_thickness = pt_thickness_mm/1000; %en metros
fin_thickness = fin_thickness_mm/1000; %en metros
fin_perimeter = 2*fin_thickness + 2*fin_length; %en metros
fin_area = fin_thickness * fin_length; %en metros^2

%Cálculo de resistencia térmica entre la fuente y la cara externa del case

% R = Thermal_resistance

% Tc = Temperature on the case

R_pt = pt_thickness/pt_k;

R_alc = alc_thickness/alc_k;

% pw_heat = dissipation_area/(R_pt+R_alc)*(Tpw-Tc) --> ec1

% C = Sea C (constante resistiva) un valor y definición empleados solo para
% propósitos explicativos del presente trabajo.

% C1 = constante resistiva por conducción entre la fuente y la cara externa
% del case.

C1 = dissipation_area/(R_pt+R_alc);

% Cálculo de disipación por convección entre la cara externa del case y el
% ambiente.

m = sqrt((alc_h*fin_perimeter)/(alc_k*fin_area));

% pw_heat = (-1 * alc_k * fin_area * m * (((alc_h / (alc_k * m)) + tanh(m * fin_height))

% / (1 + (alc_h / (alc_k * m)) * tah(m*fin_height))) * fin_amount

%+ alc_h*(dissipation_area - (fin_area * fin_amount))) * (Tc-T_ambient) --> ec2

% C2 = constante resistiva entre la cara externa del case y el ambiente a través de las aletas.

% C3 = constante resistiva por convección entre la cara externa del case y el ambiente

C2 =

alc_k*fin_area*m*(((alc_h/(alc_k*m))+tanh(m*fin_height))/(1+(alc_h/(alc_k*m))*tanh(m*f
in_height)))*fin_amount;

C3 = alc_h*(dissipation_area - (fin_area*fin_amount));

% Despejando Tc de ec1 y reemplazando en ec2 se obtiene:

Tpw = pw_heat/(C2+C3) + pw_heat/C1 + T_ambient;

Código en matlab del cálculo de disipación de calor de la fuente TUNS100F05 del módulo de limpieza:

% CÁLCULO DE DISIPACIÓN DE CALOR DE LA FUENTE TUNS100F05.

clear all

% pw = Power supply
% Tpw = Temperature of the power supply;
% alc = Alluminium case
% pt = Thermal paste
% k = Coefficient of thermal conductivity
% h = Convective coefficient

%Variables de entrada

T_ambient = 25; %en grados celsius
pw_power = 70; %en watts
pw_efficiency = 0.85;
pw_width = 0.0483; %en metros
pw_length = 0.0508; %en metros
alc_thickness_mm = 2; %en milímetros
alc_k = 167; %en watts/(metros*kelvin)
alc_h = 13; %en watts/((metros^2)*kelvin)
pt_thickness_mm = 0.05; %en milímetros
pt_k = 15; %en watts/(metros*kelvin)
fin_thickness_mm = 1; % en milímetros
fin_height = 0.02; %en metros
fin_length = 0.045; %en metros
fin_amount = 7;

%Variables derivadas

pw_heat = pw_power*(1-pw_efficiency);
dissipation_area = pw_width * pw_length; %en metros^2
alc_thickness = alc_thickness_mm/1000; %en metros
pt_thickness = pt_thickness_mm/1000; %en metros
fin_thickness = fin_thickness_mm/1000; %en metros
fin_perimeter = 2*fin_thickness + 2*fin_length; %en metros
fin_area = fin_thickness * fin_length; %en metros^2

%Cálculo de resistencia térmica entre la fuente y la cara externa del case

% R = Thermal_resistance

% Tc = Temperature on the case

R_pt = pt_thickness/pt_k;

R_alc = alc_thickness/alc_k;

% pw_heat = dissipation_area/(R_pt+R_alc)*(Tpw-Tc) --> ec1

% C = Sea C (constante resistiva) un valor y definición empleados solo para
% propósitos explicativos del presente trabajo.

% C1 = constante resistiva por conducción entre la fuente y la cara externa
% del case.

C1 = dissipation_area/(R_pt+R_alc);

% Cálculo de disipación por convección entre la cara externa del case y el
% ambiente.

m = sqrt((alc_h*fin_perimeter)/(alc_k*fin_area));

% pw_heat = (-1 * alc_k * fin_area * m * (((alc_h / (alc_k * m)) + tanh(m * fin_height))
%/ (1 + (alc_h / (alc_k * m)) * tanh(m * fin_height))) * fin_amount + alc_h
%* (dissipation_area - (fin_area * fin_amount))) * (Tc - T_ambient) --> ec2

% C2 = constante resistiva entre la cara externa del case y el ambiente a través de las aletas.

% C3 = constante resistiva por convección entre la cara externa del case y el ambiente

C2 =

alc_k*fin_area*m*(((alc_h/(alc_k*m))+tanh(m*fin_height))/(1+(alc_h/(alc_k*m))*tanh(m*f
in_height)))*fin_amount;

C3 = alc_h*(dissipation_area - (fin_area*fin_amount));

% Despejando Tc de ec1 y reemplazando en ec2 se obtiene:

Tpw = pw_heat/(C2+C3) + pw_heat/C1 + T_ambient;

ANEXO D: RELACIÓN ENTRE PLANOS

1) Planos eléctricos:

- Diagrama esquemático de la estación de alimentación.
- Diagrama esquemático del módulo de limpieza.
- Diagrama esquemático del PCB de la estación de alimentación.

2) Planos hidráulicos:

- Circuito hidráulico.

3) Planos mecánicos:

3.1) Planos del módulo de limpieza:

- DRON Y MÓDULO.
- MÓDULO DE LIMPIEZA.

3.1.1) Planos de la parte superior del módulo de limpieza (PS):

a) Planos de ensamble:

- MÓDULO - PARTE SUPERIOR.
- TAPA Y PROCESADOR GUIDANCE (PS).
- SERVO CON CONECTOR PLÁSTICO (PS).
- CARCASA Y ALETAS DE DISIPACIÓN (PS).

b) Planos de despiece:

- CARCASA (PS).
- CONECTOR PLÁSTICO DEL SERVO (PS).
- BORDE POSTERIOR (PS).
- SOPORTE IZQUIERDO DEL GUIDANCE (PS).

- SOPORTE DERECHO DEL GUIDANCE (PS).
- SOPORTE PROCESADOR GUIDANCE (PS).
- SOPORTE DEL TUBO DE TRANSMISIÓN (PS).
- SOPORTE DEL SERVO (PS).
- ARANDELA SUJECIÓN DEL SERVO (PS).
- ALETA PARA LAS FUENTES DE 24V (PS).
- ALETA PARA LA FUENTE DE 5V (PS).
- ESTRUCTURA LATERAL (PS).
- SOPORTE DEL RADIORECEPTOR (PS).
- TAPA DE LA CARCASA (PS).
- CONECTOR DEL MÓDULO AL DRON (PS).

3.1.2) Planos de la parte media del módulo de limpieza (PM):

a) Planos de ensamble:

- MÓDULO - PARTE MEDIA.
- SERVO CON CONECTOR DE ALUMINIO (PM).

b) Planos de despiece:

- CONECTOR DE ALUMINIO SERVO (PM).
- LÁMINA FRONTAL (PM).
- LÁMINA INTERIOR (PM).
- LÁMINA LATERAL (PM).
- LÁMINA SUPERIOR (PM).
- MARCO DE SUJECIÓN SUPERIOR (PM).
- MARCO DE SUJECIÓN INFERIOR (PM).
- CONECTOR A LA PARTE SUPERIOR (PM).
- SOPORTE DEL SERVO (PM).

3.1.3) Planos de la parte inferior del módulo de limpieza (PI):

a) Planos de ensamble:

- MÓDULO - PARTE INFERIOR.
- CÁMARA FPV CON SOPORTE (PI).

b) Planos de despiece:

- SOPORTE DE LA CÁMARA FPV (PI).
- LÁMINA FRONTAL (PI).
- LÁMINA HORIZONTAL (PI).
- LÁMINA LATERAL (PI).
- LÁMINA POSTERIOR (PI).
- MARCO (PI).
- SOPORTE DE TUBERÍA (PI).
- SOPORTE DEL TUBO DE TRANSMISIÓN (PI).

3.2) Planos de la estación de alimentación (EA):

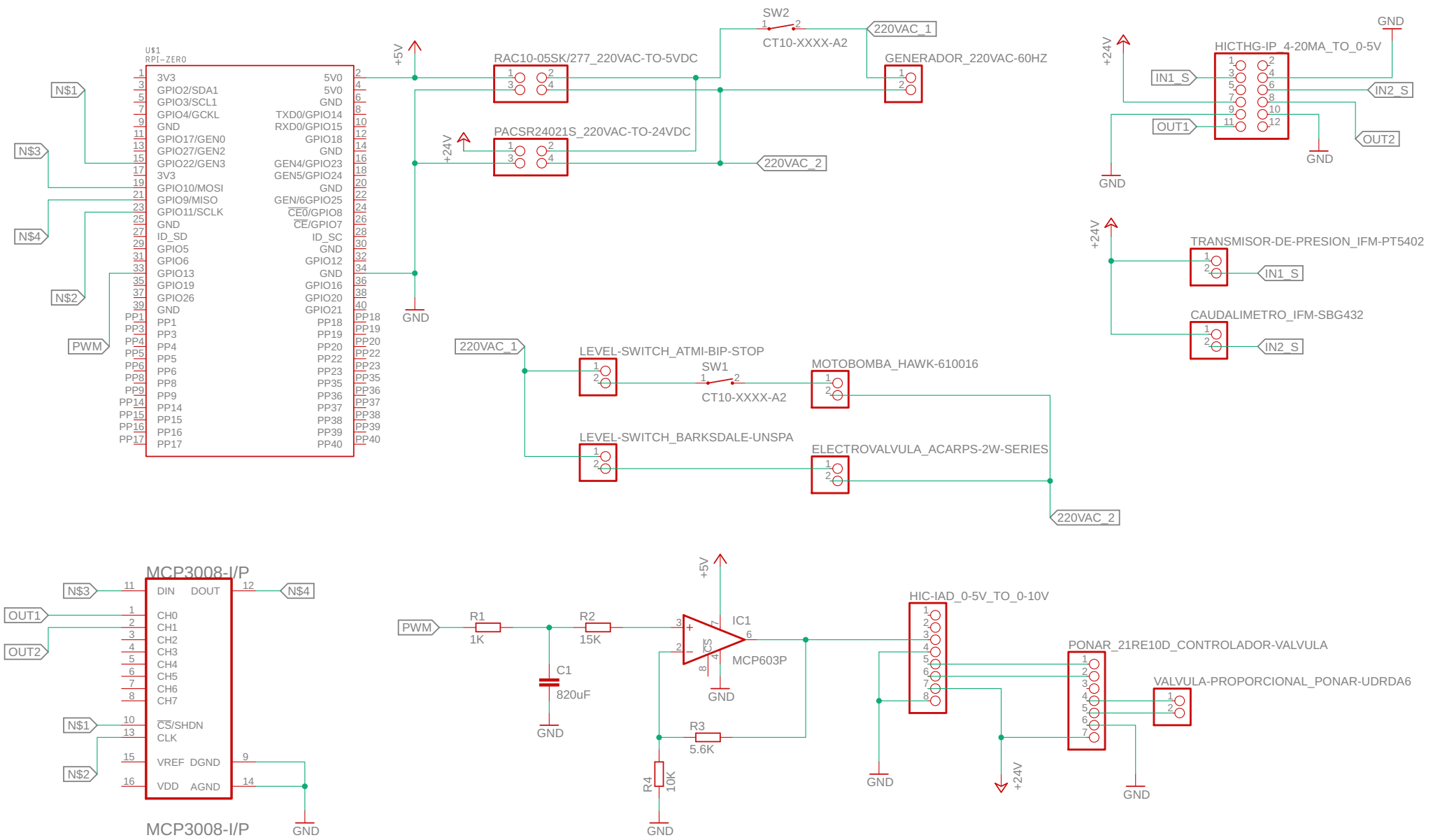
a) Planos de ensamble:

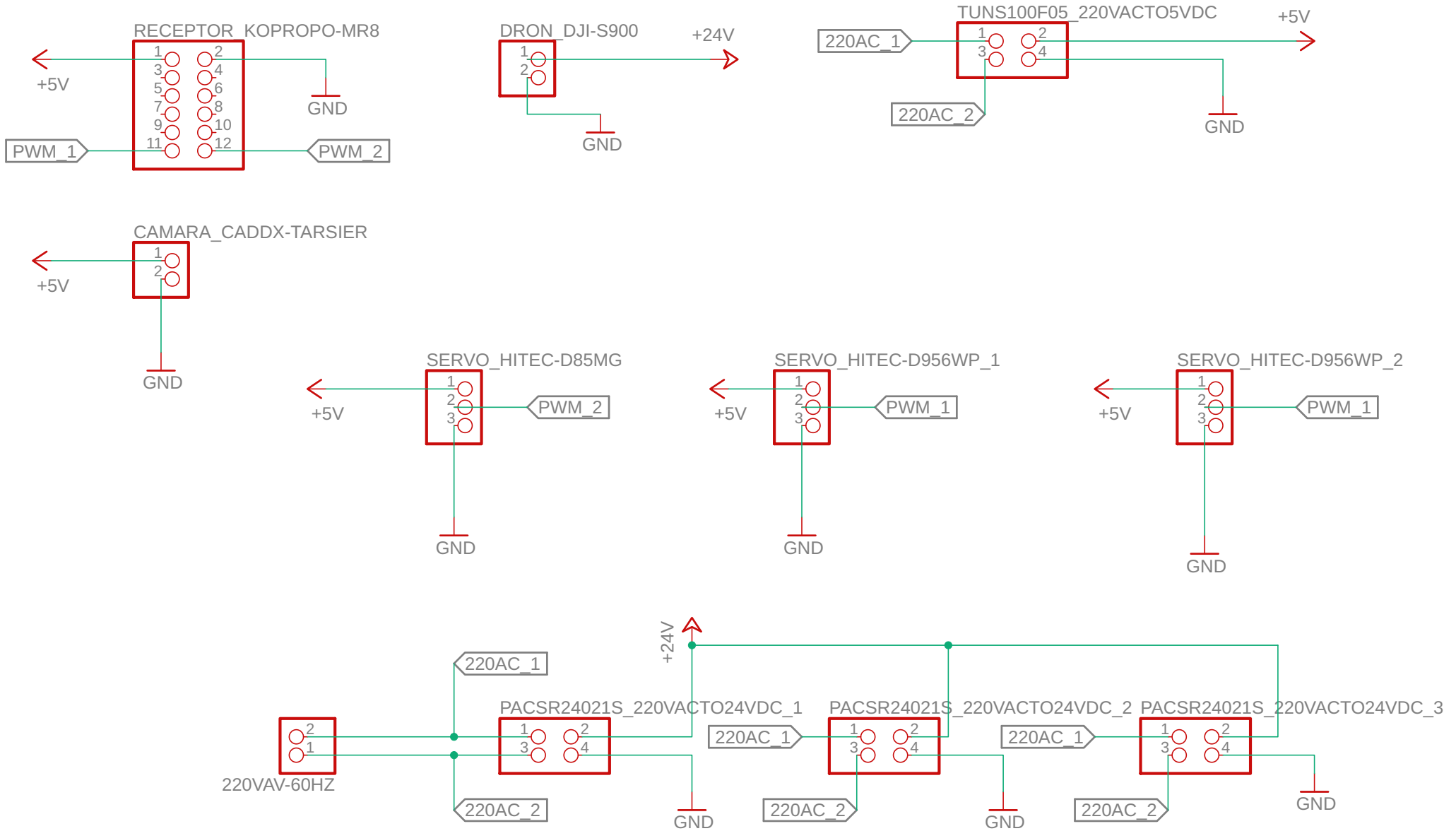
- ESTACIÓN DE ALIMENTACIÓN.
- ESTRUCTURA Y SISTEMAS INTERNOS (EA).
- ESTRUCTURA (EA).
- PUERTA (EA).

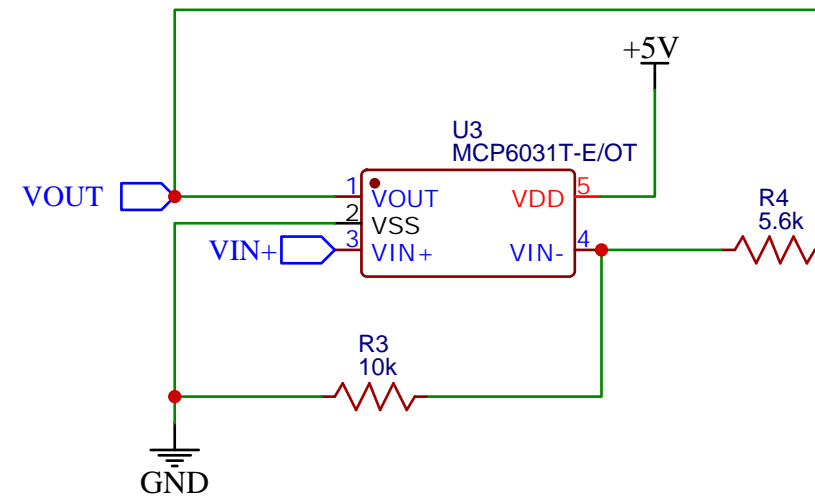
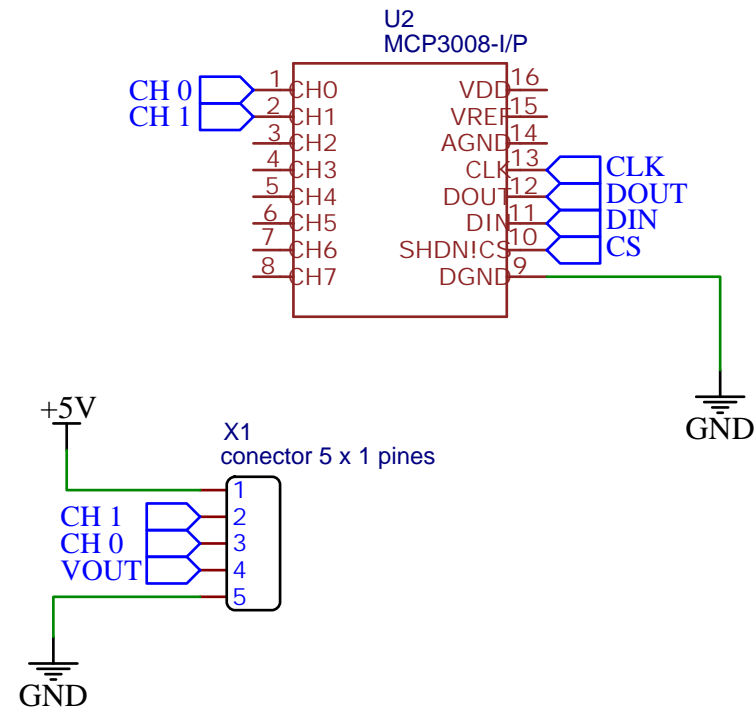
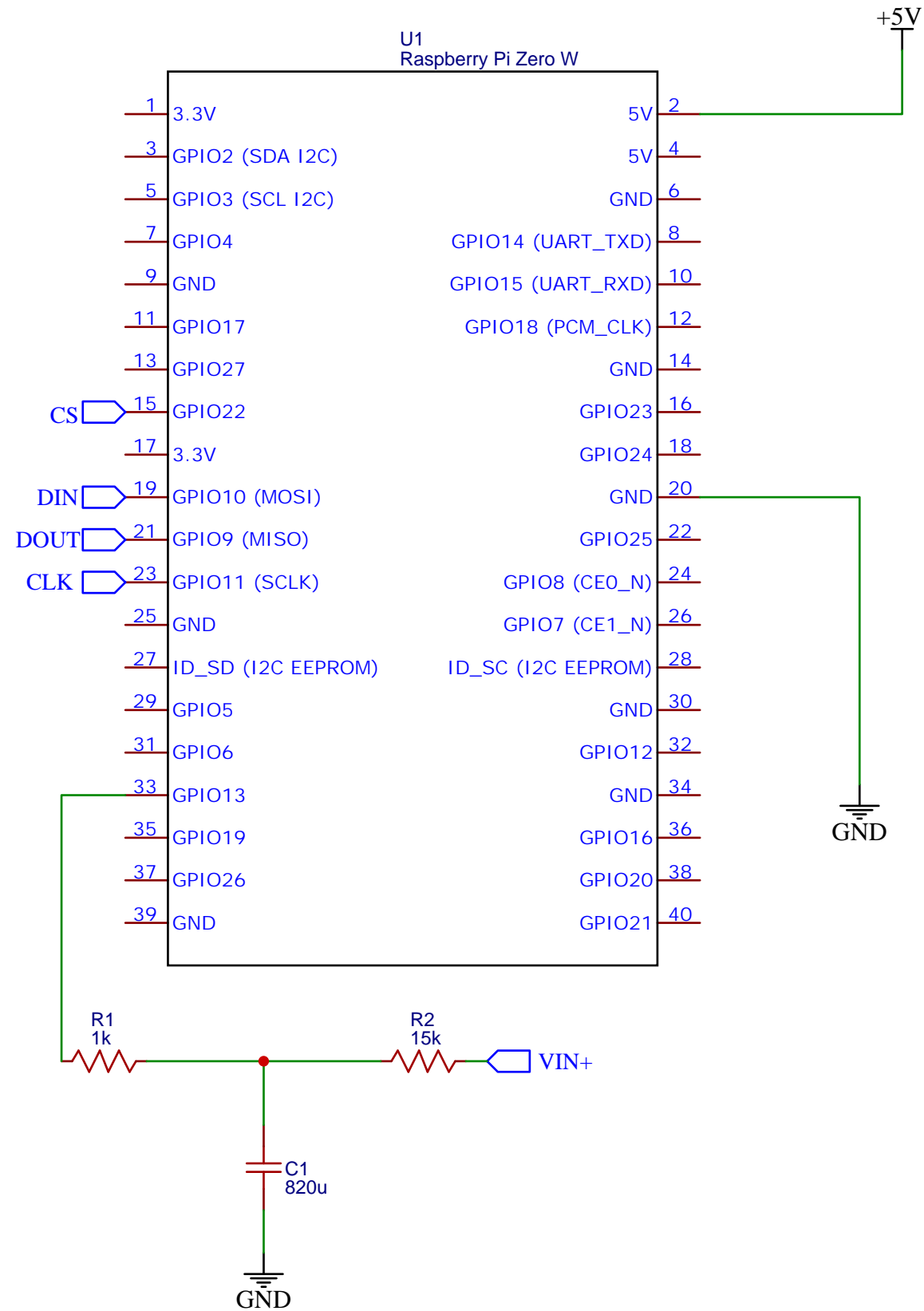
b) Planos de despiece:

- MARCO FRONTAL SUPERIOR (EA).
- MARCO FRONTAL INFERIOR (EA).
- MARCO LATERAL DELANTERO (EA).
- MARCO LATERAL TRASERO (EA).

- MARCO POSTERIOR (EA).
- PLANCHA DE LA PUERTA (EA).
- PLANCHA DE SOPORTE DEL TANQUE (EA).
- PLANCHA DE SOPORTE DE LAS RUEDAS (EA).
- PLANCHA FRONTAL SUPERIOR (EA).
- PLANCHA FRONTAL INFERIOR (EA).
- PLANCHA INFERIOR (EA).
- PLANCHA LATERAL IZQUIERDA (EA).
- PLANCHA LATERAL DERECHA (EA).
- PLANCHA POSTERIOR (EA).
- PLANCHA SUPERIOR DELANTERA (EA).
- PLANCHA SUPERIOR TRASERA (EA).
- SEGURO - LADO PUERTA (EA).
- SEGURO - LADO ESTACIÓN (EA).
- SOPORTE DEL TUBO DE SUMINISTRO (EA).

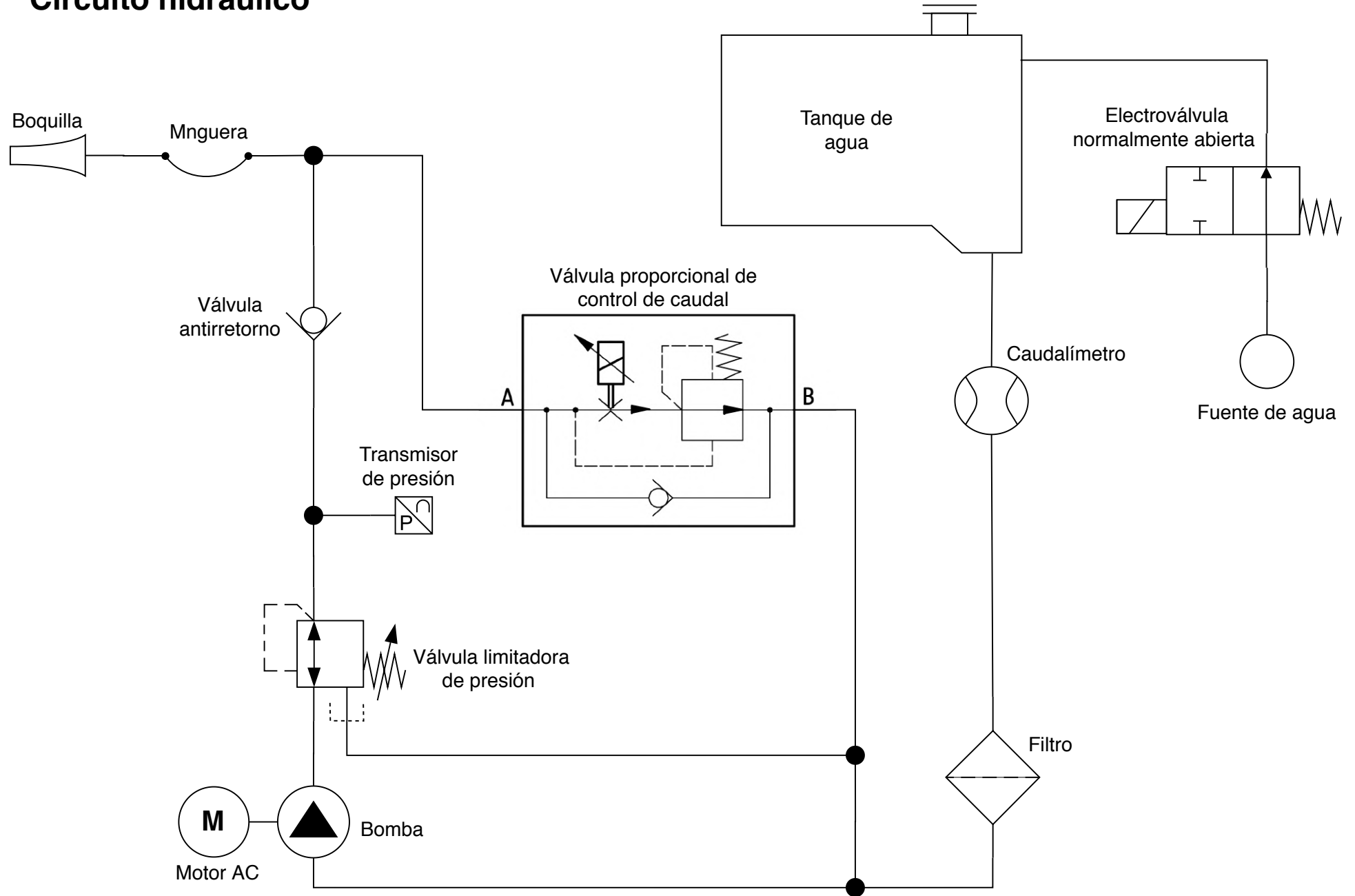


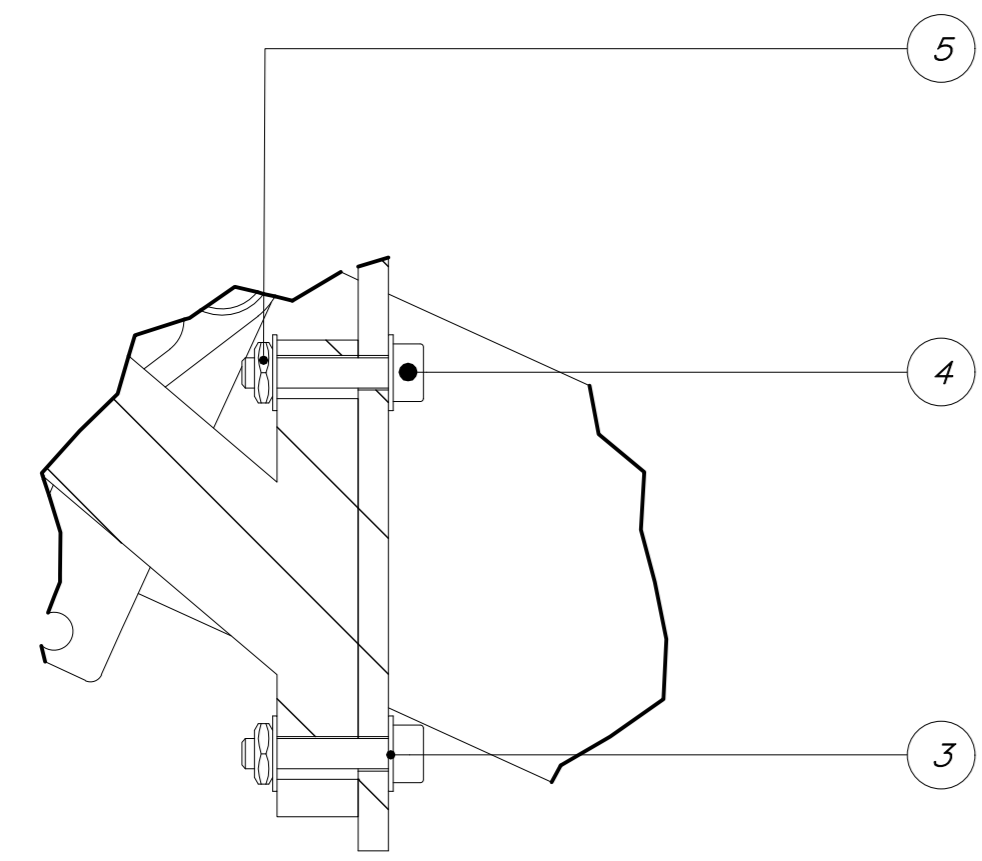




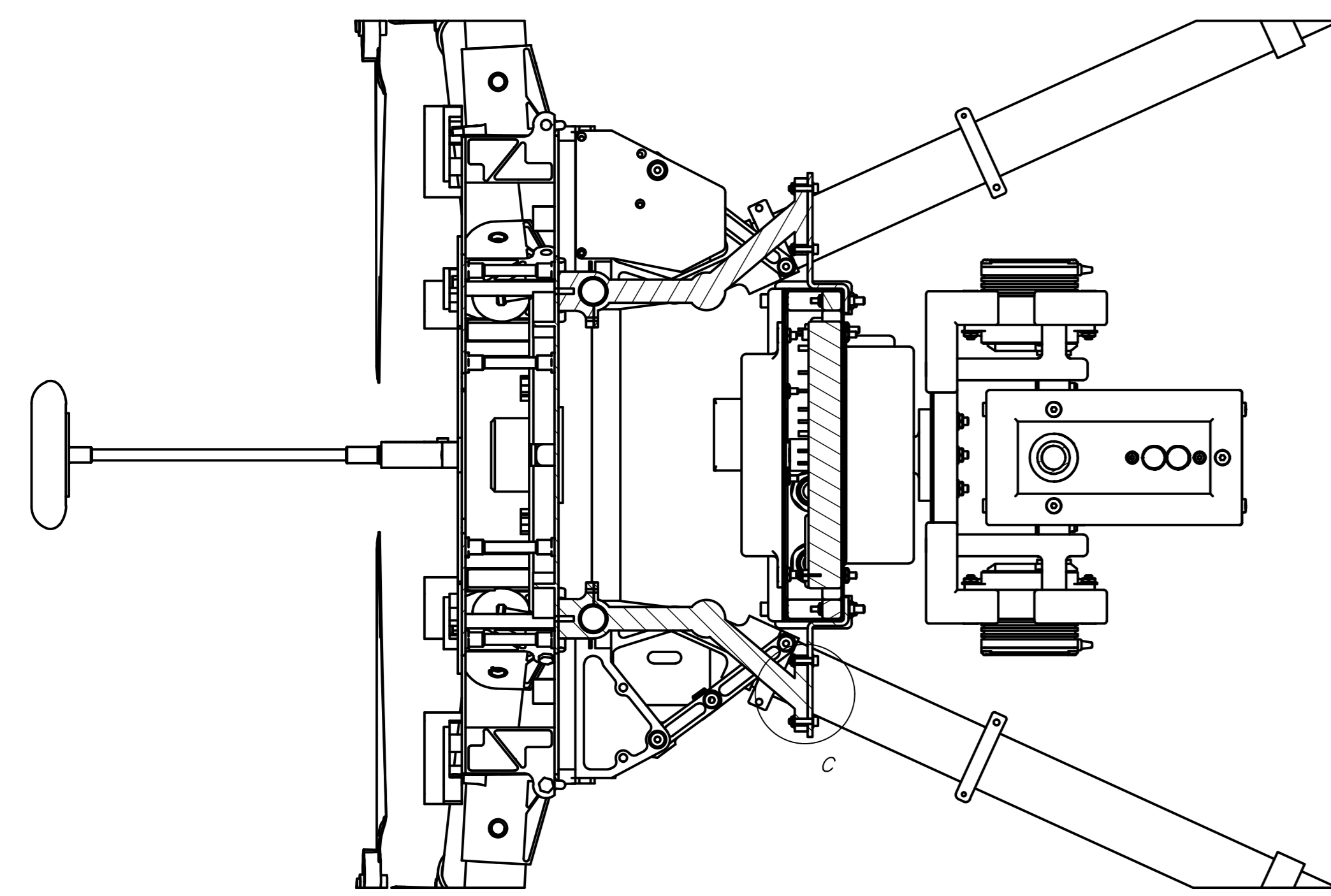
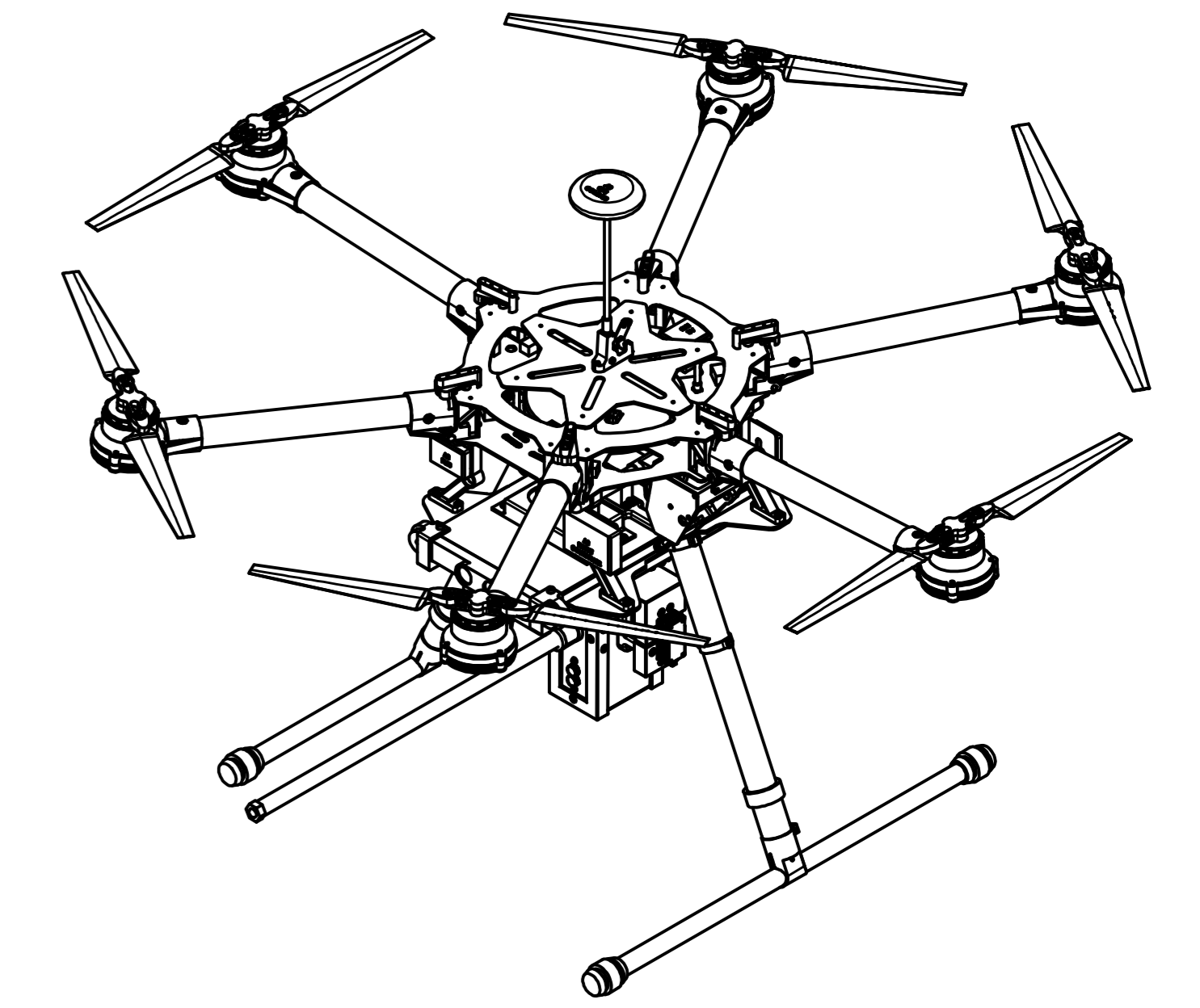
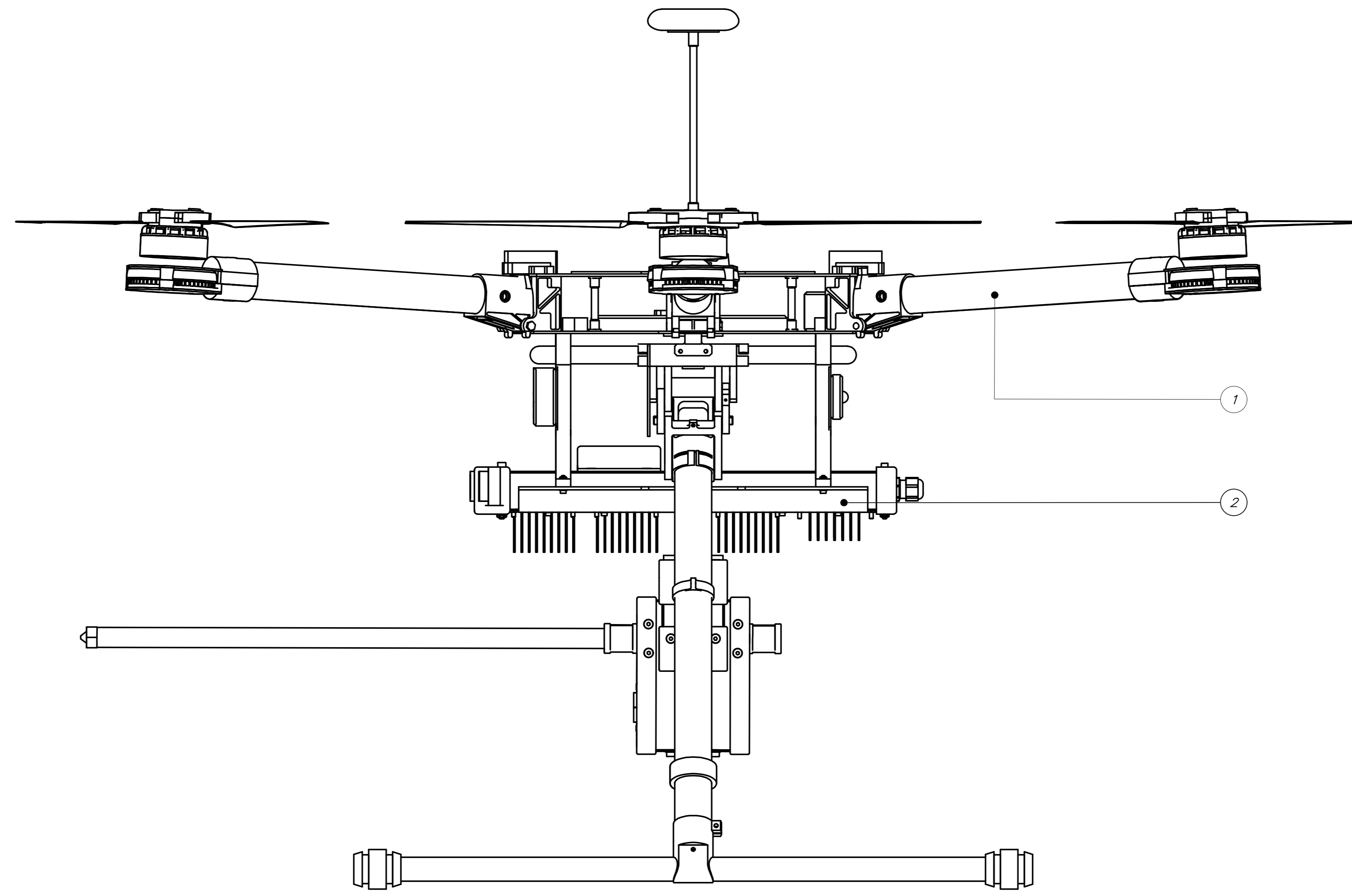
TITLE: Convertor de se ñ ales anal ó gicas y digitales		REV: 1.0
Company:		Sheet: 1/1
Date: 2020-12-02	Drawn By: Rafael Lema Eros	

Circuito hidráulico

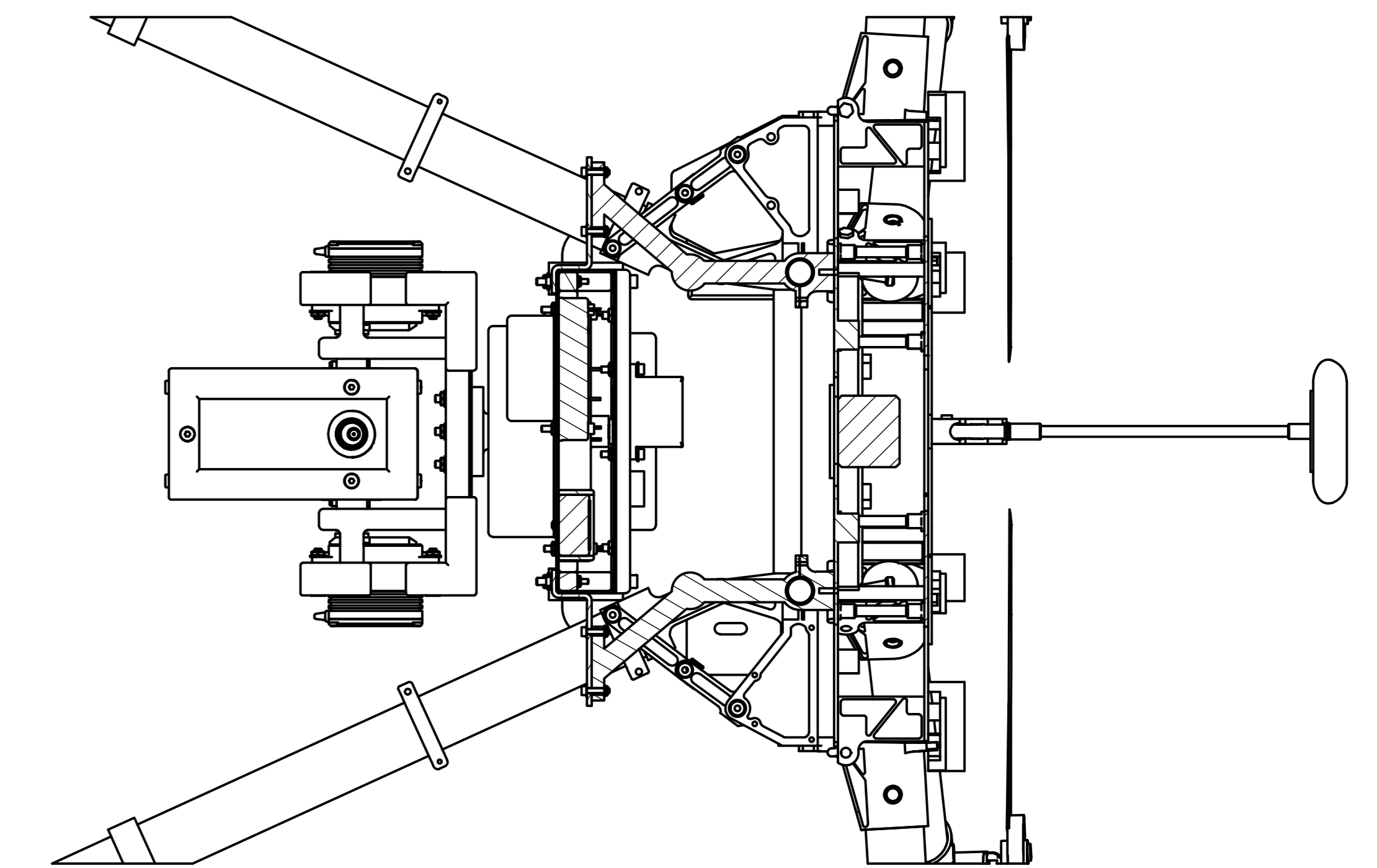
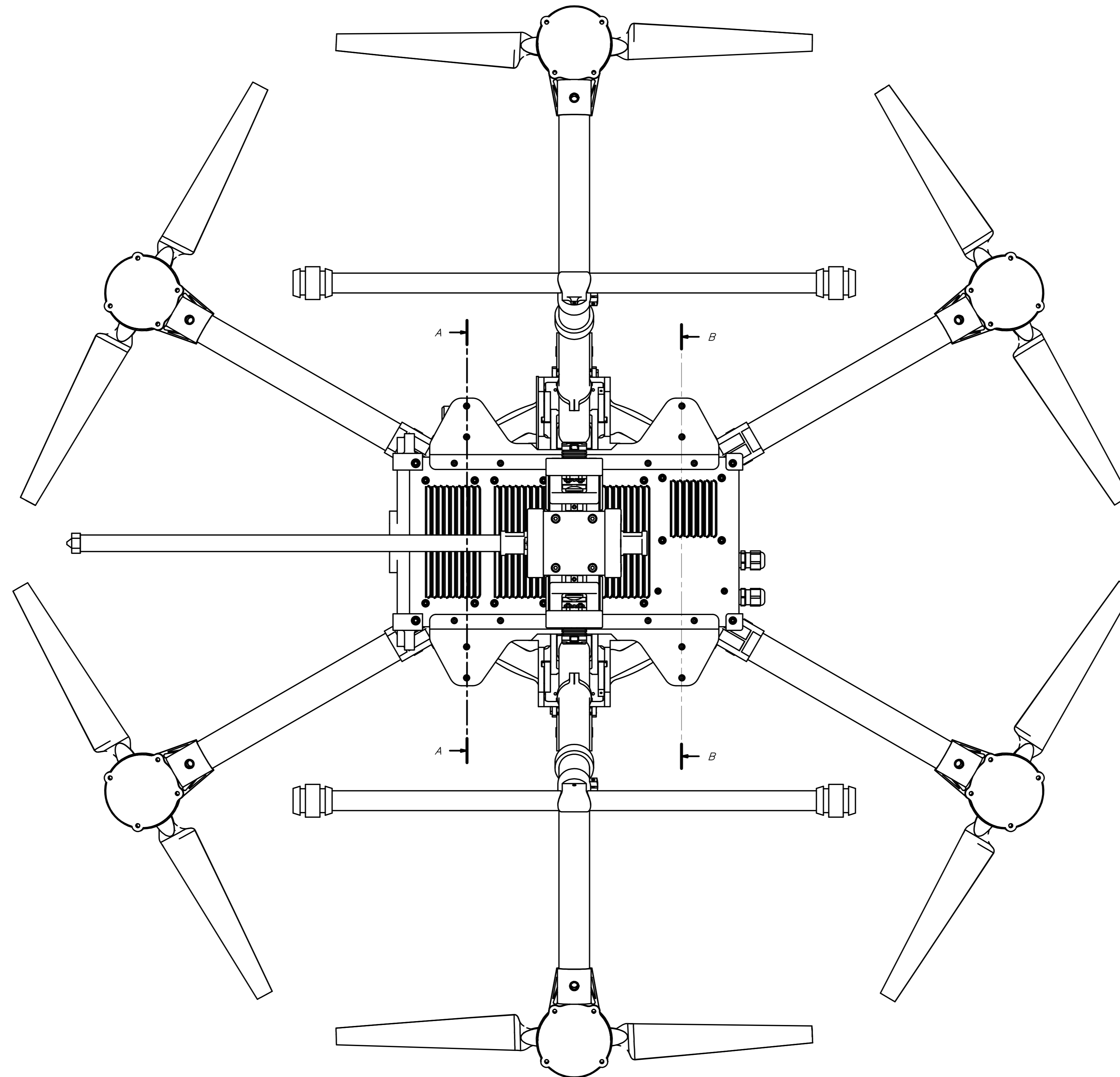




DETALLE C
ESCALA 2 : 1



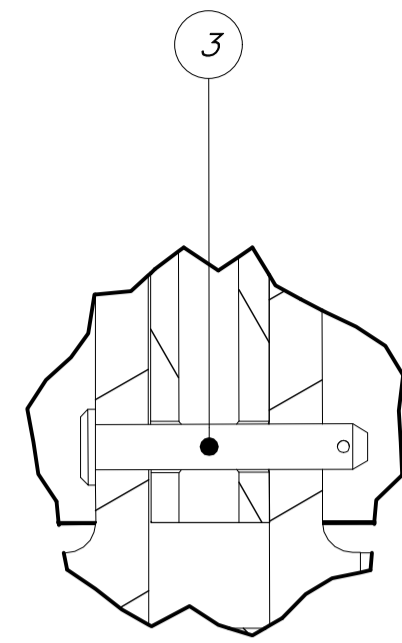
CORTE A-A



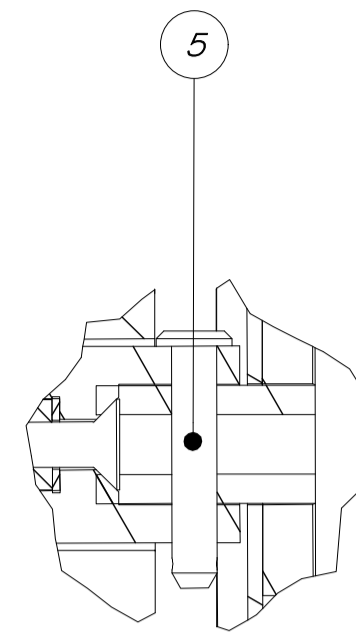
CORTE B-B

PARTS LIST					
5	8	ISO 4035 - M2	ISO 4035	Stainless Steel, 440C	
4	8	ISO 4762 - M2 x 10	ISO 4762	Stainless Steel, 440C	
3	16	ISO 7091 - ST 2 - 100 HV	ISO 7091	Steel	
2	1	MÓDULO DE LIMPIEZA			
1	1	DLI 5800			
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA					
MÉTODO DE PROYECCIÓN				ESCALA	
				1:5	
20163239		LEMA EROS, RAFAEL WILLIAMS		FECHA: 2023.09.27	
				LÁMINA: AO	

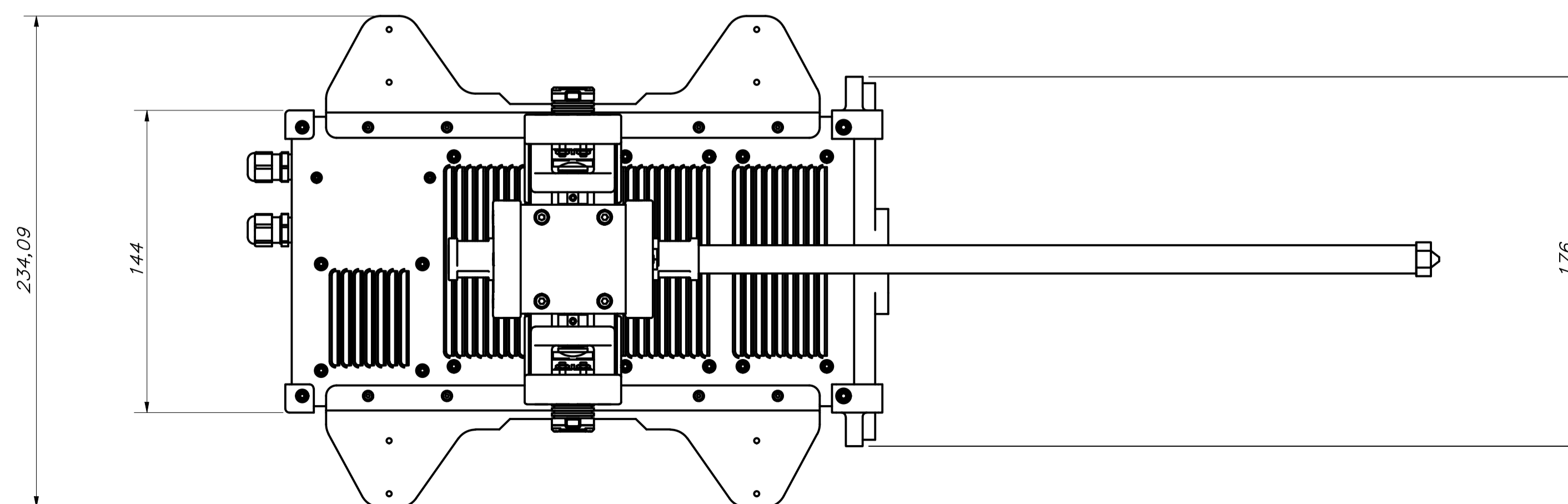
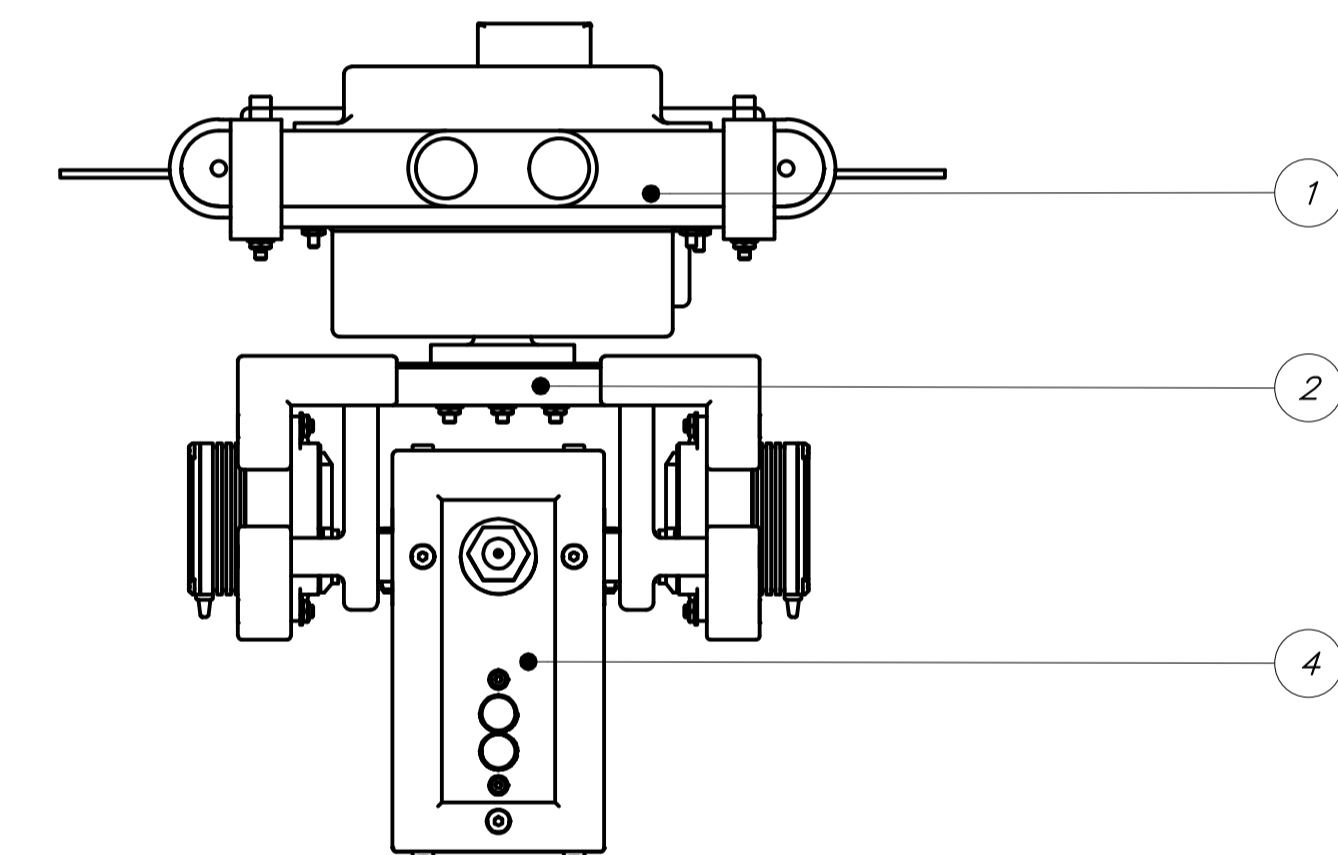
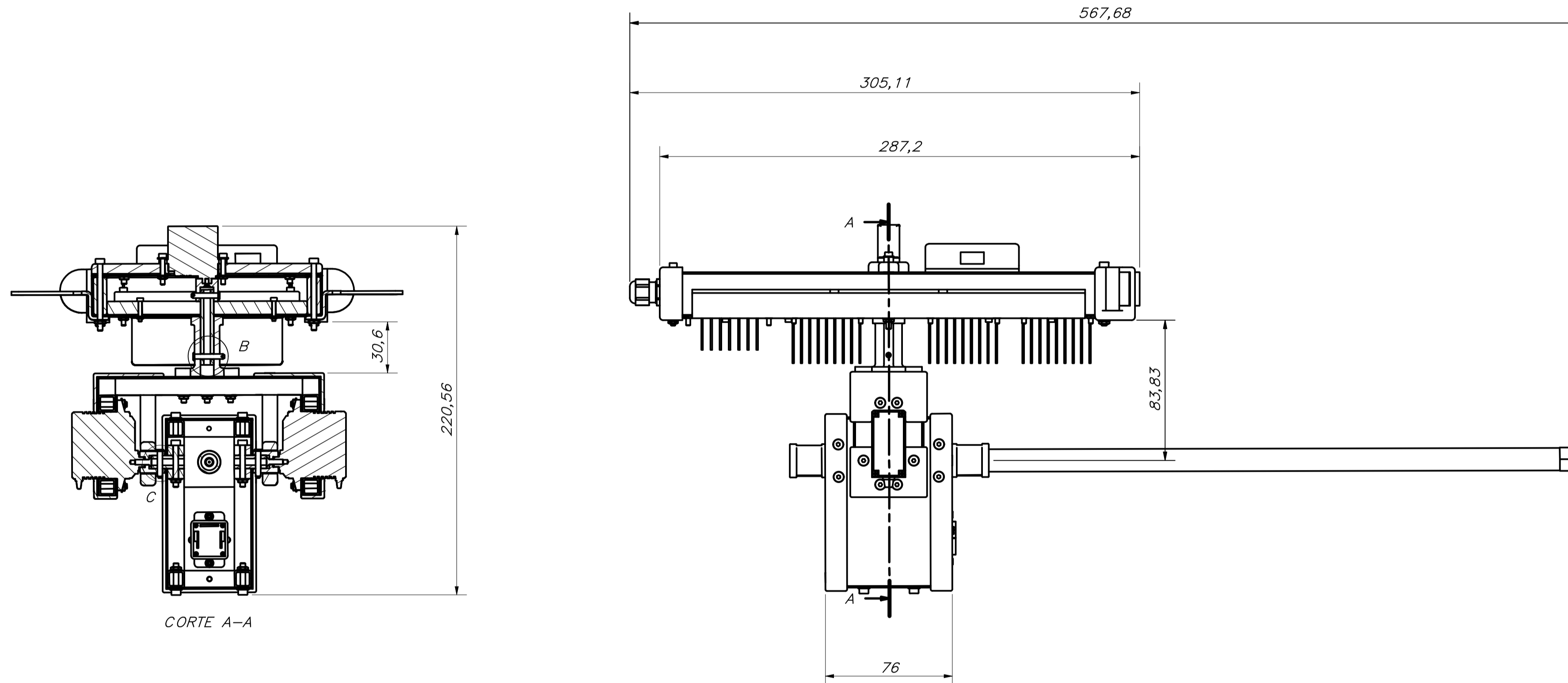
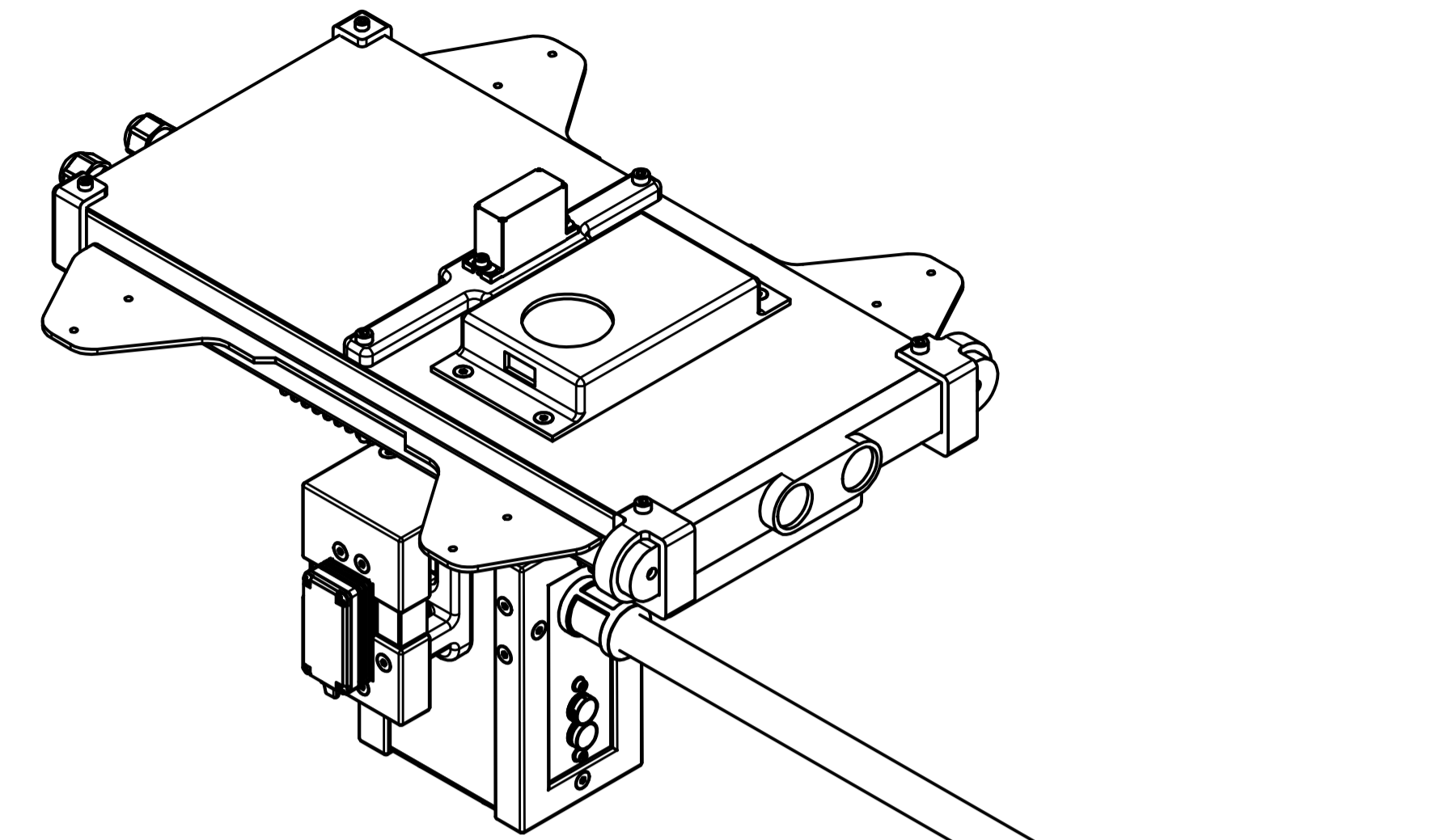
COTA NOMINAL COTA MÁXIMA COTA MÍNIMA



DETALLE B
ESCALA 2 : 1



DETALLE C
ESCALA 2 : 1

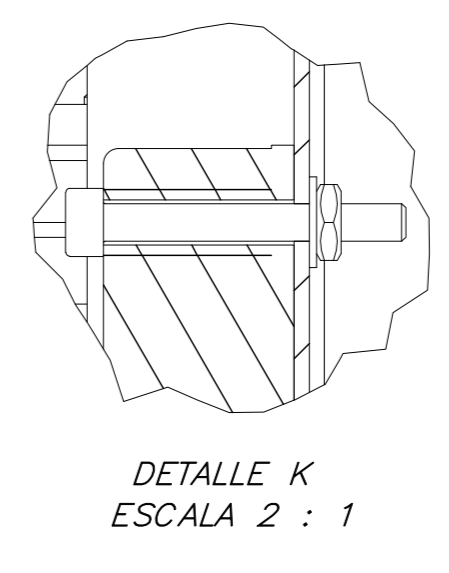
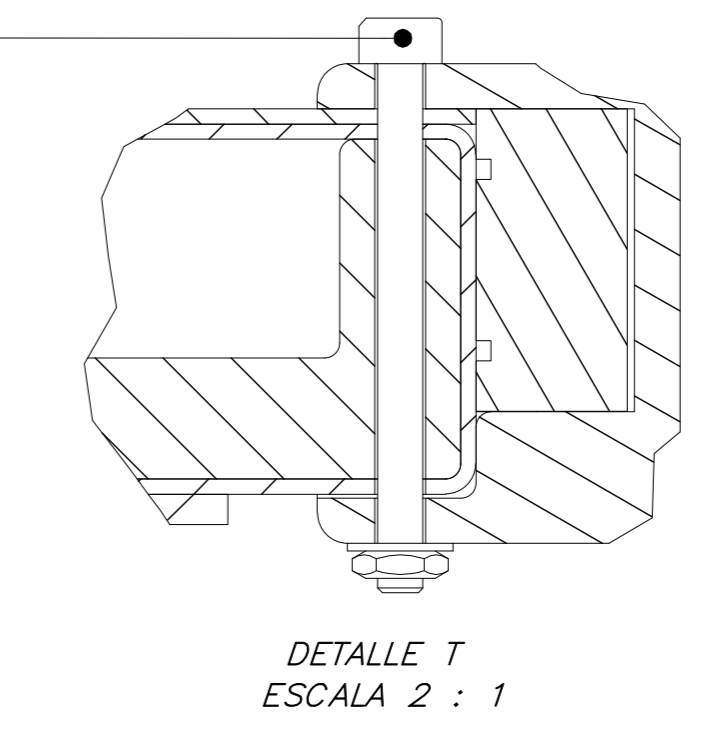
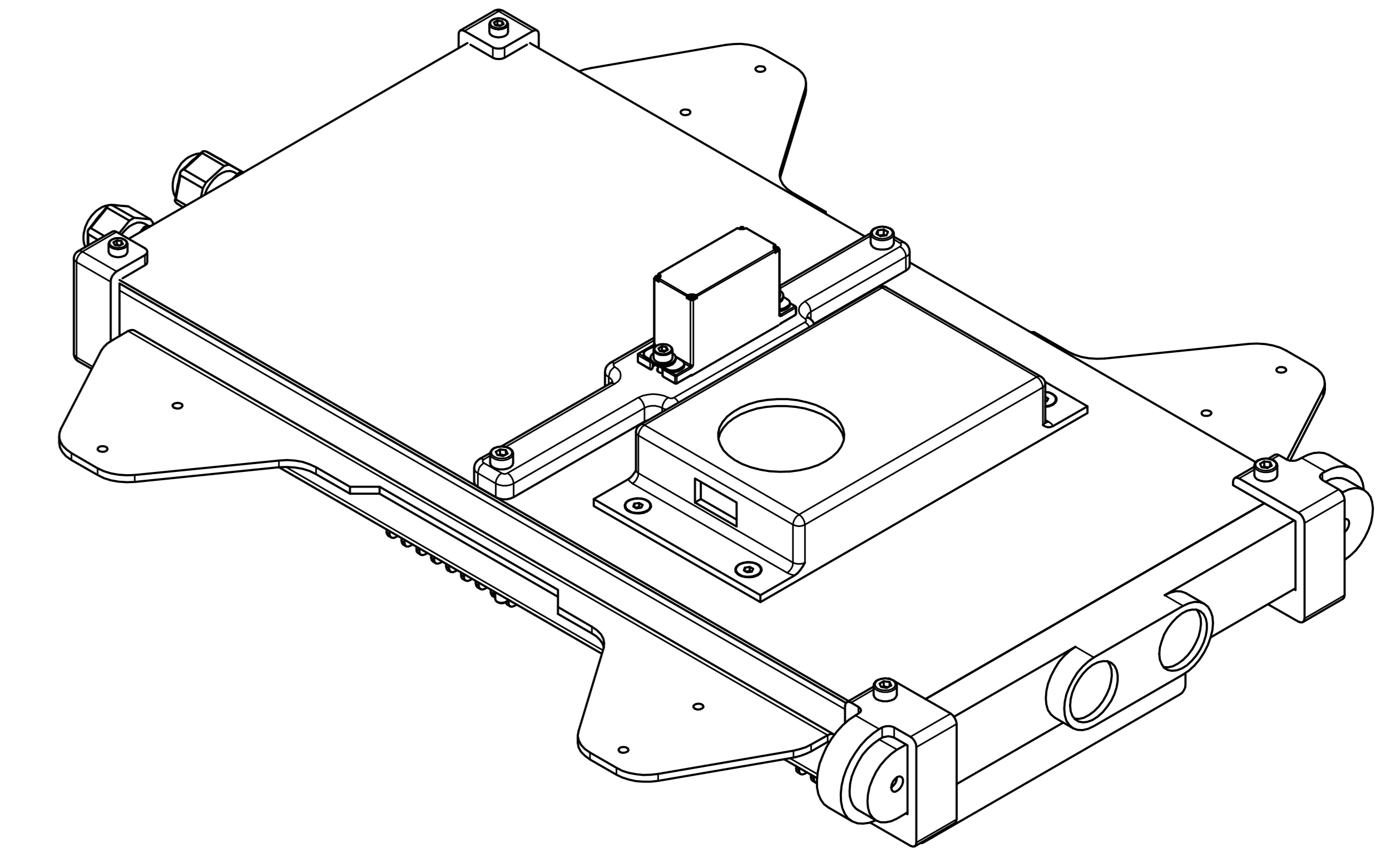
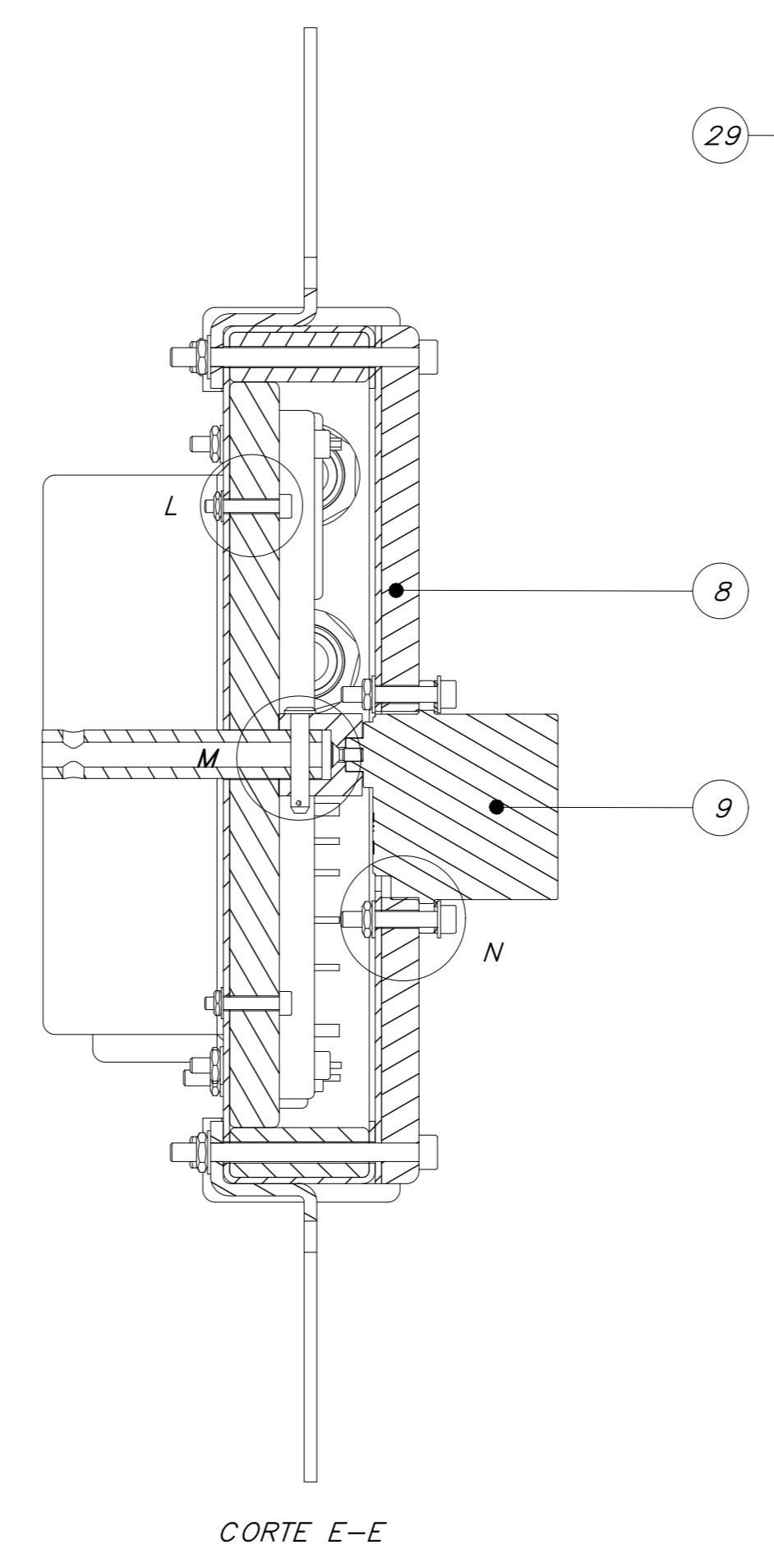
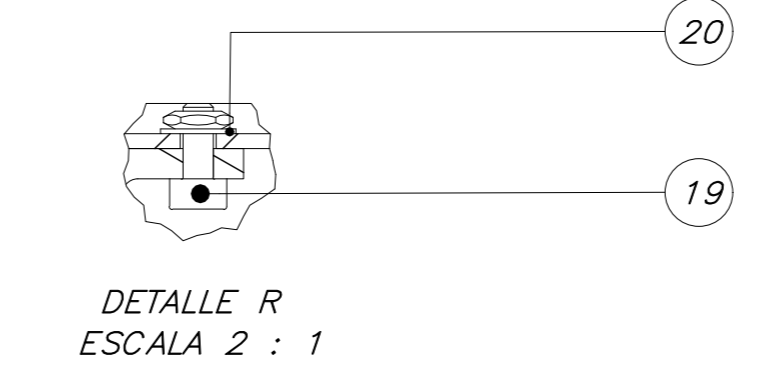
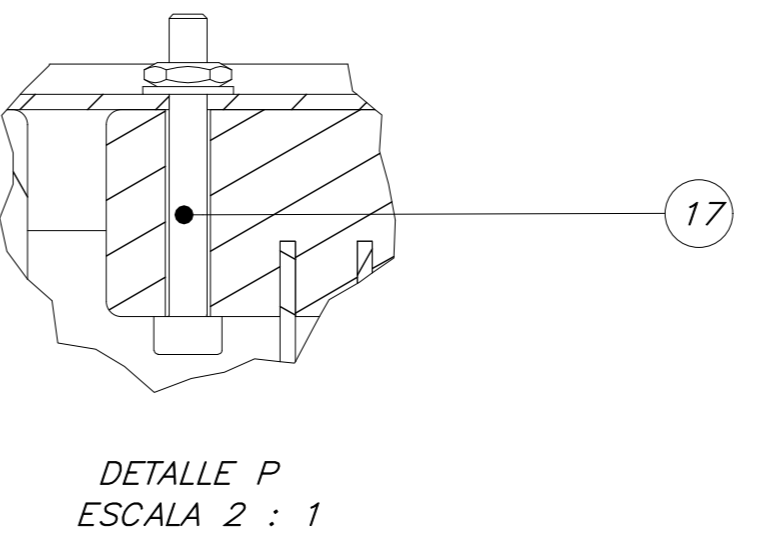
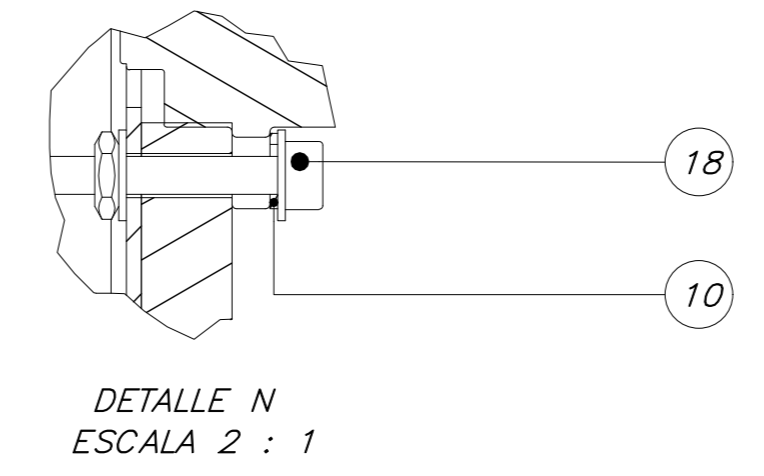
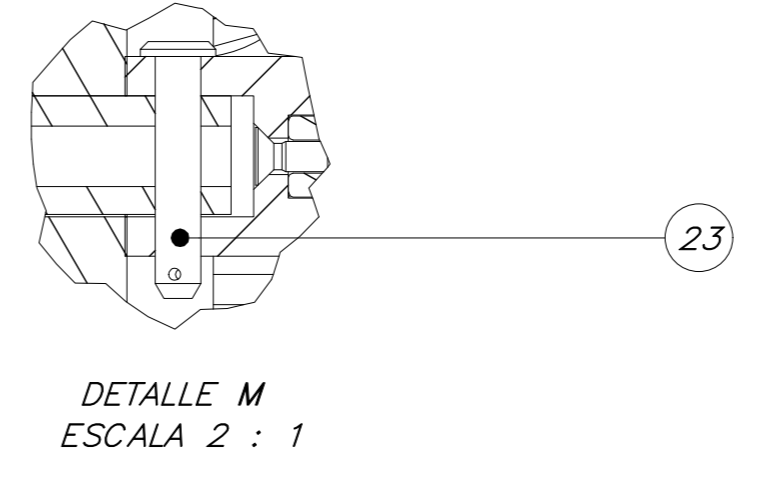
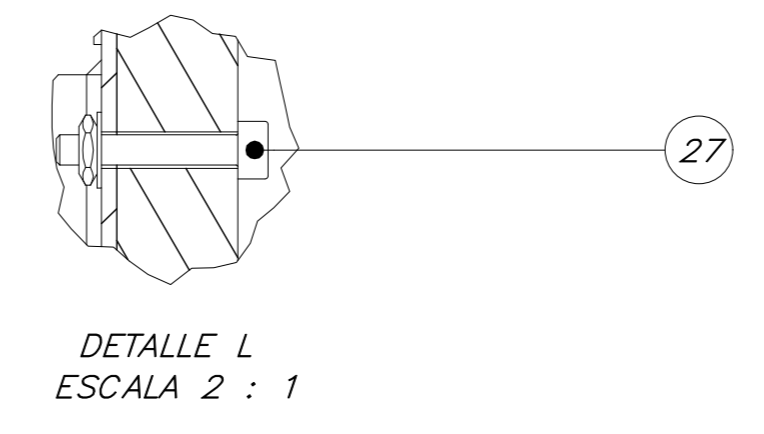
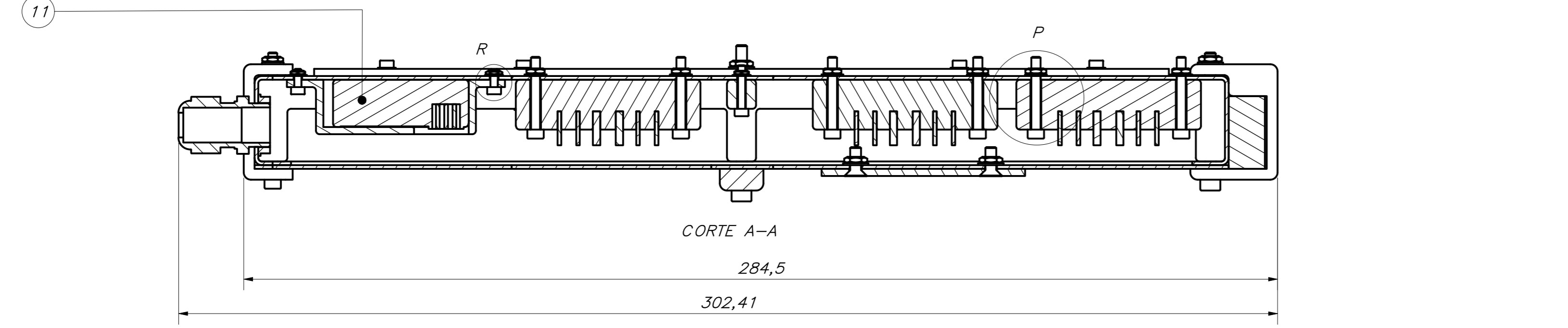
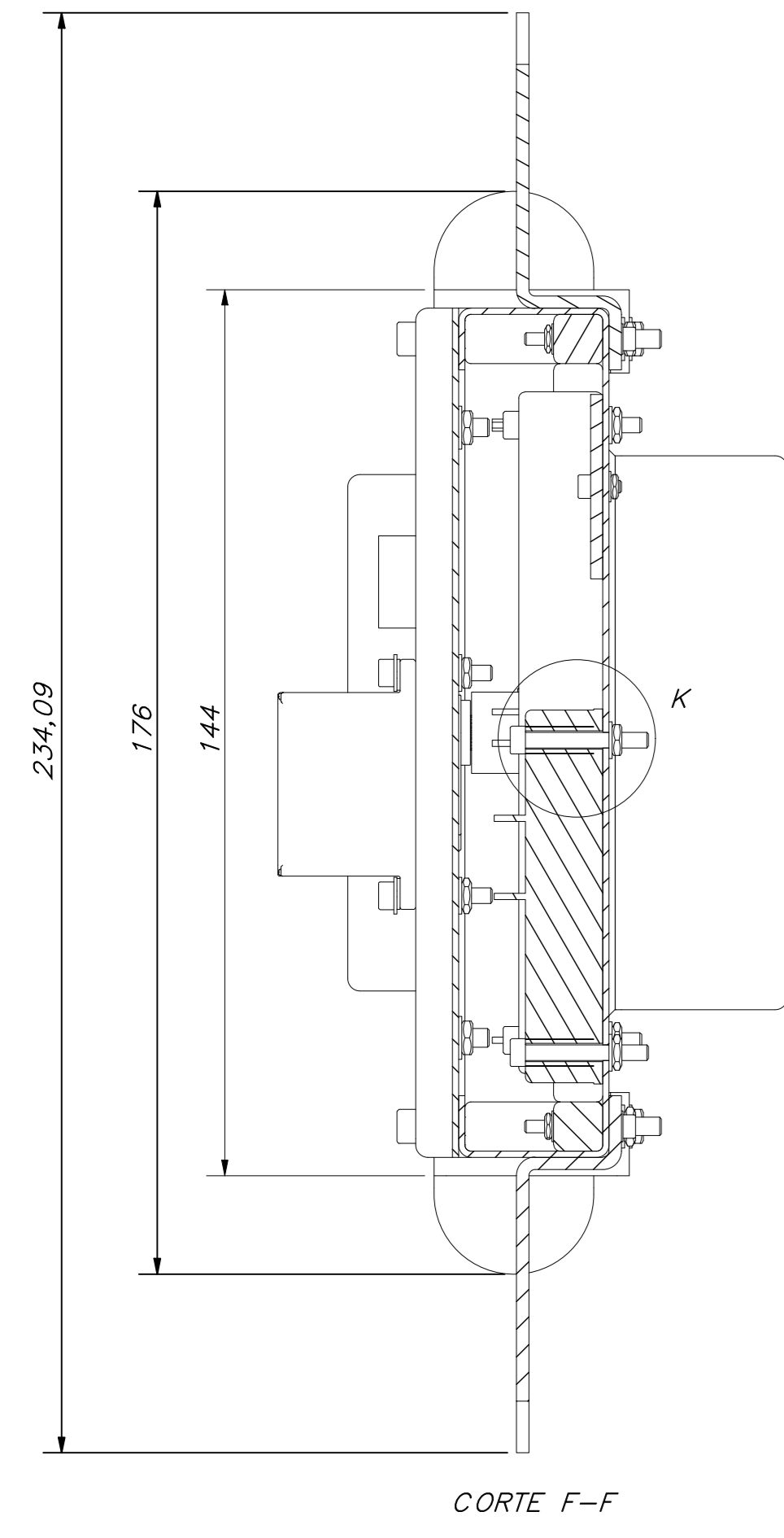
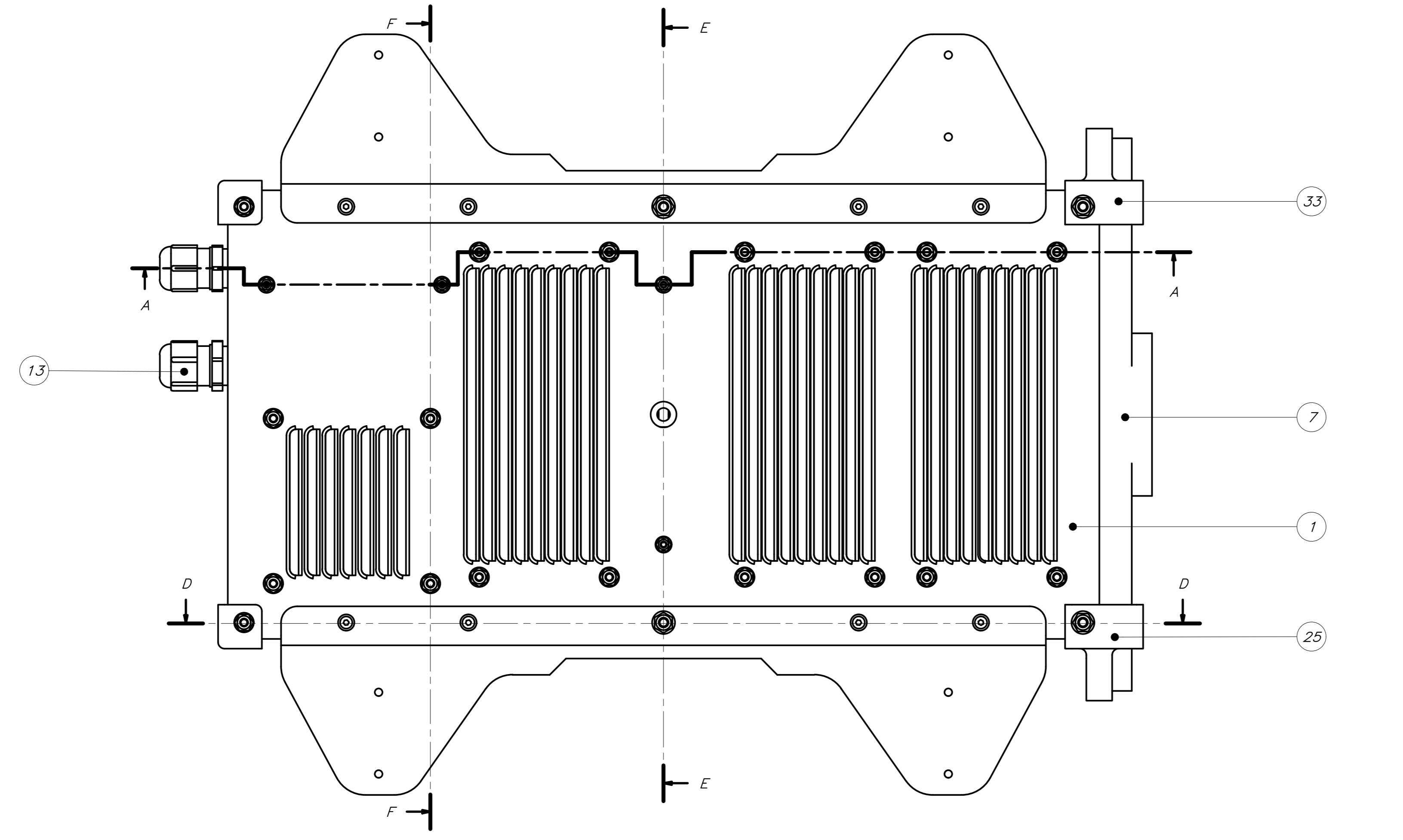
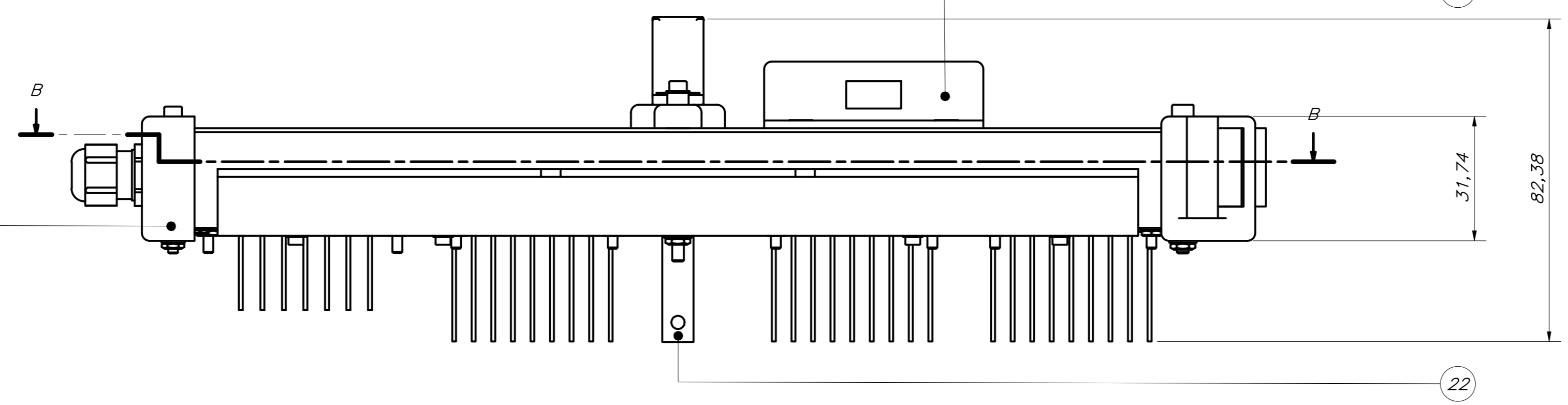
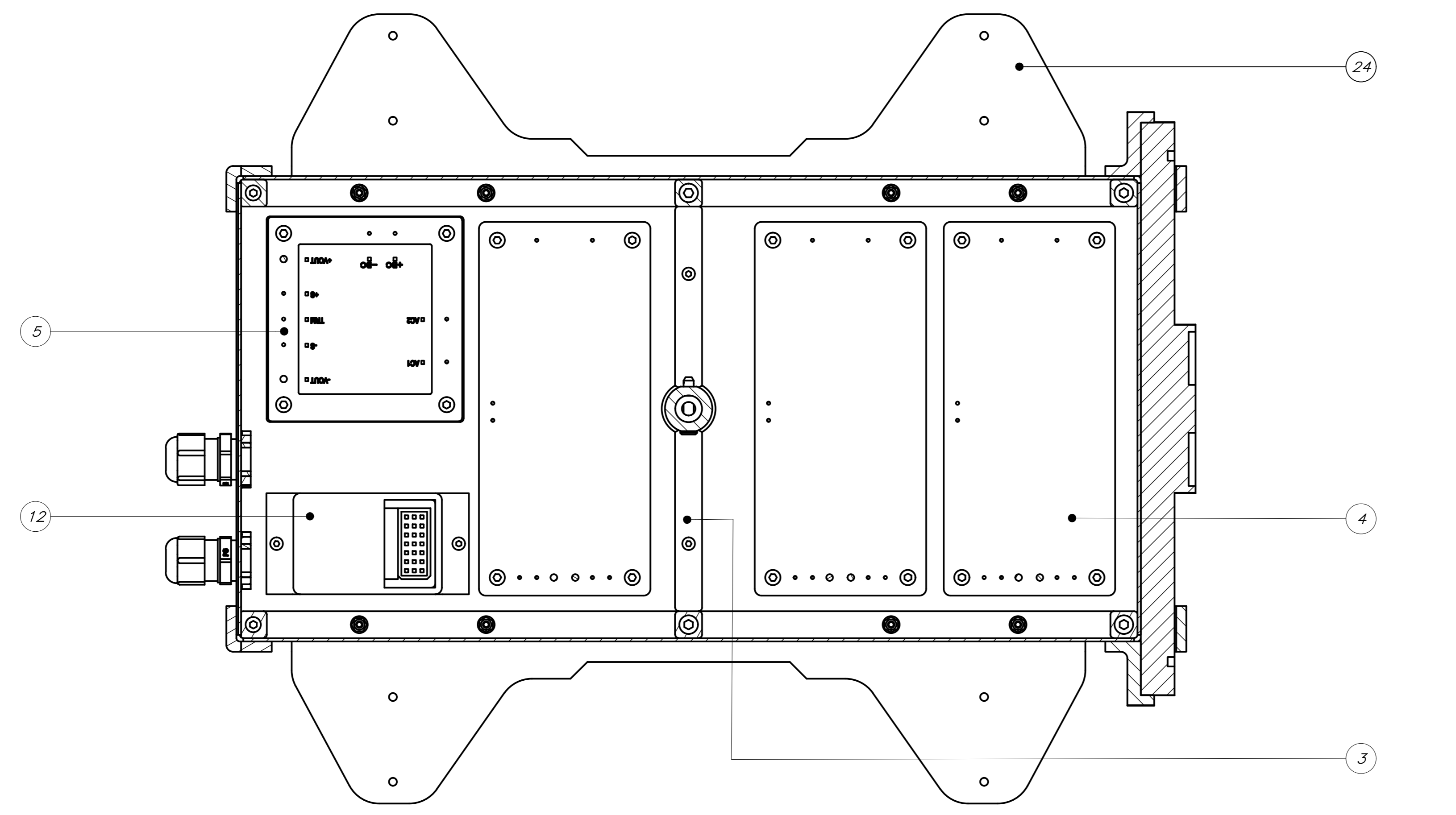
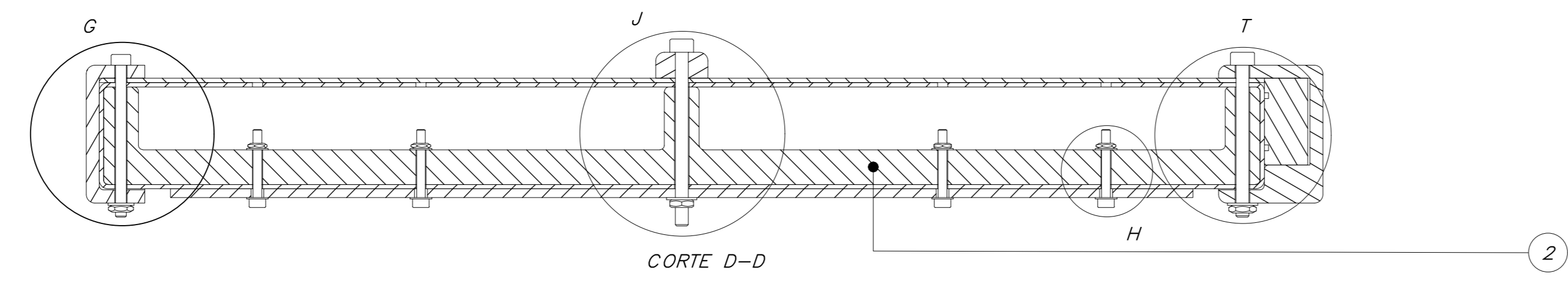
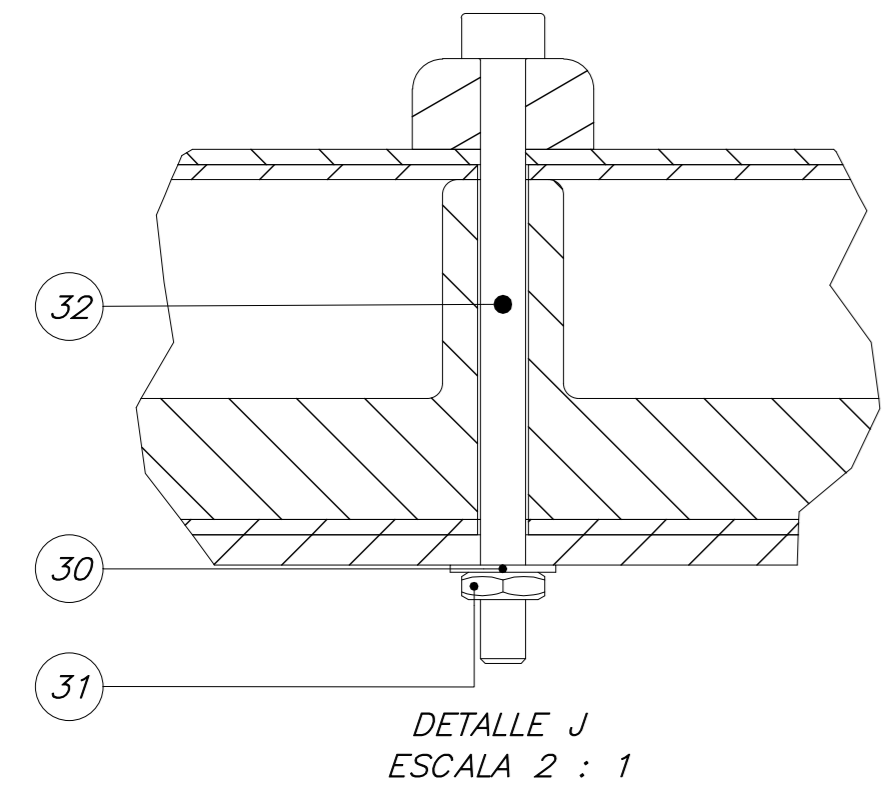
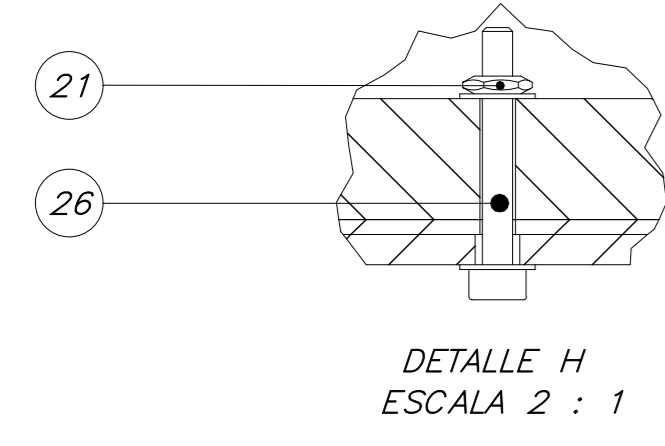
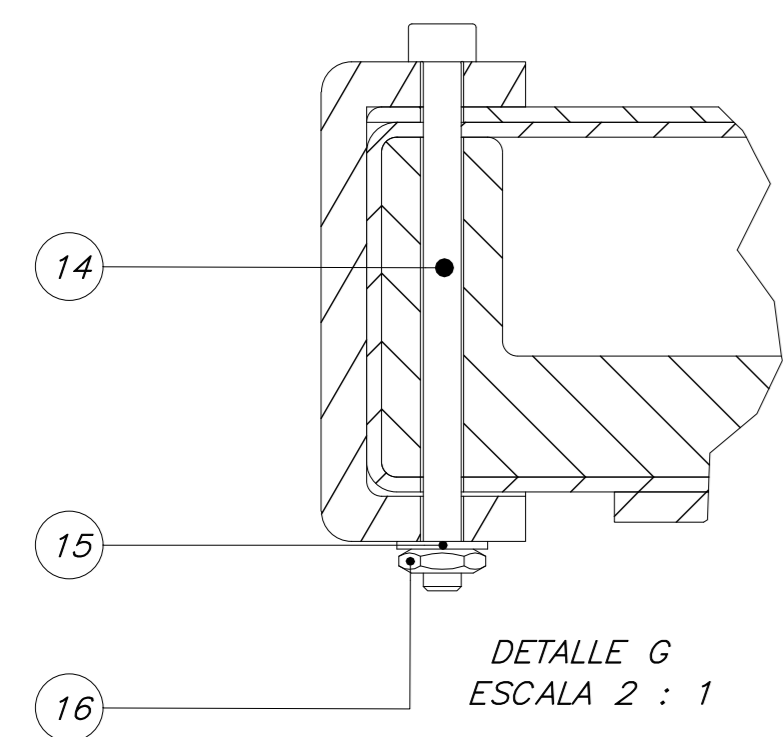


PARTS LIST				
5	2	ISO 2341 - B - 3 x 16	ISO 2341	Steel
4	1	MÓDULO - PARTE INFERIOR		
3	1	ISO 2341 - B - 3 x 18	ISO 2341	Steel
2	1	MÓDULO - PARTE MEDIA		
1	1	MÓDULO - PARTE SUPERIOR		

POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
------	-------	-------------	-------	----------	---------------

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ			CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA	
MÉTODO DE PROYECCIÓN			TRABAJO DE FIN DE CARRERA 2 - 10M4	ESCALA
			MÓDULO DE LIMPIEZA	1:2
20163239			LEMA EROS, RAFAEL WILLIAMS	FECHA: 2023.04.17
			LÁMINA:	A1

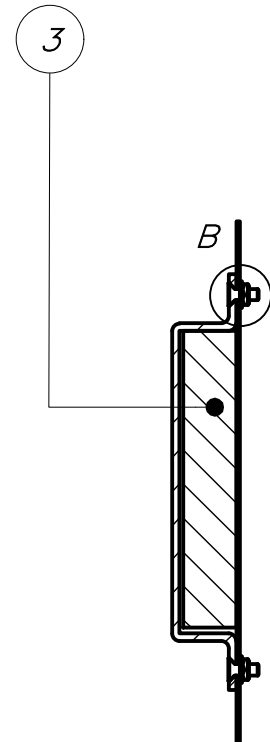
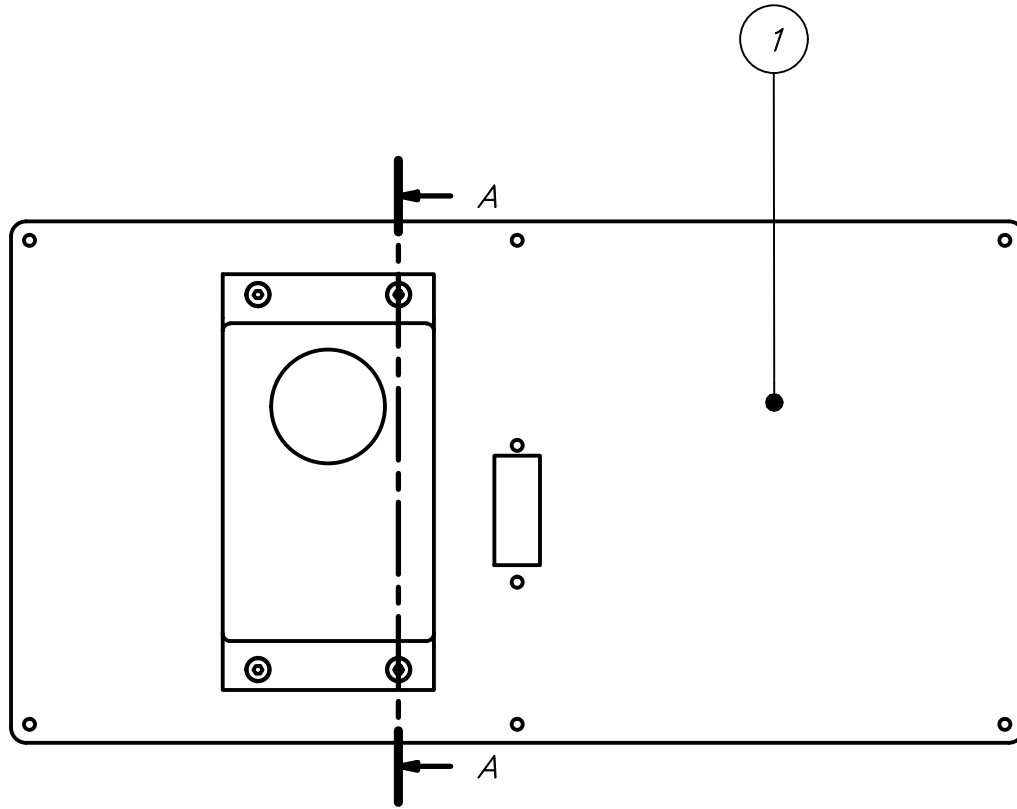
COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA
--------------	-------------	-------------



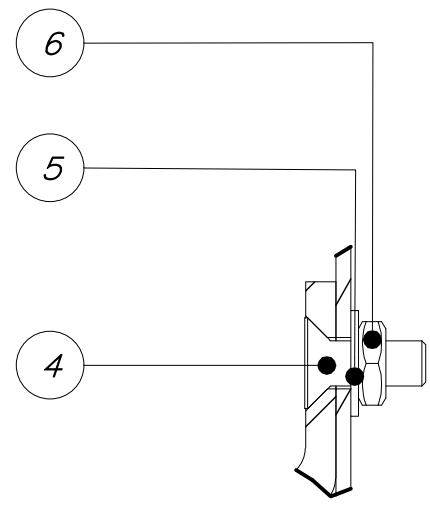
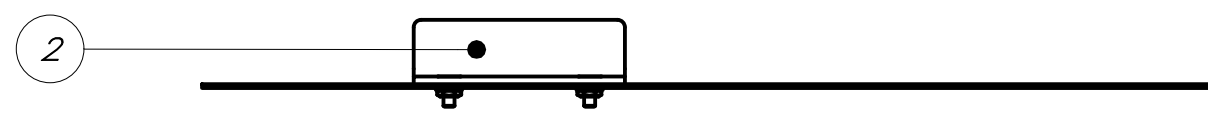
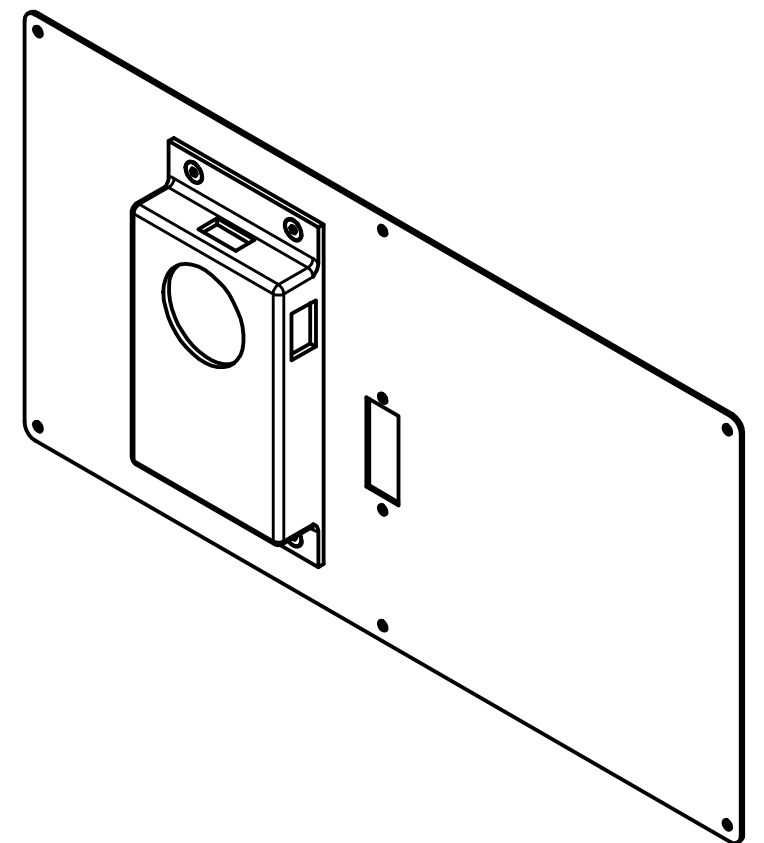
PARTS LIST					
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
33	1	SOPORTE DERECHO DEL GUIDANCE (PS)		Steel, Mild	
32	2	ANSI B18.3.1M - Mx0.5 x 40, F304SS	ANSI B18.3.1M	Steel, Mild	
31	4	ISO 4035 - M3	ISO 4035	Stainless Steel, 440C	
30	4	ISO 7091 - ST 3 - 100 HV	ISO 7091	Steel	
29	2	ANSI B18.3.1M - Mx0.5 x 35, F304SS	ANSI B18.3.1M	Steel, Mild	
28	1	TAPA Y PROCESADOR GUIDANCE (PS)		Steel, Mild	
27	2	ANSI B18.3.1M - Mx0.4 x 12, F304SS	ANSI B18.3.1M	Steel, Mild	
26	8	ANSI B18.3.1M - Mx0.4 x 16, F304SS	ANSI B18.3.1M	Steel, Mild	
25	1	SOPORTE IZQUIERDO DEL GUIDANCE (PS)		ABS Plastic	
24	2	CONECTOR DEL MÓDULO AL DRAIN (PS)		Aluminum 6061	
23	1	ISO 2341 - B - 3 x 16	ISO 2341	Steel	
22	1	TUBO DE TRANSMISIÓN		CFRP	
21	12	ISO 4035 - M2	ISO 4035	Stainless Steel, 440C	
20	20	ISO 7091 - ST 2 - 100 HV	ISO 7091	Steel	
19	2	ISO 4762 - M2 x 5	ISO 4762	Stainless Steel, 440C	
18	2	ISO 4762 - M2.5 x 16	ISO 4762	Stainless Steel, 440C	
17	16	ISO 4762 - M2.5 x 20	ISO 4762	Stainless Steel, 440C	
16	20	ISO 4035 - M2.5	ISO 4035	Stainless Steel, 440C	
15	22	ISO 7091 - ST 2.5 - 100 HV	ISO 7091	Steel	
14	2	ANSI B18.3.1M - M2.5x0.45 x 35, F304SS	ANSI B18.3.1M	Steel, Mild	
13	2	PRESAESTOPA P07		Generic	
12	1	SOPORTE DEL RADIORECEPTOR (PS)		ABS Plastic	
11	1	RADIORECEPTOR MRB		Generic	
10	2	ARANDELA SUECIÓN DEL SERVO (PS)		Aluminum 6061	
9	1	SERVO CON CONECTOR PLÁSTICO (PS)			
8	1	SOPORTE DEL SERVO (PS)		ABS Plastic	
7	1	SENSOR GUIDANCE			
6	2	BORNER POSTERIOR (PS)		ABS Plastic	
5	1	FUENTE TUNSTOD			
4	3	FUENTE PAC524021			
3	1	SOPORTE DEL TUBO DE TRANSMISIÓN (PS)		ABS Plastic	
2	2	ESTRUCTURA LATERAL (PS)		ABS Plastic	
1	1	CARCASA Y ALETAS DE DISPONCIÓN (PS)		Welded Aluminum-6061	

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
METODO DE PROYECCIÓN	TRABAJO DE FIN DE CARRERA 2 - TOMA	ESCALA
	MÓDULO - PARTE SUPERIOR	1:1
20163239	LEMA EROS RAFAEL WILLIAMS	FECHA: 2023.04.17
		LÁMINA: AO

COTA NOMINAL COTA MÁXIMA COTA MÍNIMA



CORTE A-A

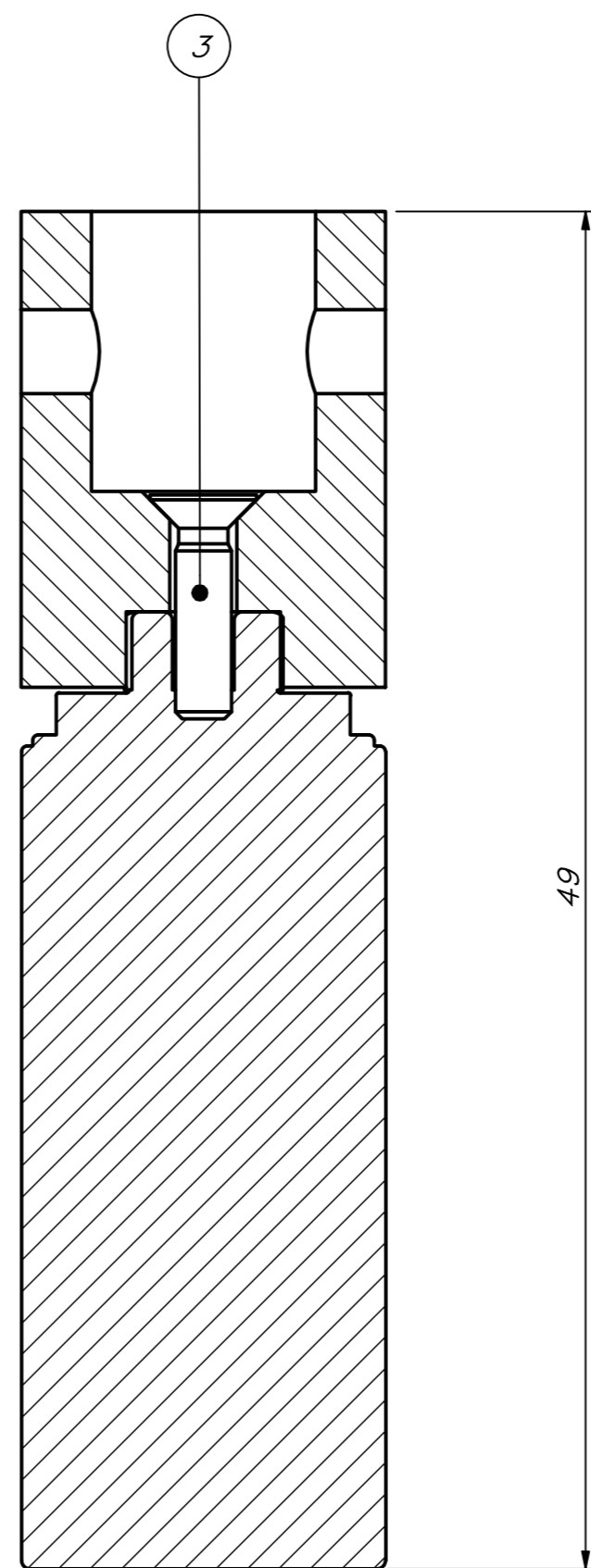
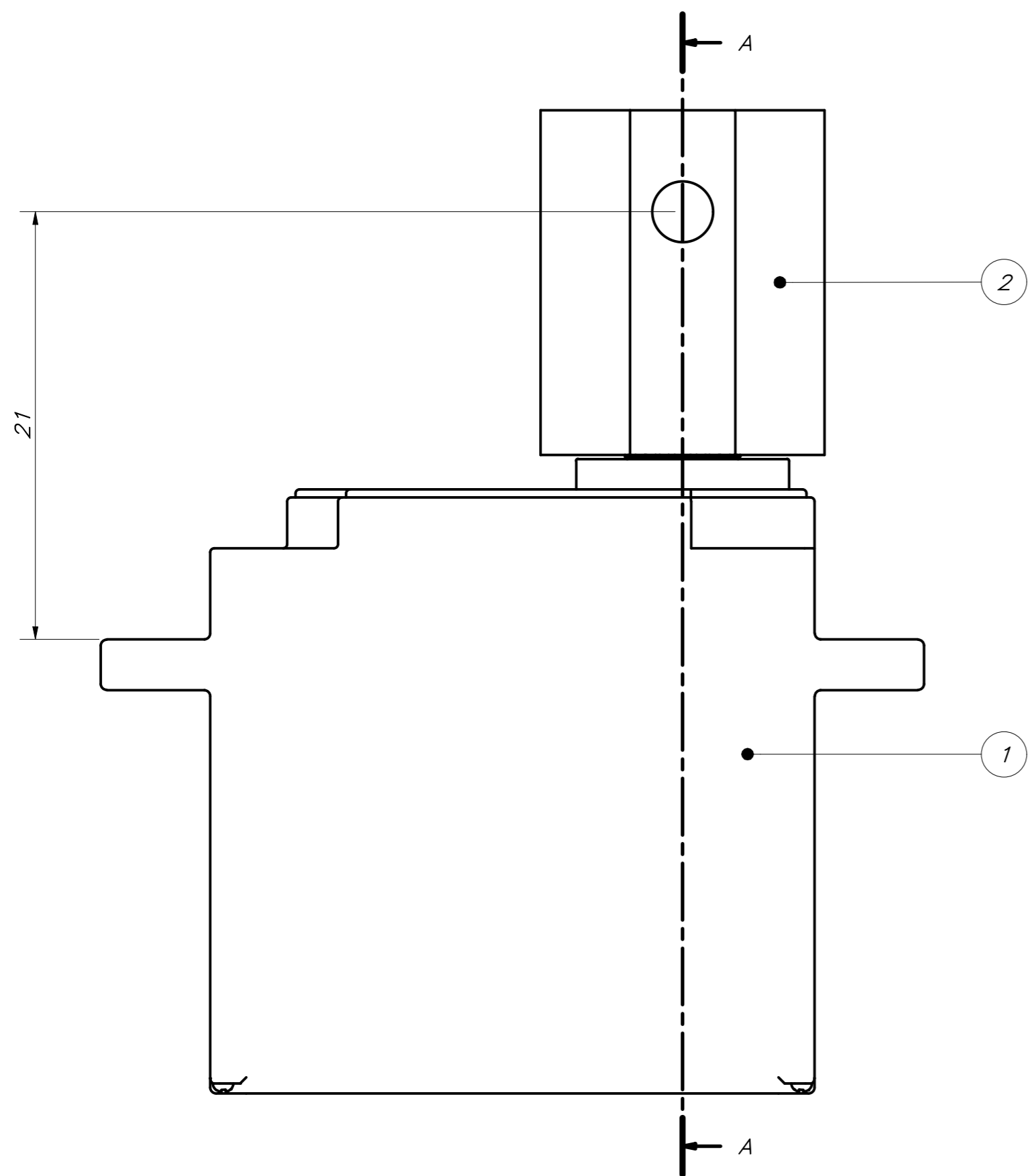
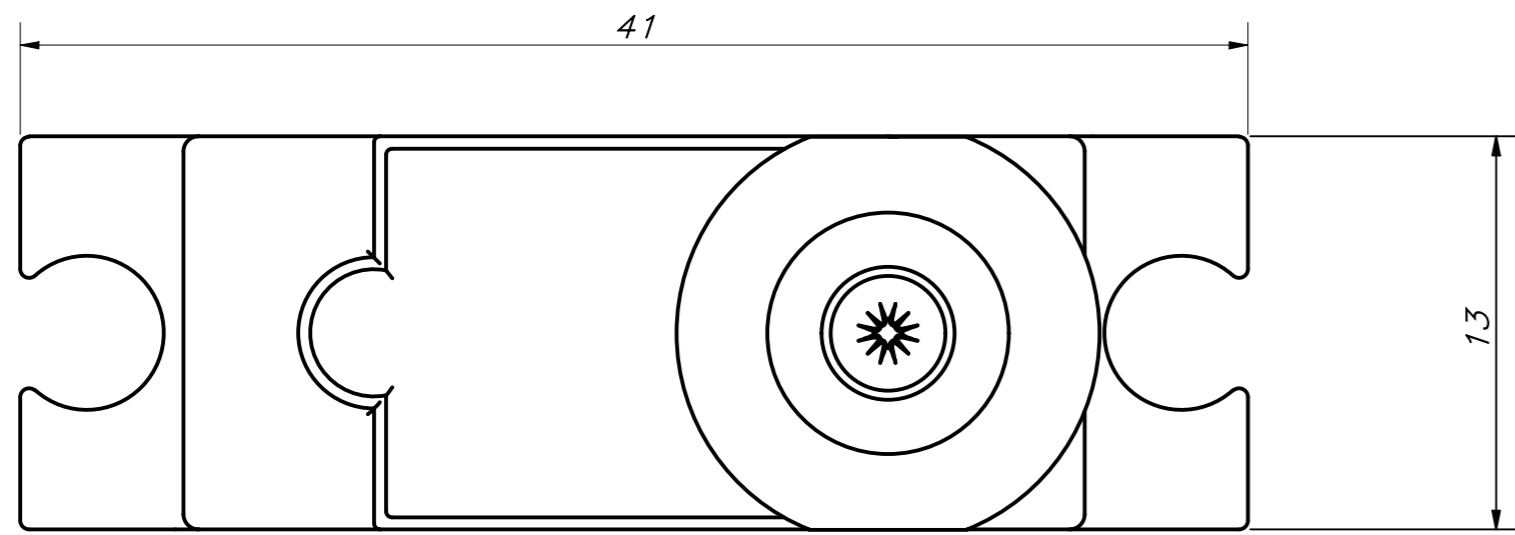


DETALLE B
ESCALA 2 : 1

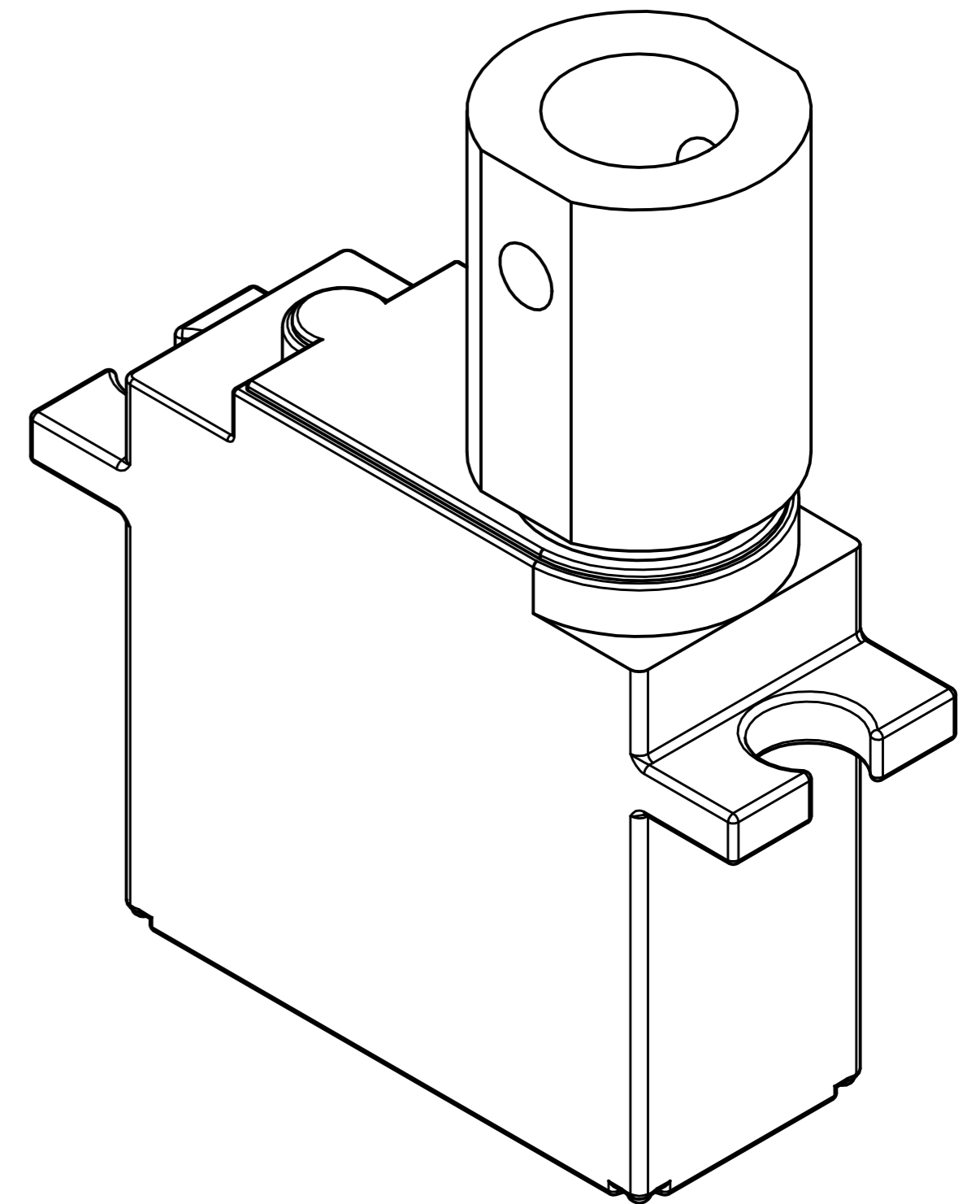
PARTS LIST					
6	4	ISO 4035 - M3	ISO 4035	Stainless Steel, 440C	
5	4	ISO 7091 - ST 3 - 100 HV	ISO 7091	Steel	
4	4	ISO 10642 - M3x8	ISO 10642	Steel, Mild	
3	1	PROCESADOR CENTRAL DEL GUIDANCE			
2	1	SOPORTE PROCESADOR GUIDANCE (PS)		ABS Plastic	
1	1	TAPA DE LA CARCASA (PS)		CFRP	
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	TRABAJO DE FIN DE CARRERA 2 - 10M4 TAPA Y PROCESADOR GUIDANCE (PS)	ESCALA 1:2
20163239	LEMA EROS, RAFAEL WILLIAMS	FECHA: 2023.04.16
		LÁMINA: A3

COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA
--------------	-------------	-------------

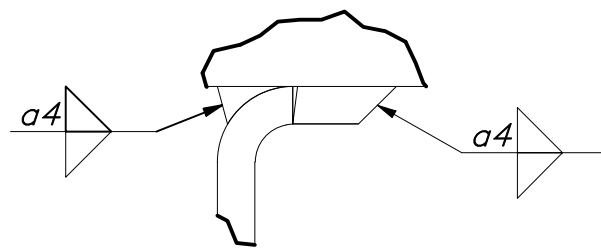
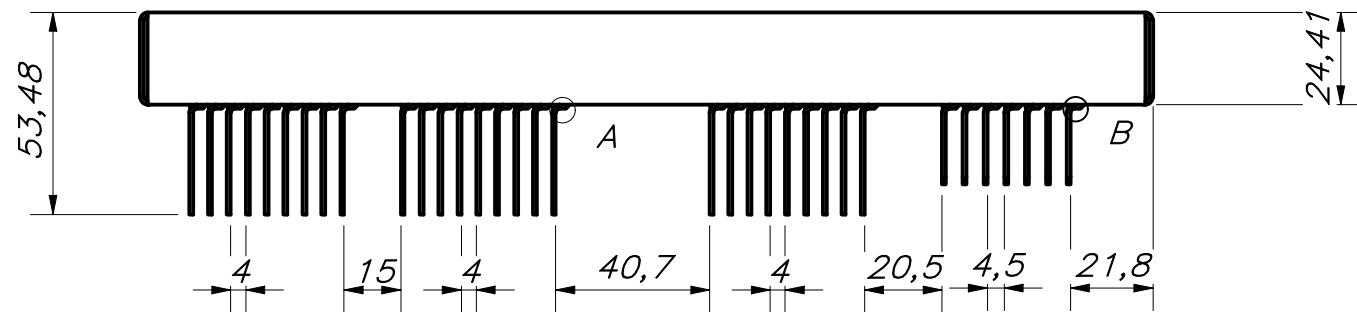
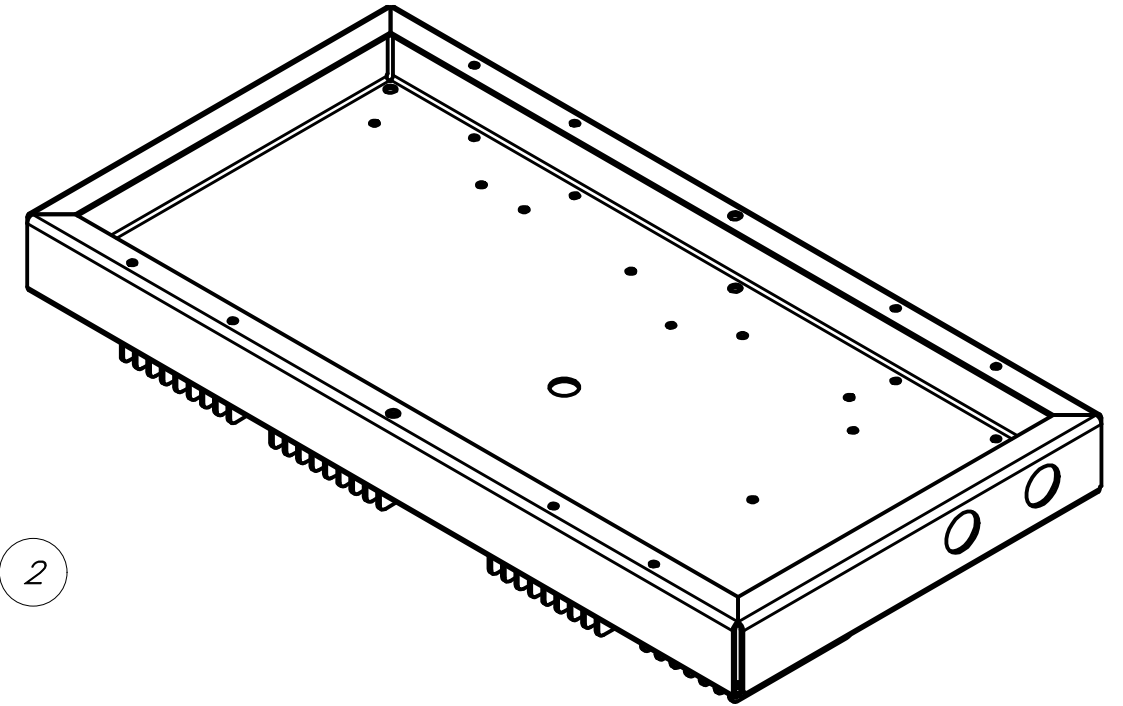
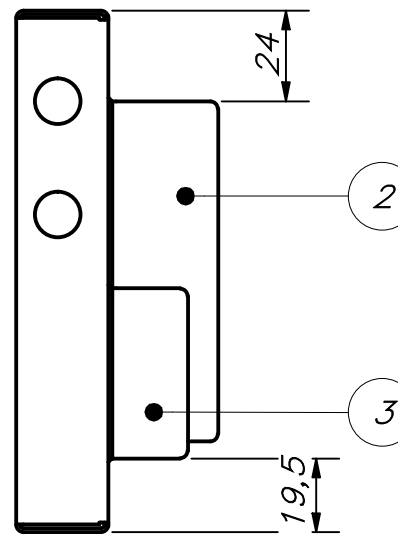
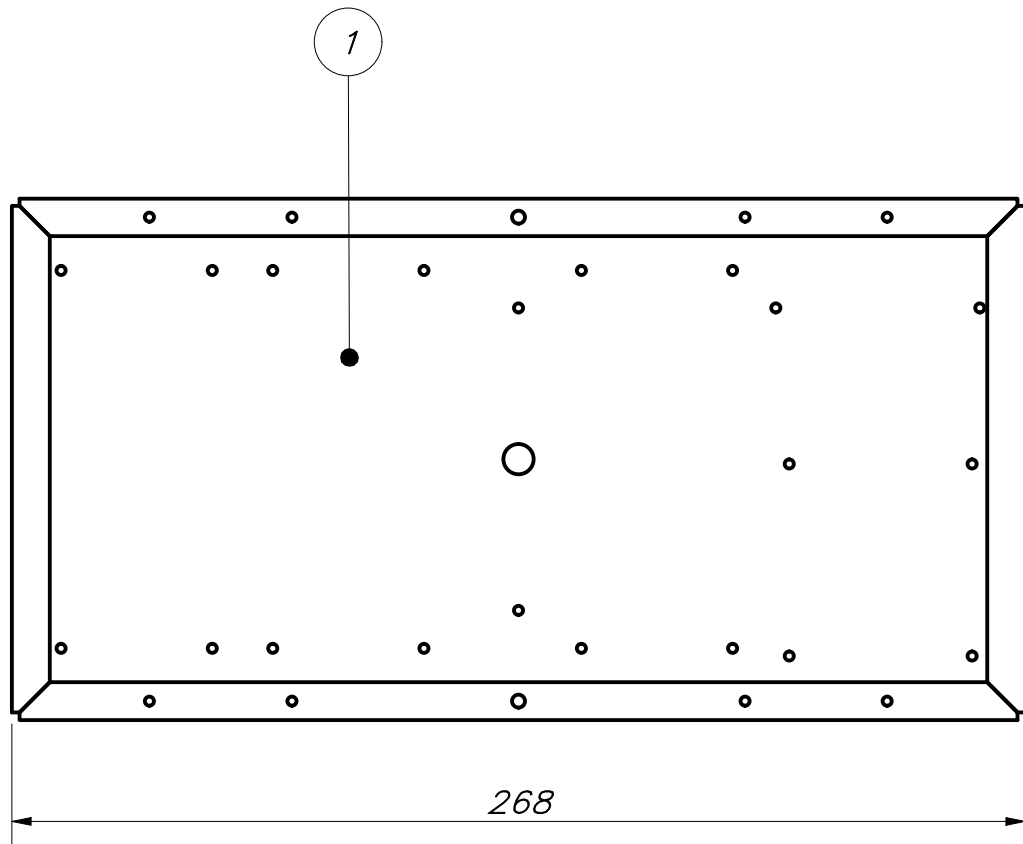


CORTE A-A

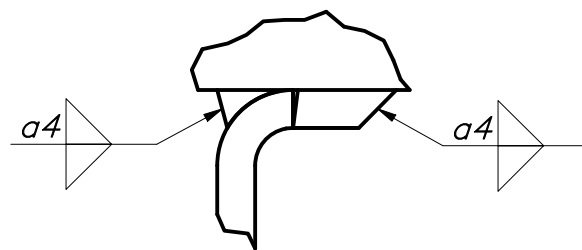


PARTS LIST					
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
3	1	ISO 7046-1 - M2 x 8 - 4.8 - Z	ISO 7046-1	Steel, Mild	
2	1	CONECTOR PLÁSTICO DEL SERVO (PS)		ABS Plastic	
1	1	Servo D85MG			
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CINCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA					
MÉTODO DE PROYECCIÓN		TRABAJO DE FIN DE CARRERA 2 - 10M4		ESCALA	
		SERVO CON CONECTOR PLÁSTICO (PS)		1:4	
20163239		LEMA EROS, RAFAEL WILLIAMS		FECHA: 2020.12.04	
				LÁMINA: A2	

COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA



DETALLE A
ESCALA 5 : 1



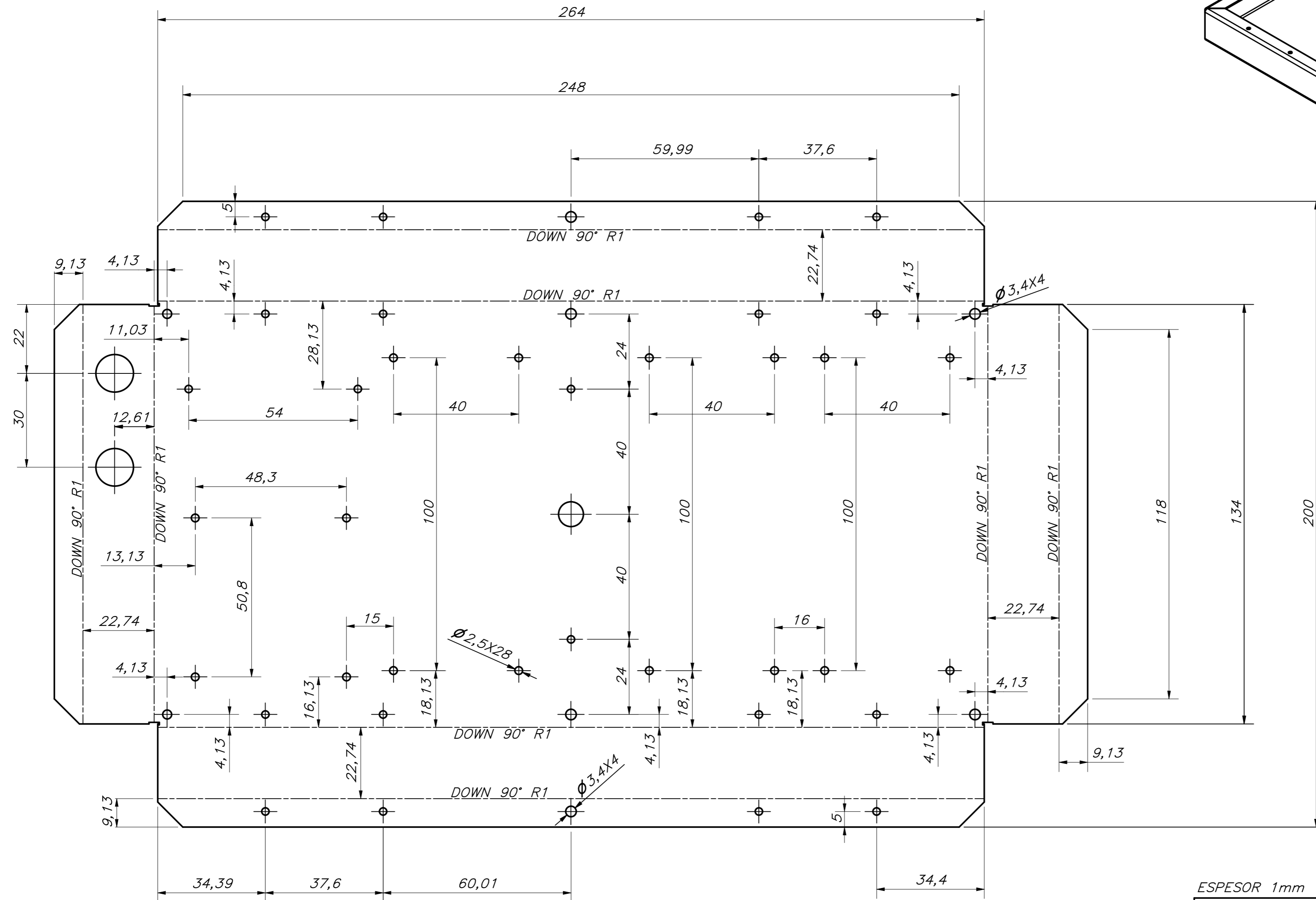
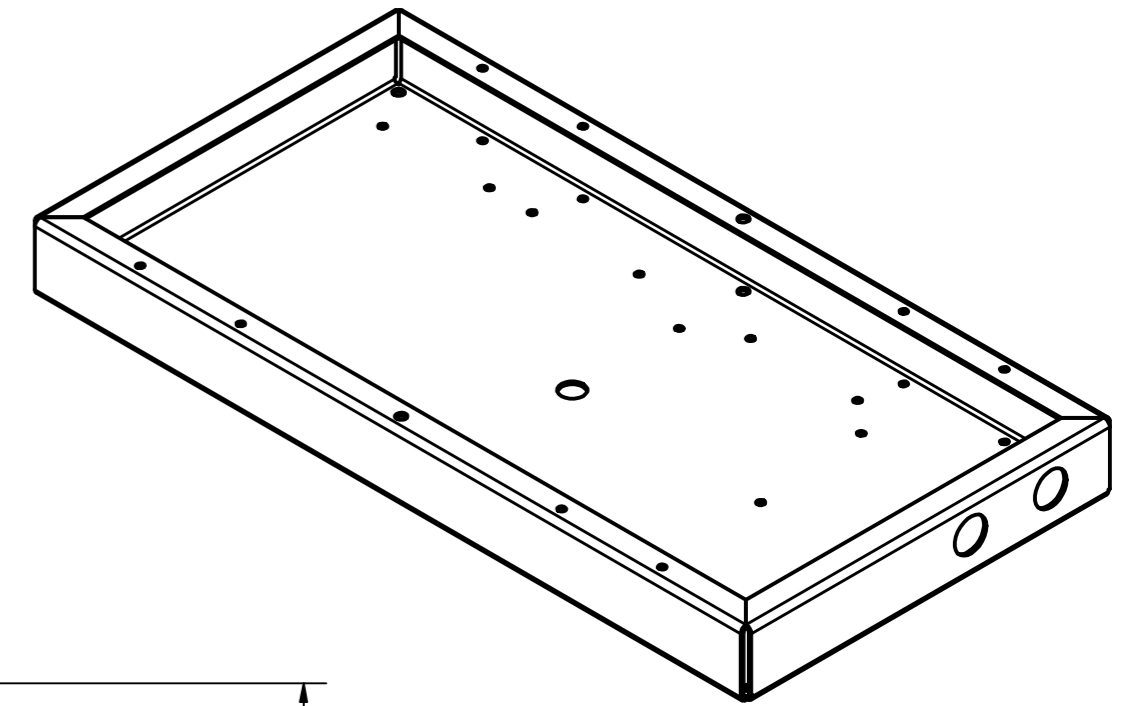
DETALLE B
ESCALA 5 : 1

PARTS LIST					
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
3	7	ALETA PARA LA FUENTE DE 5V (PS)		Aluminum 6061	
2	27	ALETA PARA LAS FUENTES DE 24V (PS)		Aluminum 6061	
1	1	CARCASA (PS)		Aluminum 6061	

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA

MÉTODO DE PROYECCIÓN	TRABAJO DE FIN DE CARRERA 2 – 10M4	ESCALA
	CARCASA Y ALETAS DE DISIPACIÓN (PS)	1:2
20163239	LEMA EROS RAFAEL WILLIAMS	FECHA: 2023.05.16
		LÁMINA: A3

COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA
--------------	-------------	-------------



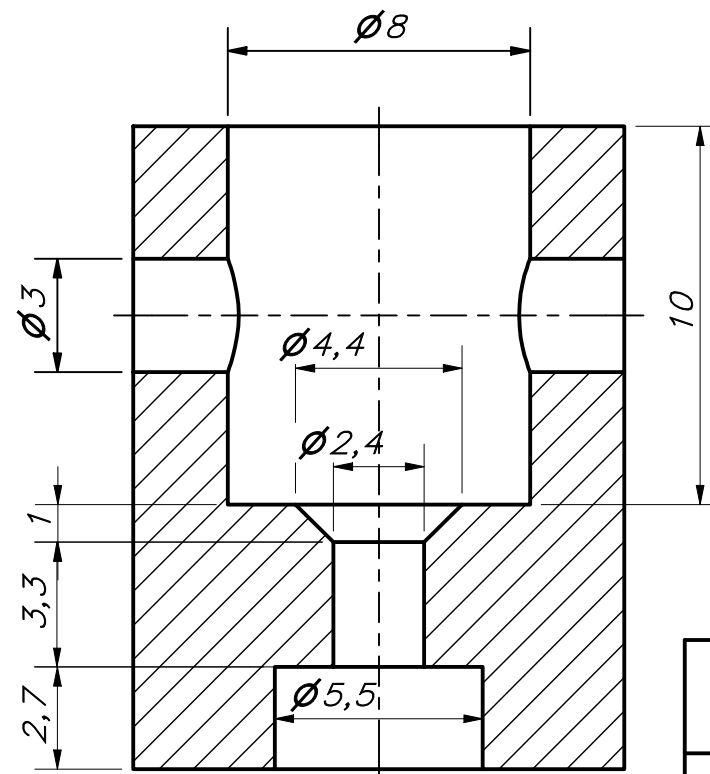
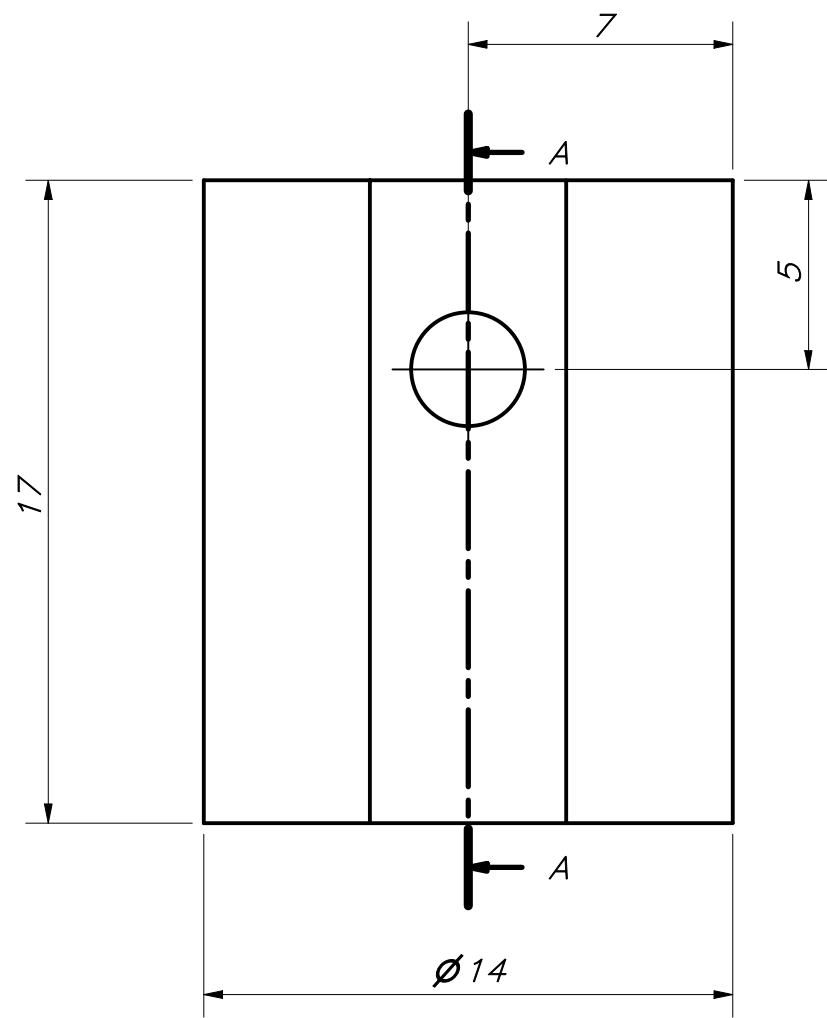
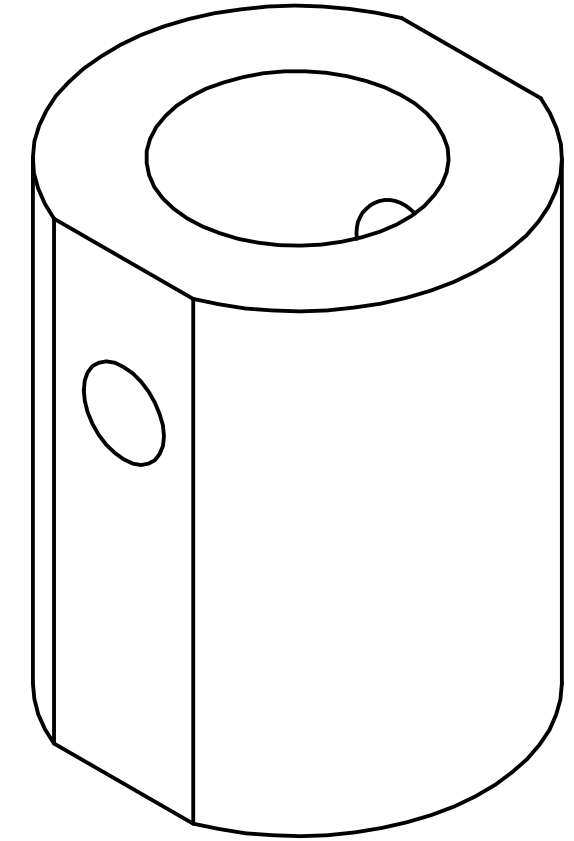
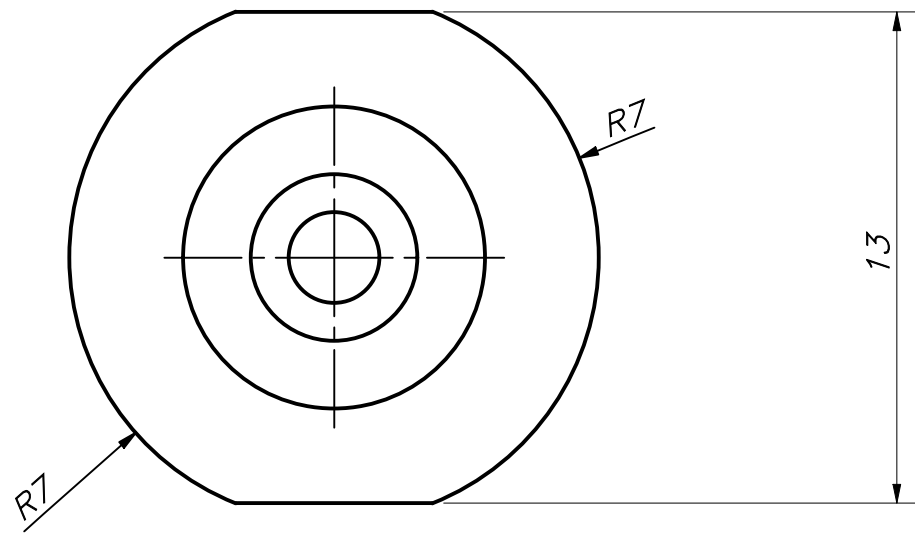
ESPESOR 1mm

ACABADO SUPERFICIAL 1.5/	TOLERANCIA GENERAL DIN 2768	MATERIAL ALUMINIO 6061
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	TRABAJO DE FIN DE CARRERA 2 – 10M4	ESCALA 1:1
20163239	LEMA EROS, RAFAEL WILLIAMS	FECHA: 2023.03.28
		LÁMINA: A2

TOLERANCIAS DIMENSIONALES
SEGÚN DIN ISO 2768-1

GRADO DE EXACTITUD	Más de 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	Más de 120 hasta 400	Más de 400 hasta 1000	Más de 1000 hasta 2000
FINO	±0,05	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,3	±0,5

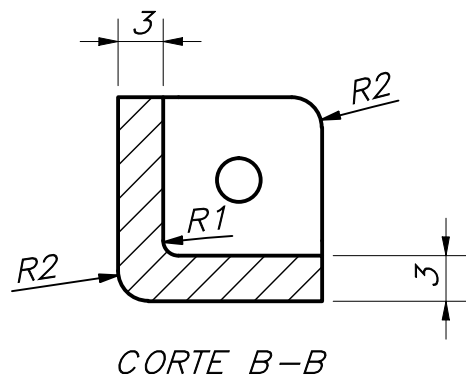
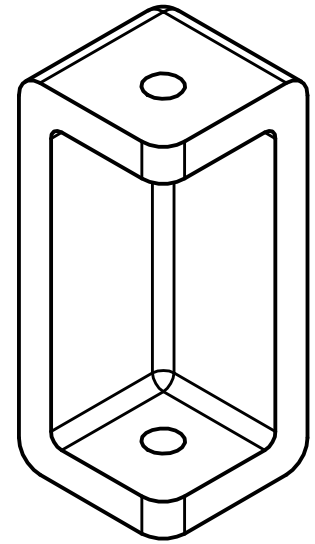
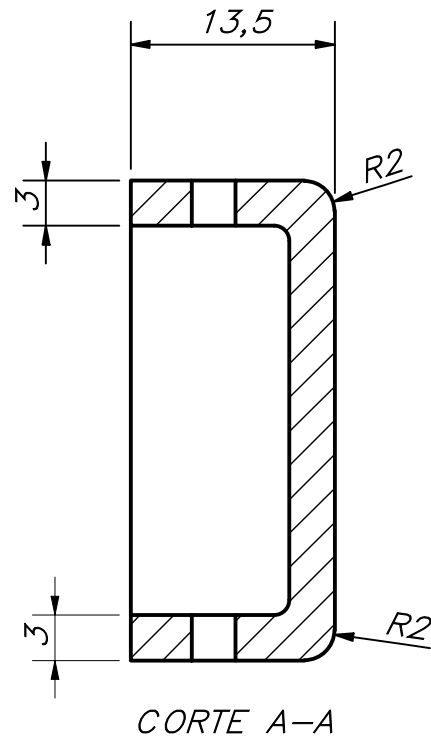
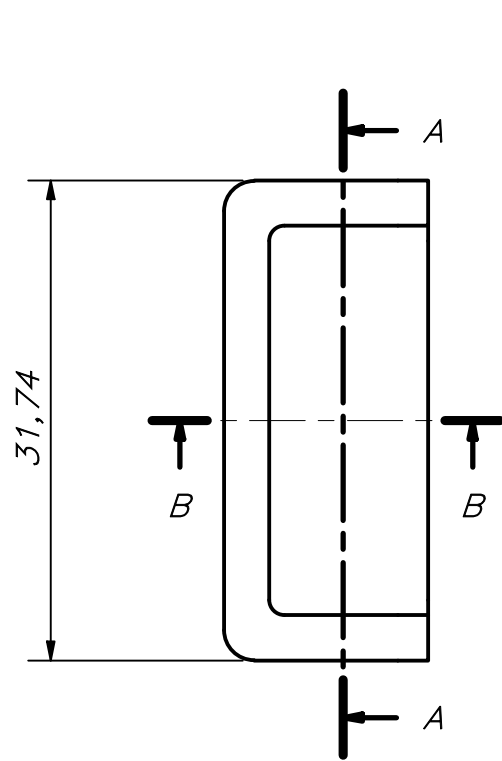
COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA
--------------	-------------	-------------



CORTE A-A

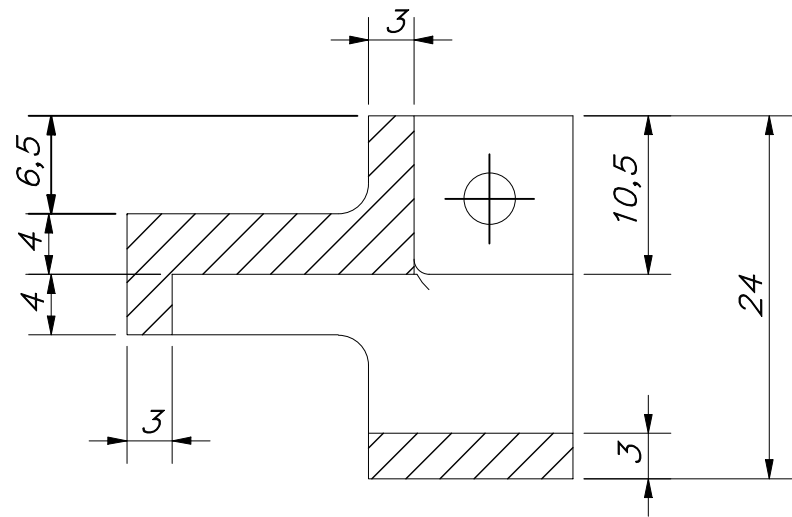
ACABADO SUPERFICIAL	TOLERANCIA GENERAL	MATERIAL
		PLÁSTICO ABS
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN	TRABAJO DE FIN DE CARRERA 2 – 10M4	ESCALA
	CONECTOR PLÁSTICO DEL SERVO (PS)	5:1
20163239	LEMA EROS, RAFAEL WILLIAMS	FECHA: 2020.12.06
		LÁMINA: A3

COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA

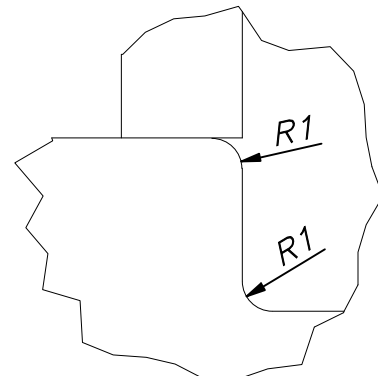


ACABADO SUPERFICIAL	TOLERANCIA GENERAL	MATERIAL
		PLÁSTICO ABS
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN	TRABAJO DE FIN DE CARRERA 2 – 10M4	ESCALA
	BORDER POSTERIOR (PS)	1:1
20163239	LEMA EROS, RAFAEL WILLIAMS	FECHA: 2023.03.24
		LÁMINA: A4

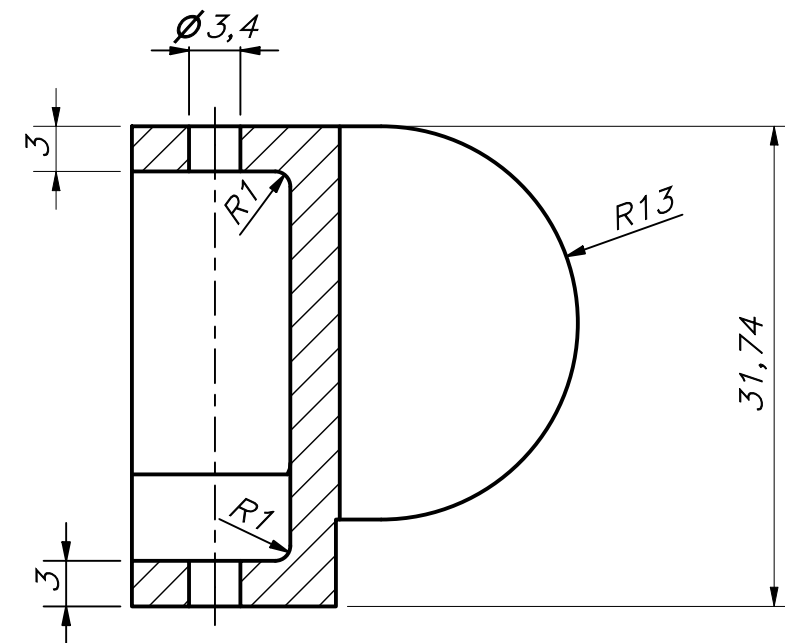
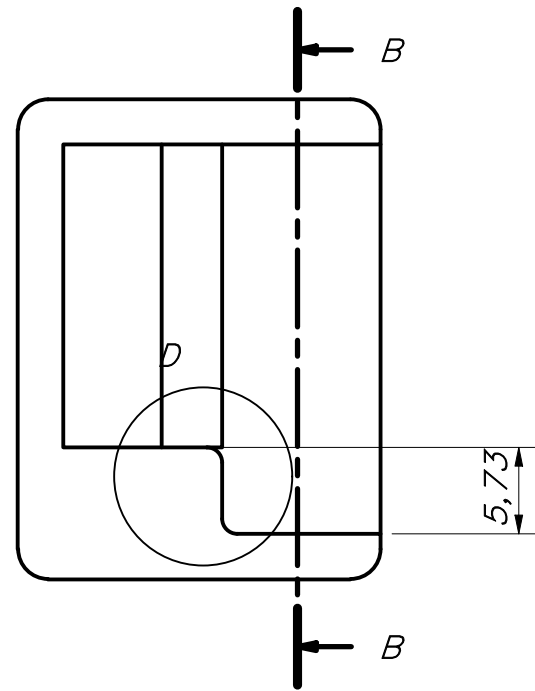
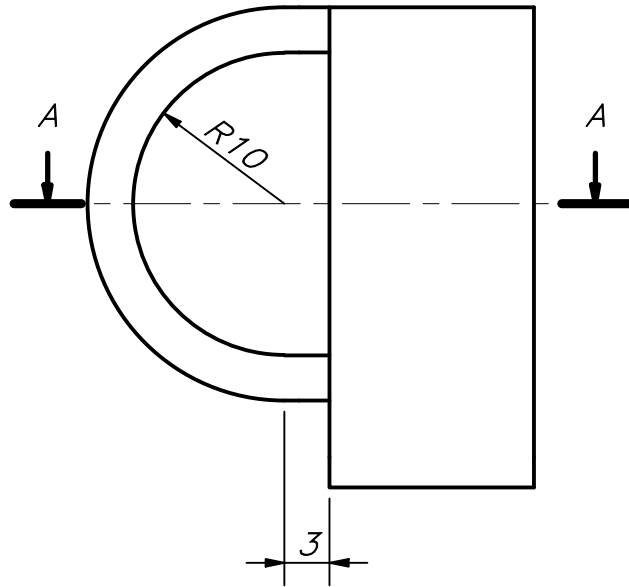
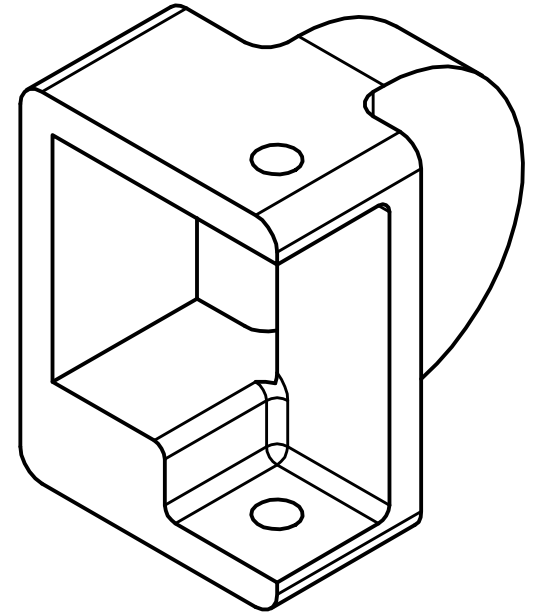
COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA



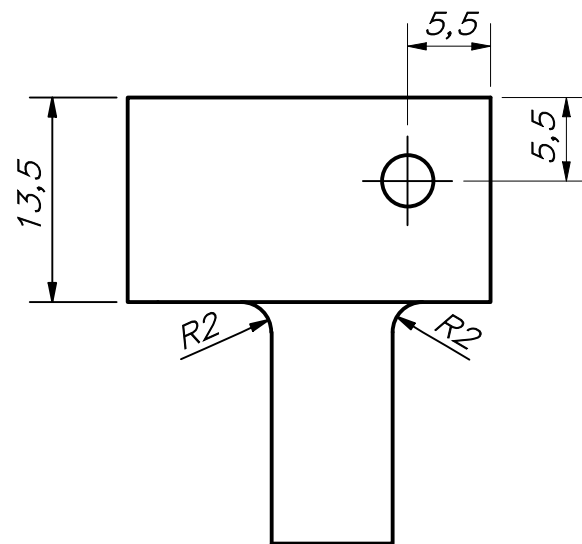
CORTE A-A



DETALLE D
ESCALA 4 : 1

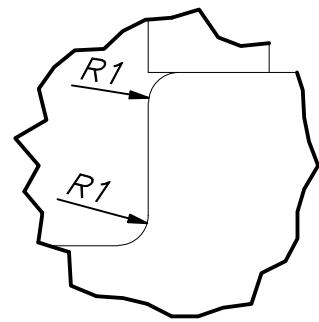


CORTE B-B

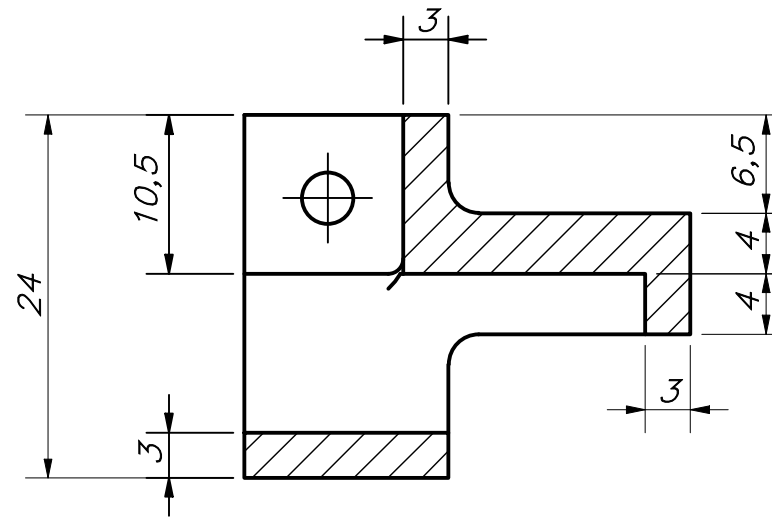


COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA

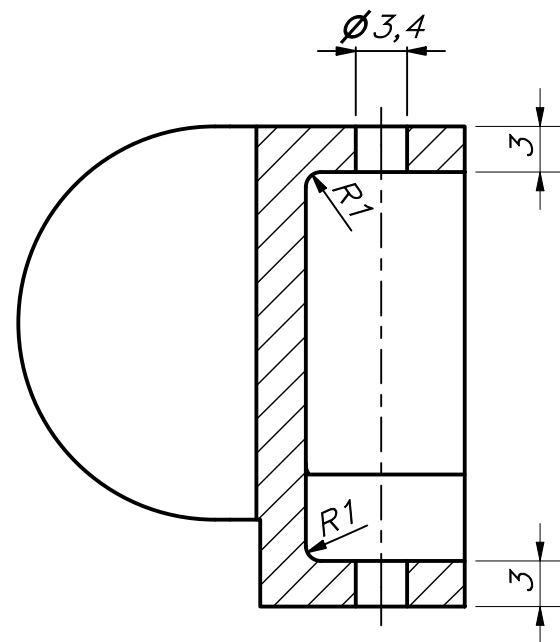
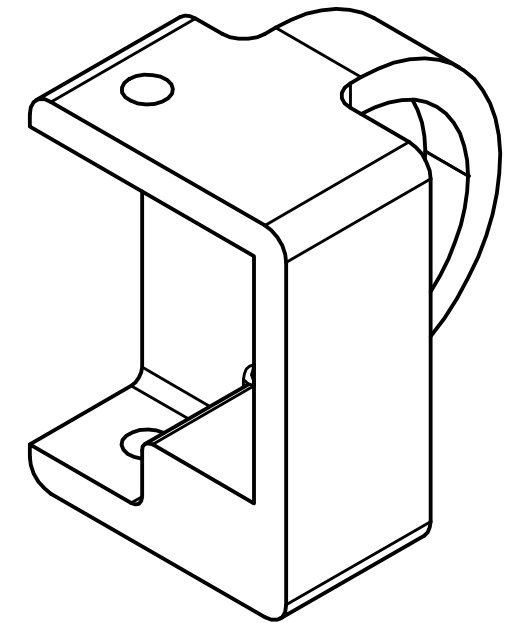
ACABADO SUPERFICIAL	TOLERANCIA GENERAL	MATERIAL
		PLÁSTICO ABS
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN	TRABAJO DE FIN DE CARRERA 2 – 10M4	ESCALA
	SOPORTE IZQUIERDO DEL GUIDANCE (PS)	2:1
20163239	LEMA EROS, RAFAEL WILLIAMS	FECHA: 2023.03.15
		LÁMINA: A3



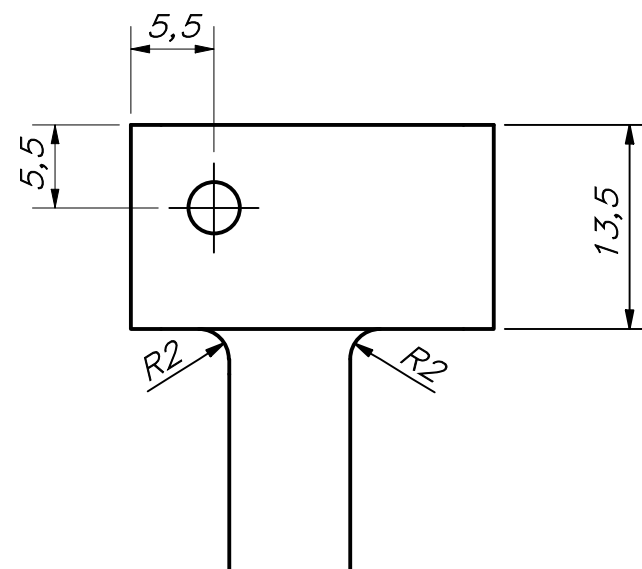
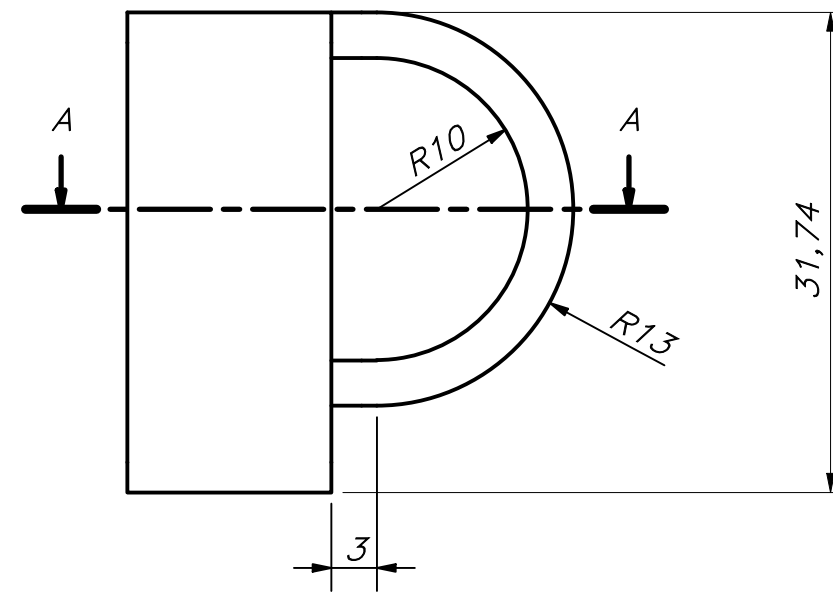
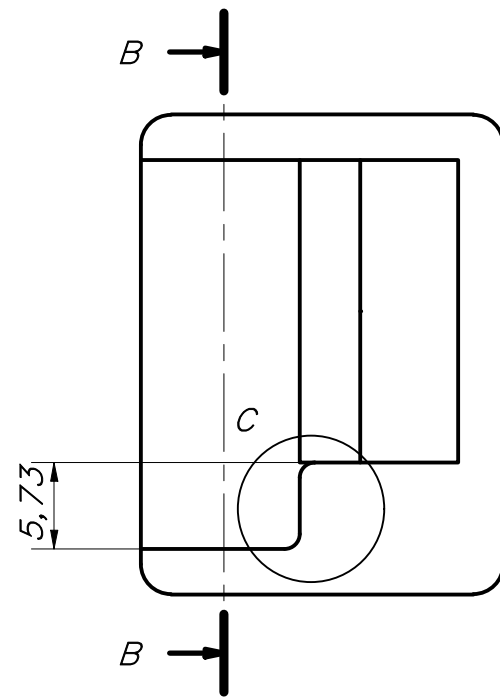
DETALLE C
ESCALA 4 : 1



CORTE A-A

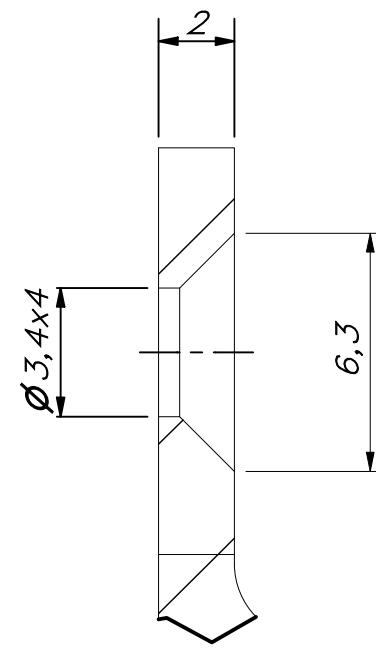
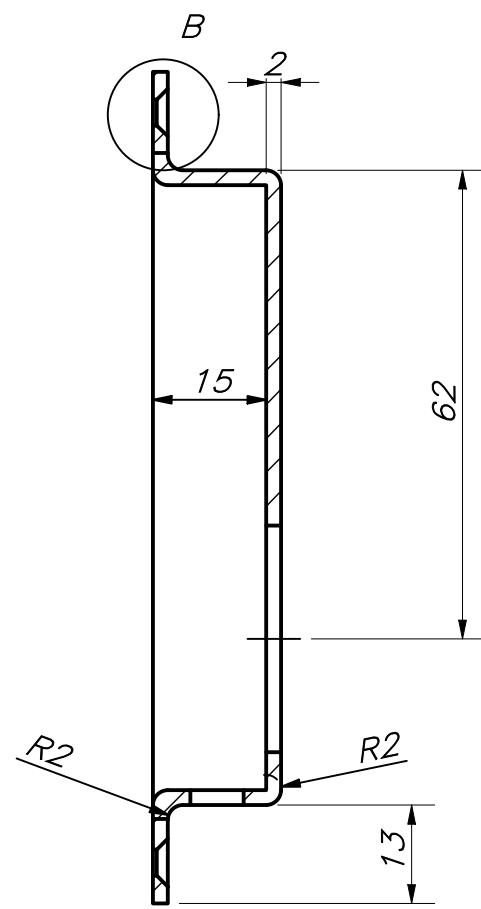
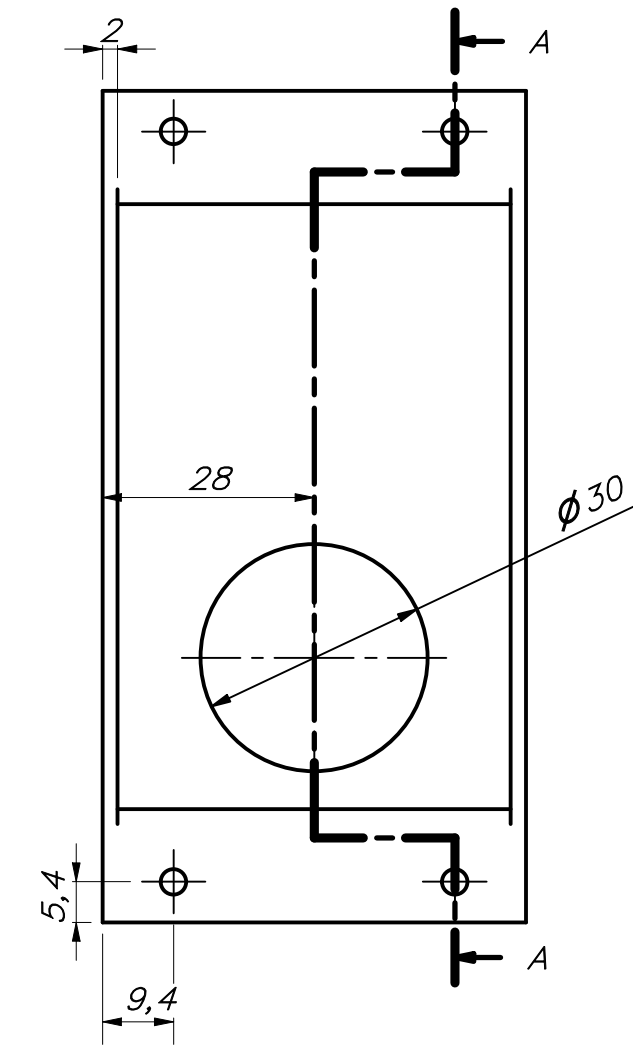
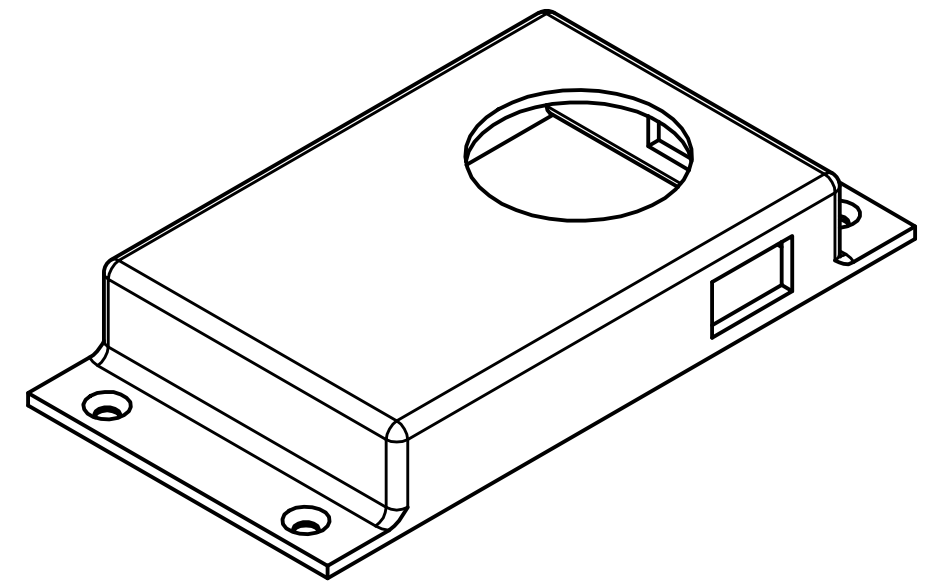
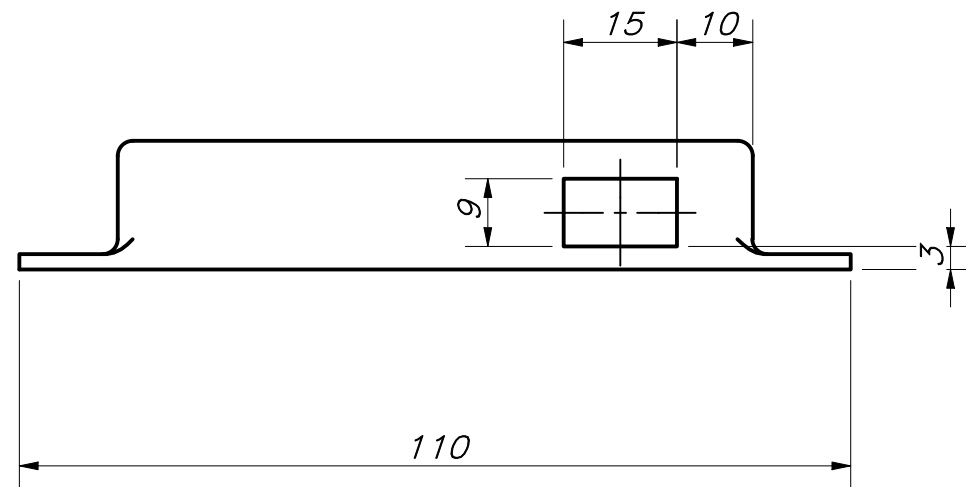
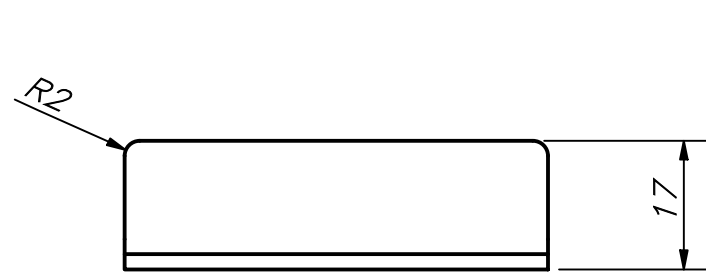


CORTE B-B



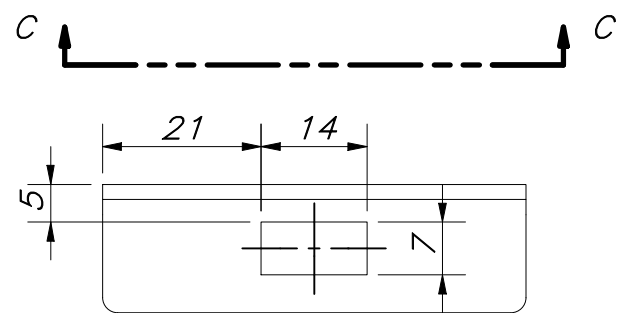
COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA

ACABADO SUPERFICIAL	TOLERANCIA GENERAL	MATERIAL
		PLÁSTICO ABS
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN	TRABAJO DE FIN DE CARRERA 2 – 10M4	ESCALA
	SOPORTE DERECHO DEL GUIDANCE (PS)	2:1
20163239	LEMA EROS, RAFAEL WILLIAMS	FECHA: 2023.03.16
		LÁMINA: A3



DETALLE B
ESCALA 5 : 1

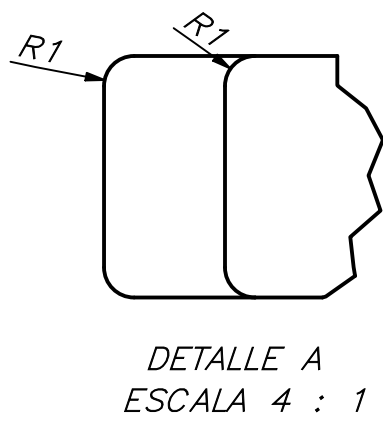
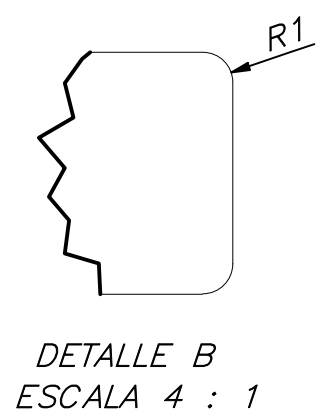
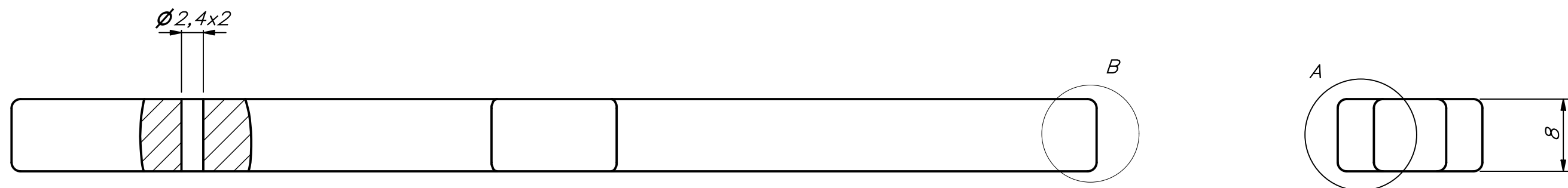
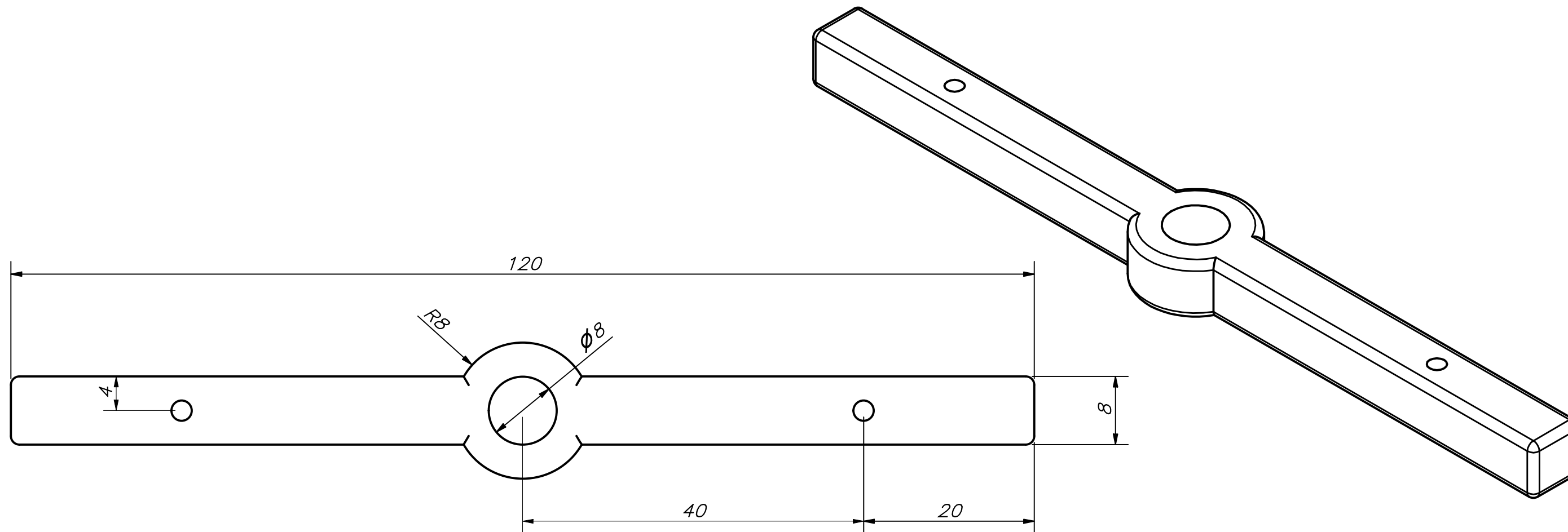
CORTE A-A



VISTA C-C

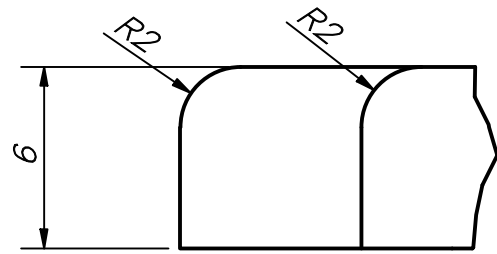
ACABADO SUPERFICIAL	TOLERANCIA GENERAL	MATERIAL
		PLÁSTICO ABS
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN	TRABAJO DE FIN DE CARRERA 2 – 10M4	ESCALA
	SOPORTE PROCESADOR GUIDANCE (PS)	1:1
20163239	LEMA EROS, RAFAEL WILLIAMS	FECHA: 2020.11.25
COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA
		LÁMINA: A3

COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA

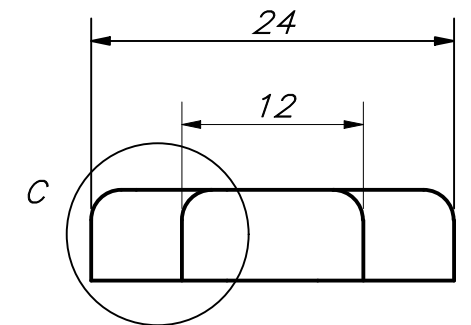
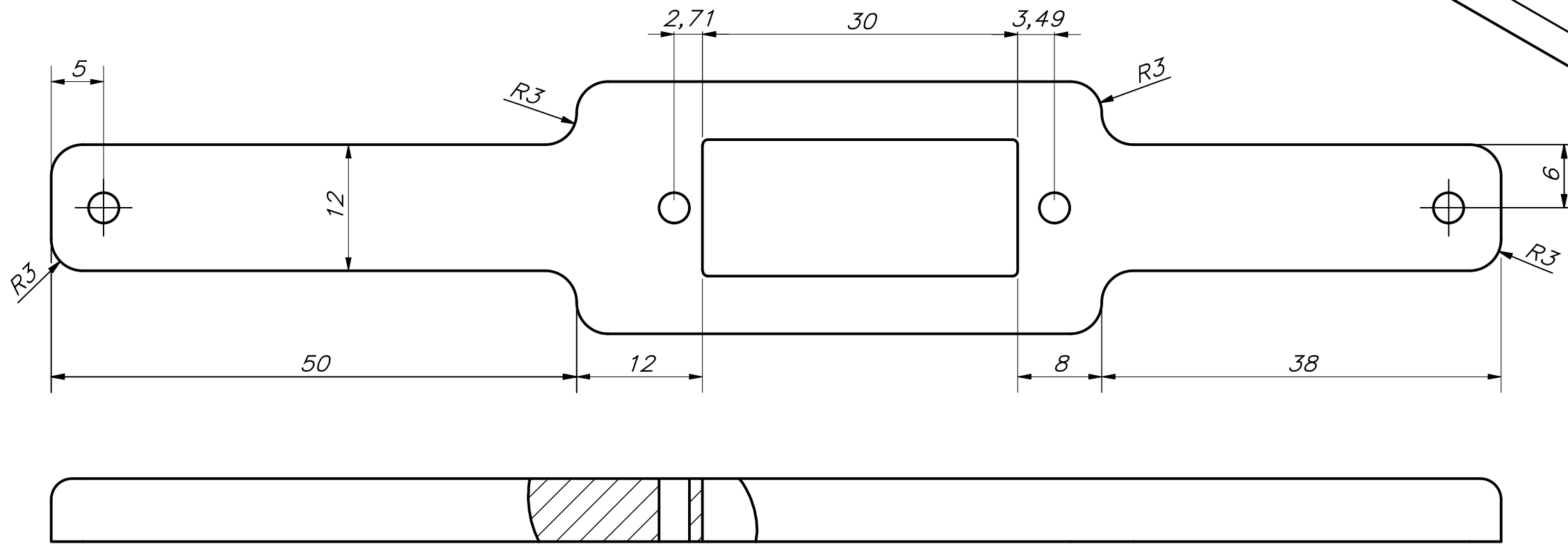
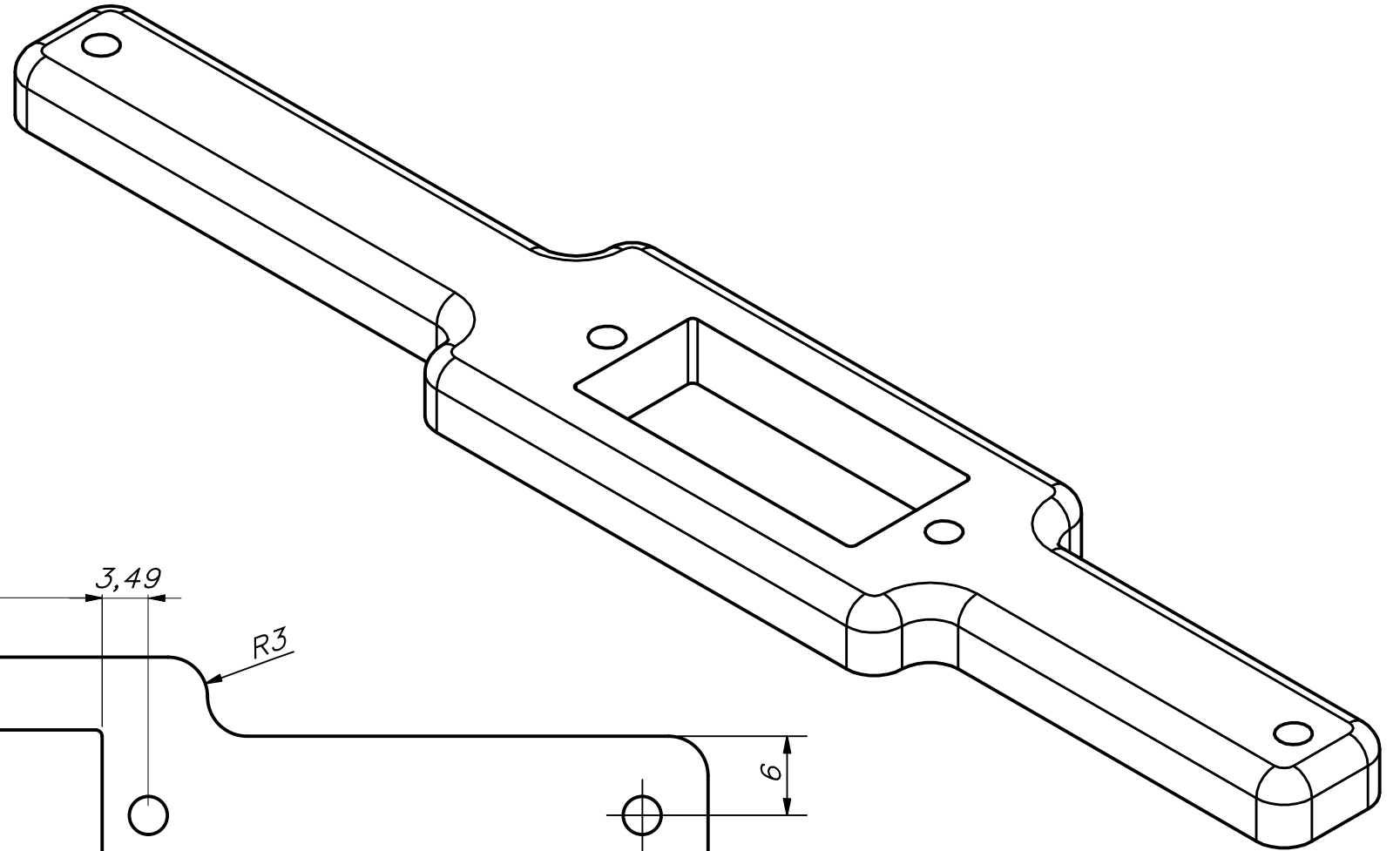


ACABADO SUPERFICIAL	TOLERANCIA GENERAL	MATERIAL
		PLÁSTICO ABS
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN	TRABAJO DE FIN DE CARRERA 2 – 10M4	ESCALA
	SOPORTE DEL TUBO DE TRANSMISIÓN (PS)	2:1
20163239	LEMA EROS, RAFAEL WILLIAMMS	FECHA: 2023.04.28
		LÁMINA: A3

COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA

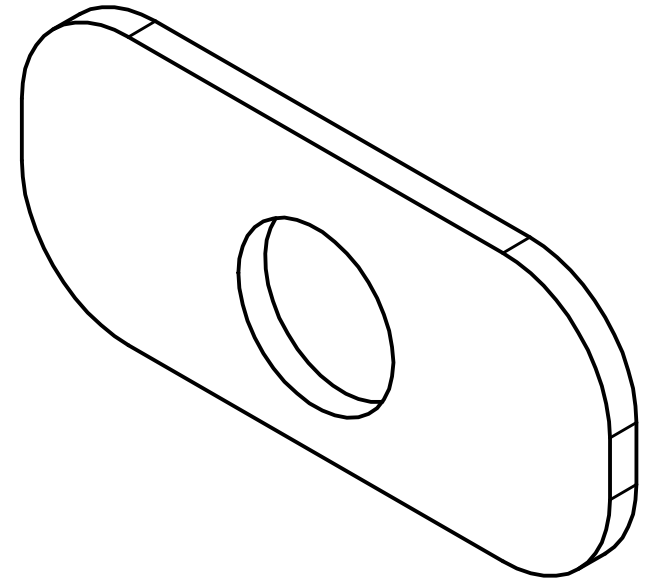
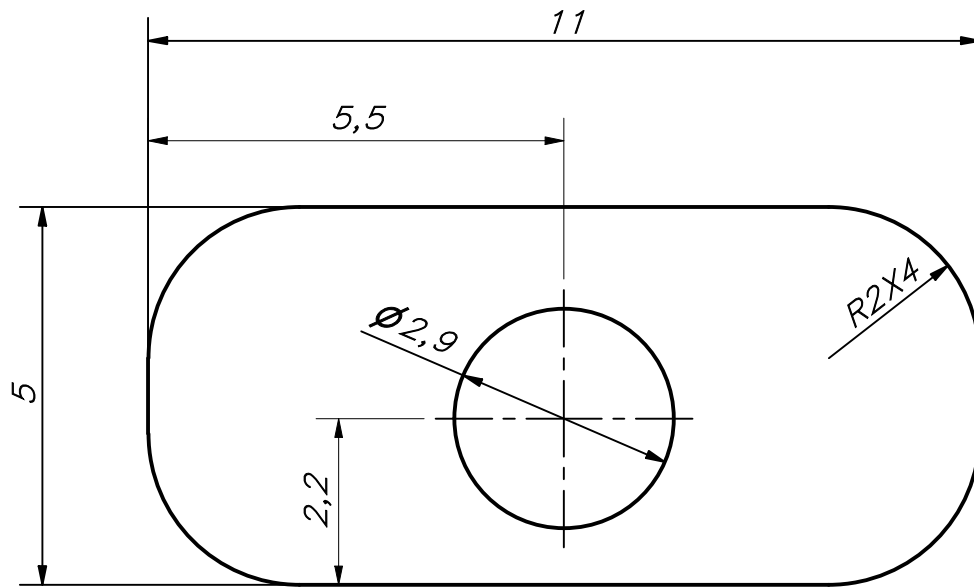


DETALLE C
ESCALA 4 : 1



ACABADO SUPERFICIAL	TOLERANCIA GENERAL	MATERIAL
		PLÁSTICO ABS
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN	TRABAJO DE FIN DE CARRERA 2 – 10M4	ESCALA
	SOPORTE DEL SERVO (PS)	2:1
20163239	LEMA EROS, RAFAEL WILLIAMS	FECHA: 2023.04.25
		LÁMINA: A3

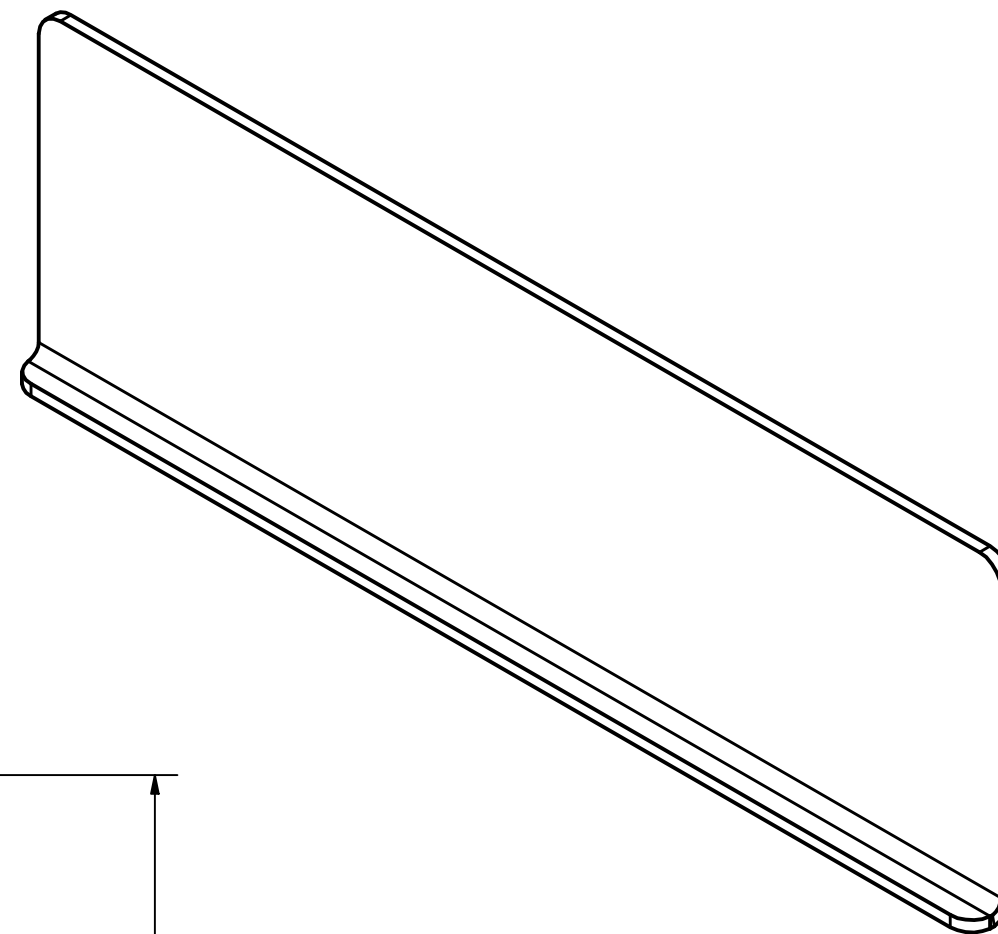
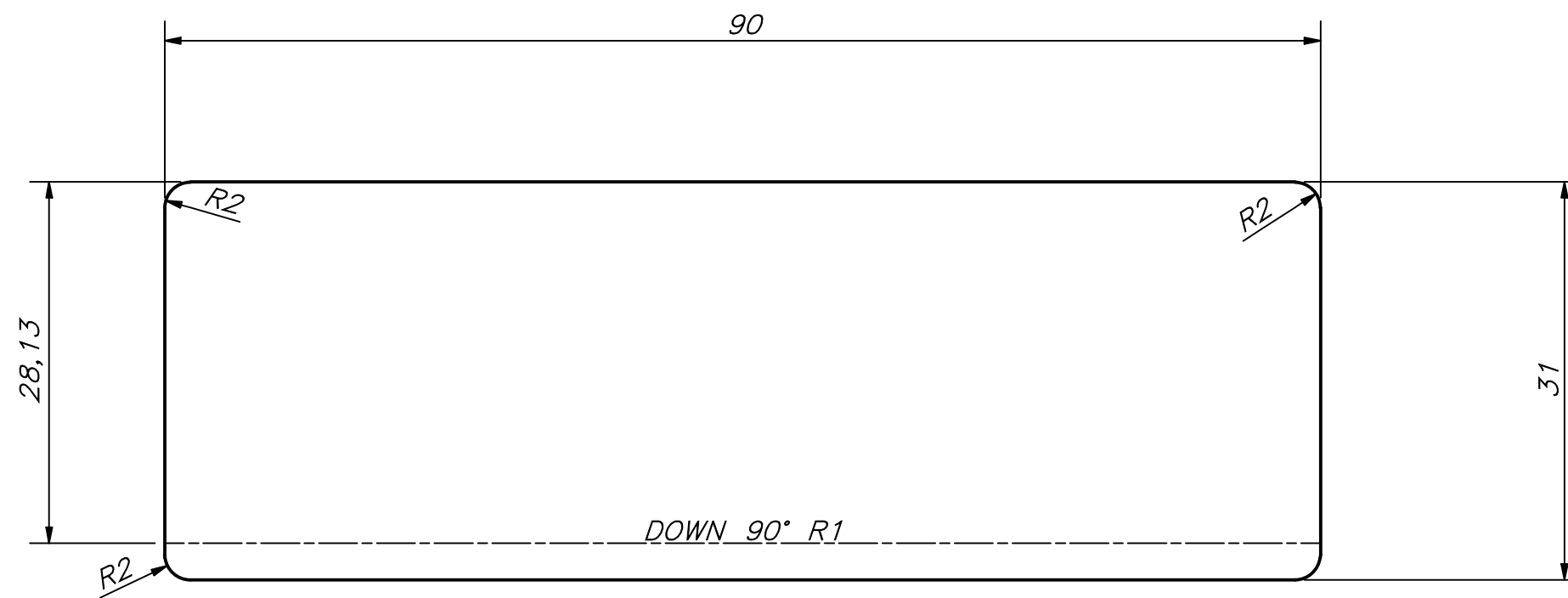
COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA



ESPESOR 0.5mm

ACABADO SUPERFICIAL 1.5 /	TOLERANCIA GENERAL DIN 2768	MATERIAL ALUMINIO 6061
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA ME		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	TRABAJO DE FIN DE CARRERA 2 – 10M4 ARANDELA SUJECCIÓN DEL SERVO (PS)	ESCALA 10:1
20163239	LEMA EROS, RAFAEL WILLIAMS	FECHA: 2023.03.26
		LÁMINA: A4

COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA
-----------------	----------------	----------------



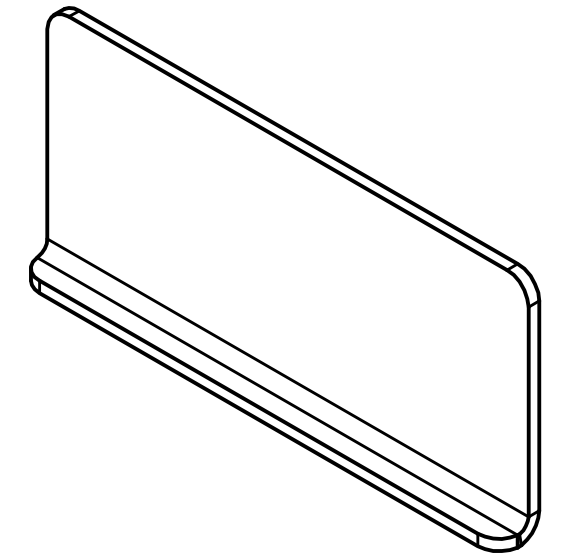
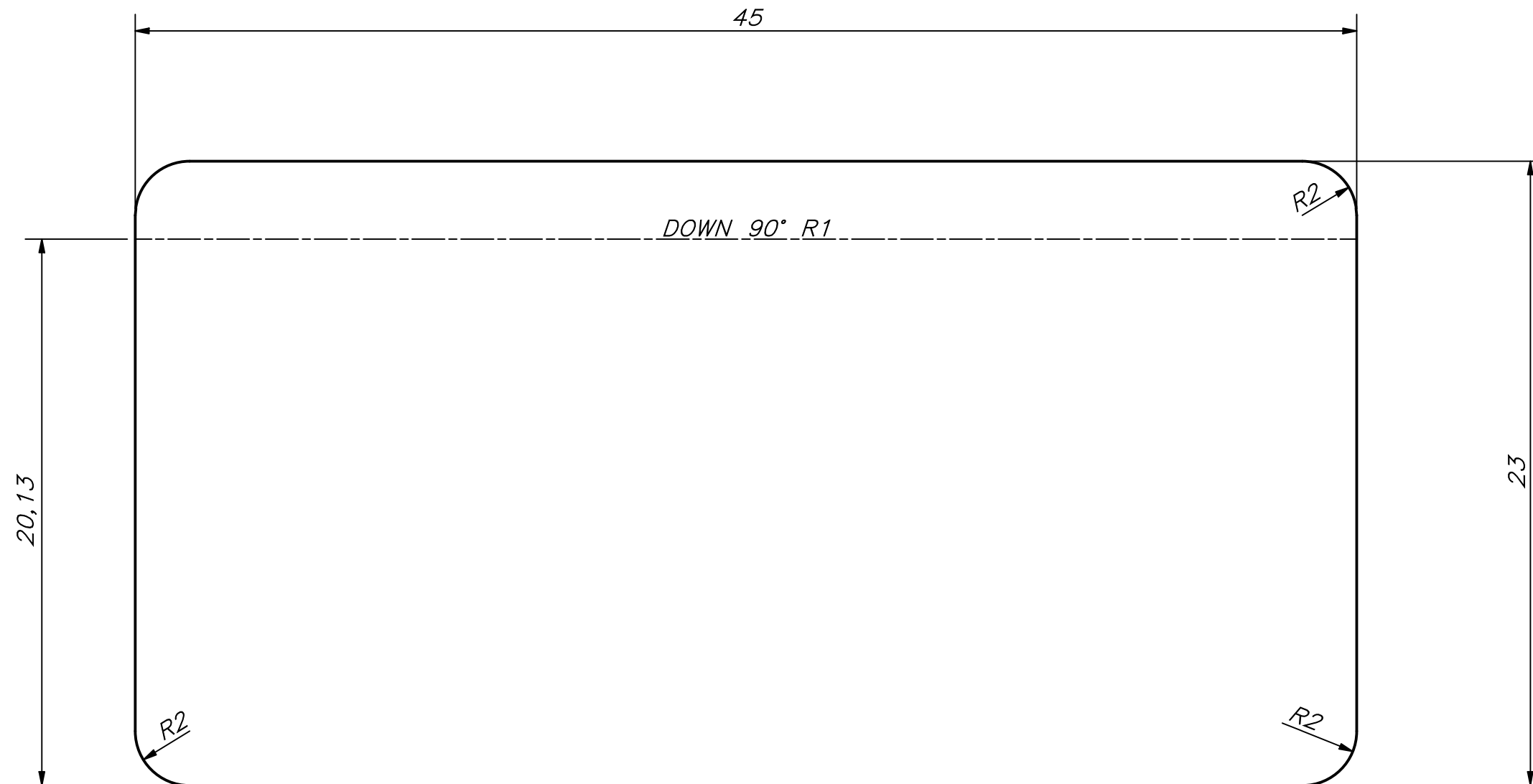
ESPESOR 1mm

ACABADO SUPERFICIAL 3.2/√	TOLERANCIA GENERAL DIN 2768 - 1	MATERIAL ALUMINIO 6061
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	TRABAJO DE FIN DE CARRERA 2 - 10M4 ALETA PARA LAS FUENTES DE 24V (PS)	ESCALA 2:1
20163239	LEMA EROS, RAFAEL WILLIAMS	FECHA: 2023.03.25
		LÁMINA: A3

TOLERANCIAS DIMENSIONALES
SEGÚN DIN ISO 2768-1

GRADO DE EXACTITUD	Más de 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	Más de 120 hasta 400	Más de 400 hasta 1000	Más de 1000 hasta 2000
FINO	±0,05	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,3	±0,5

COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA



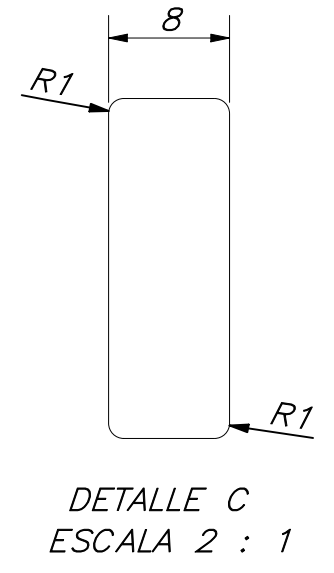
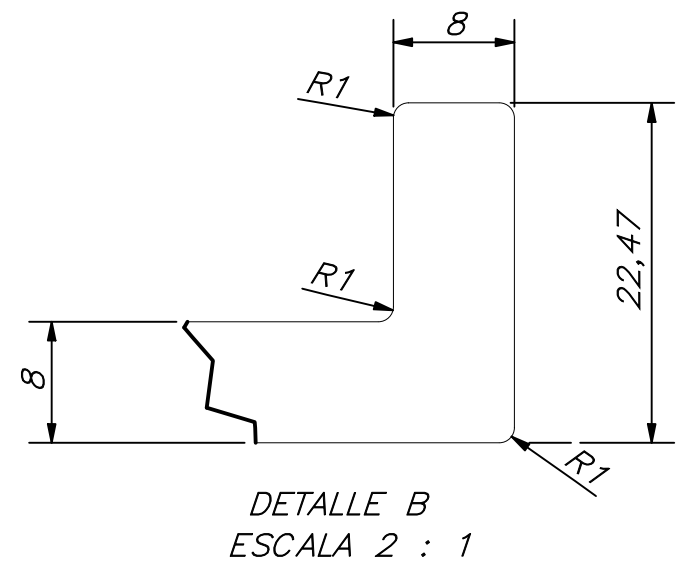
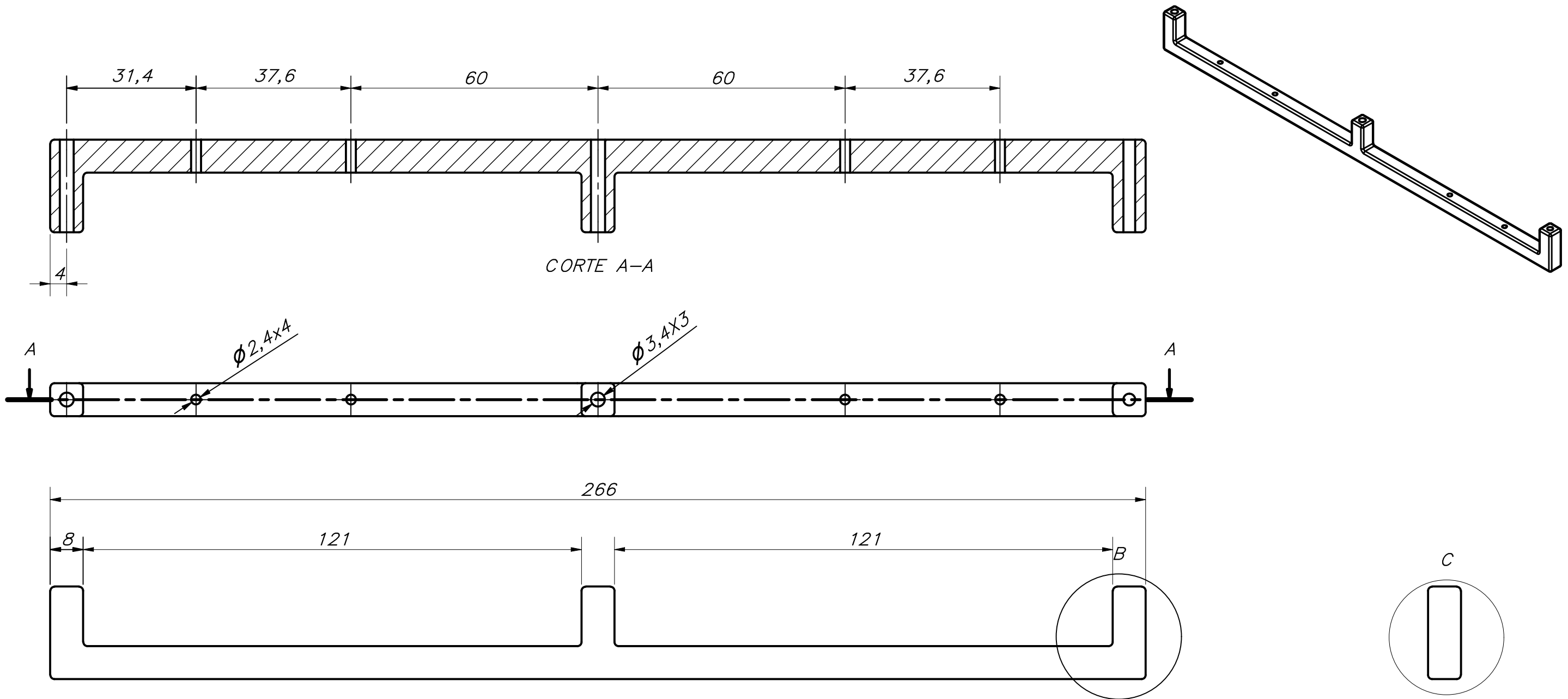
ESPESOR 1mm

ACABADO SUPERFICIAL 3.2/ ▽	TOLERANCIA GENERAL DIN 2768 - 1	MATERIAL ALUMINIO 6061
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN ⊕	TRABAJO DE FIN DE CARRERA 2 - 10M4 ALETA PARA LA FUENTE DE 5V (PS)	ESCALA 5:1
20163239	LEMA EROS, RAFAEL WILLIAMS	FECHA: 2023.03.24
		LÁMINA: A3

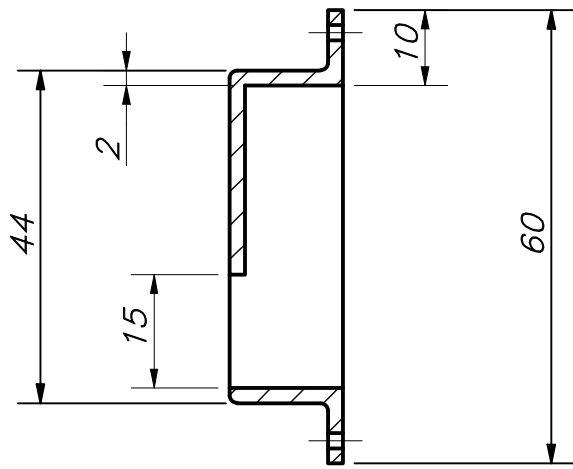
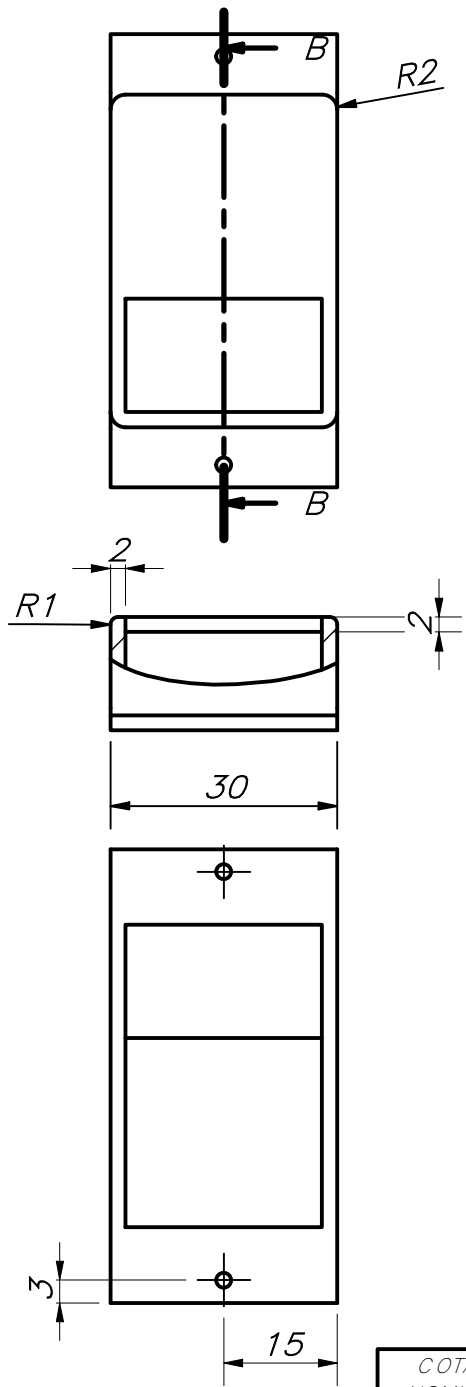
TOLERANCIAS DIMENSIONALES
SEGÚN DIN ISO 2768-1

GRADO DE EXACTITUD	Más de 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	Más de 120 hasta 400	Más de 400 hasta 1000	Más de 1000 hasta 2000
FINO	±0,05	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,3	±0,5

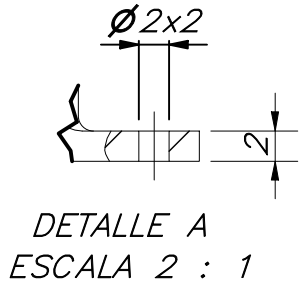
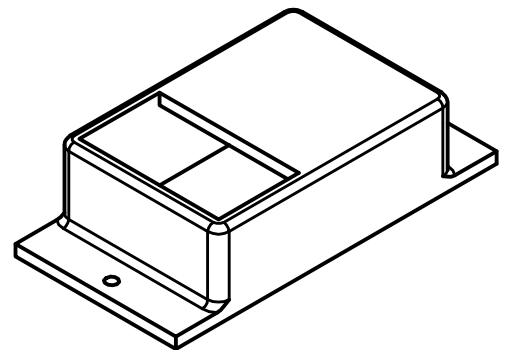
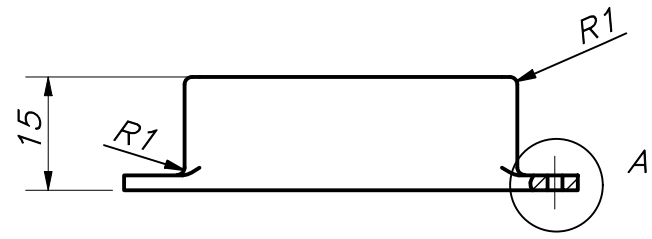
COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA



ACABADO SUPERFICIAL	TOLERANCIA GENERAL	MATERIAL
		PLÁSTICO ABS
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN	TRABAJO DE FIN DE CARRERA 2 – 10M4	ESCALA
	ESTRUCTURA LATERAL (PS)	1:1
20163239	LEMA EROS, RAFAEL WILLIAMS	FECHA: 2023.03.24
COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA
		LÁMINA: A3

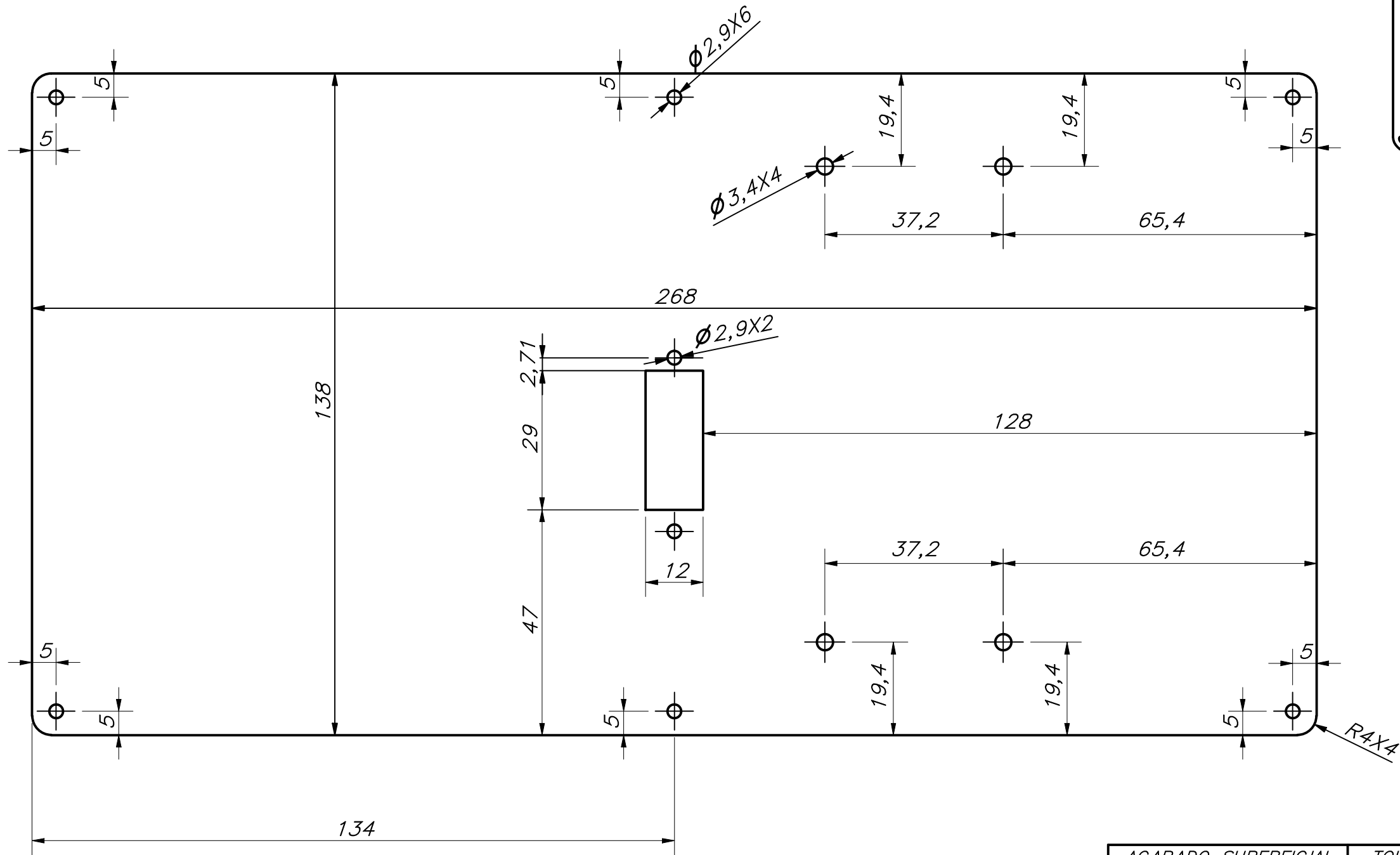


CORTE B-B



ACABADO SUPERFICIAL	TOLERANCIA GENERAL	MATERIAL
		PLÁSTICO ABS
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN	TRABAJO DE FIN DE CARRERA 2	ESCALA
	SOPORTE DEL RADIORECEPTOR (PS)	1:1
20163239	LEMA EROS, RAFAEL WILLIAMS	FECHA: 2020.11.25
		LÁMINA: A4

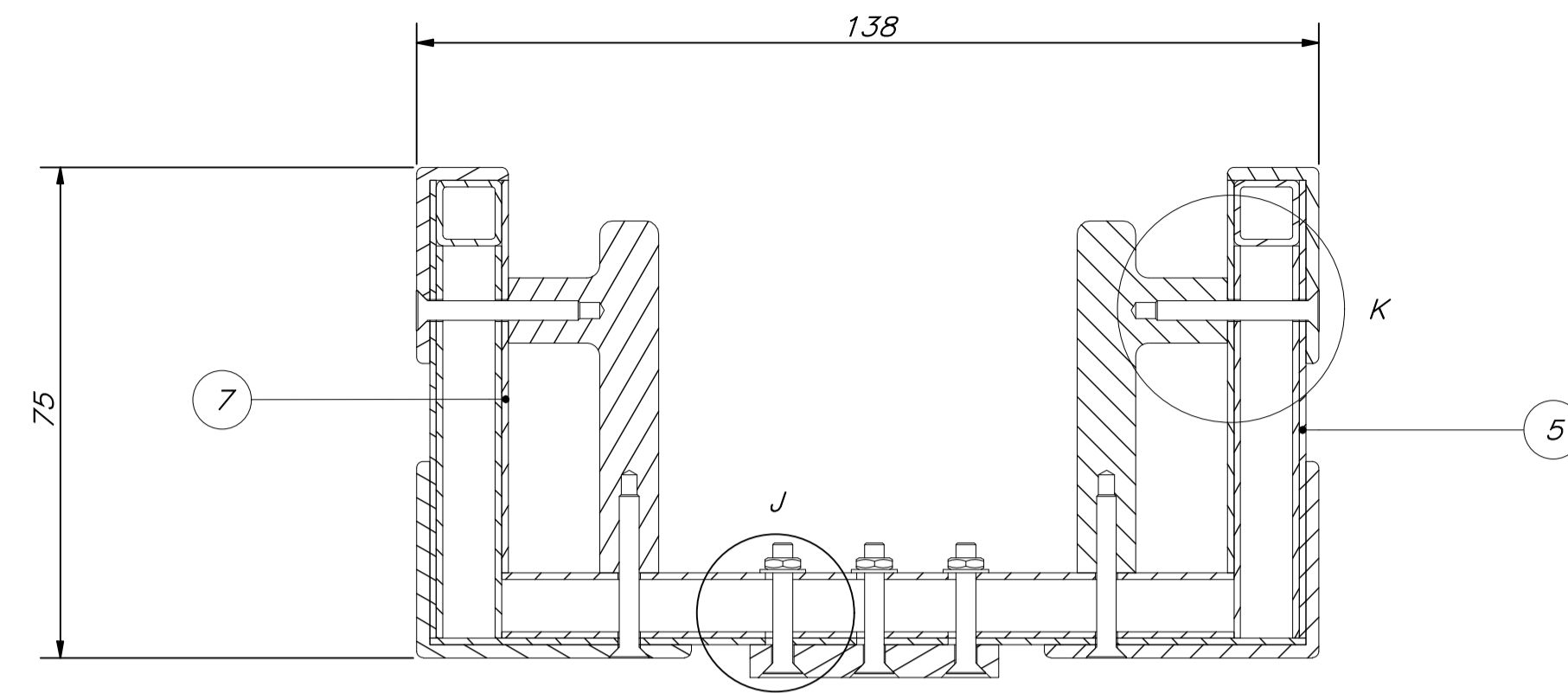
COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA



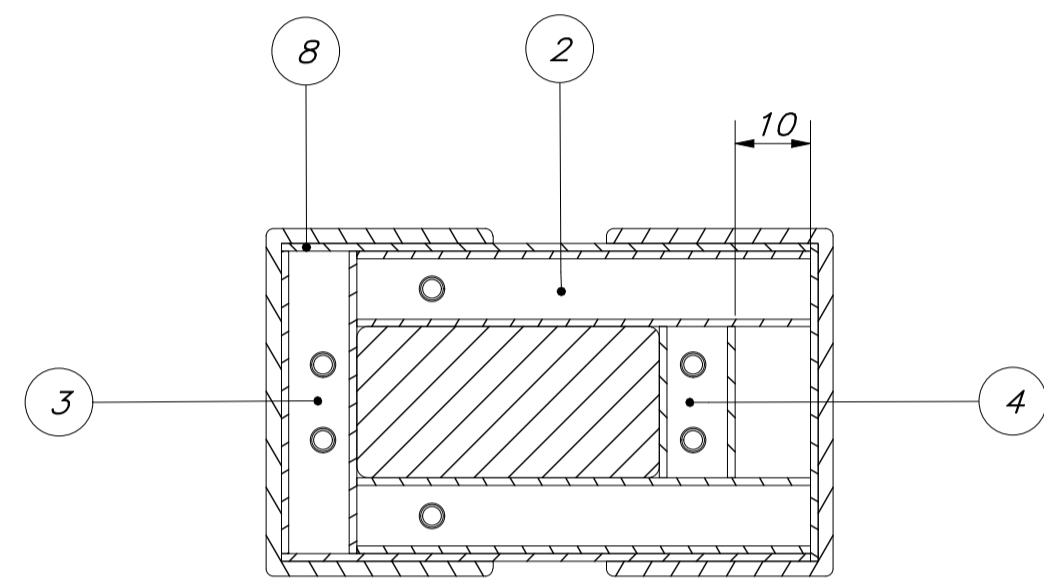
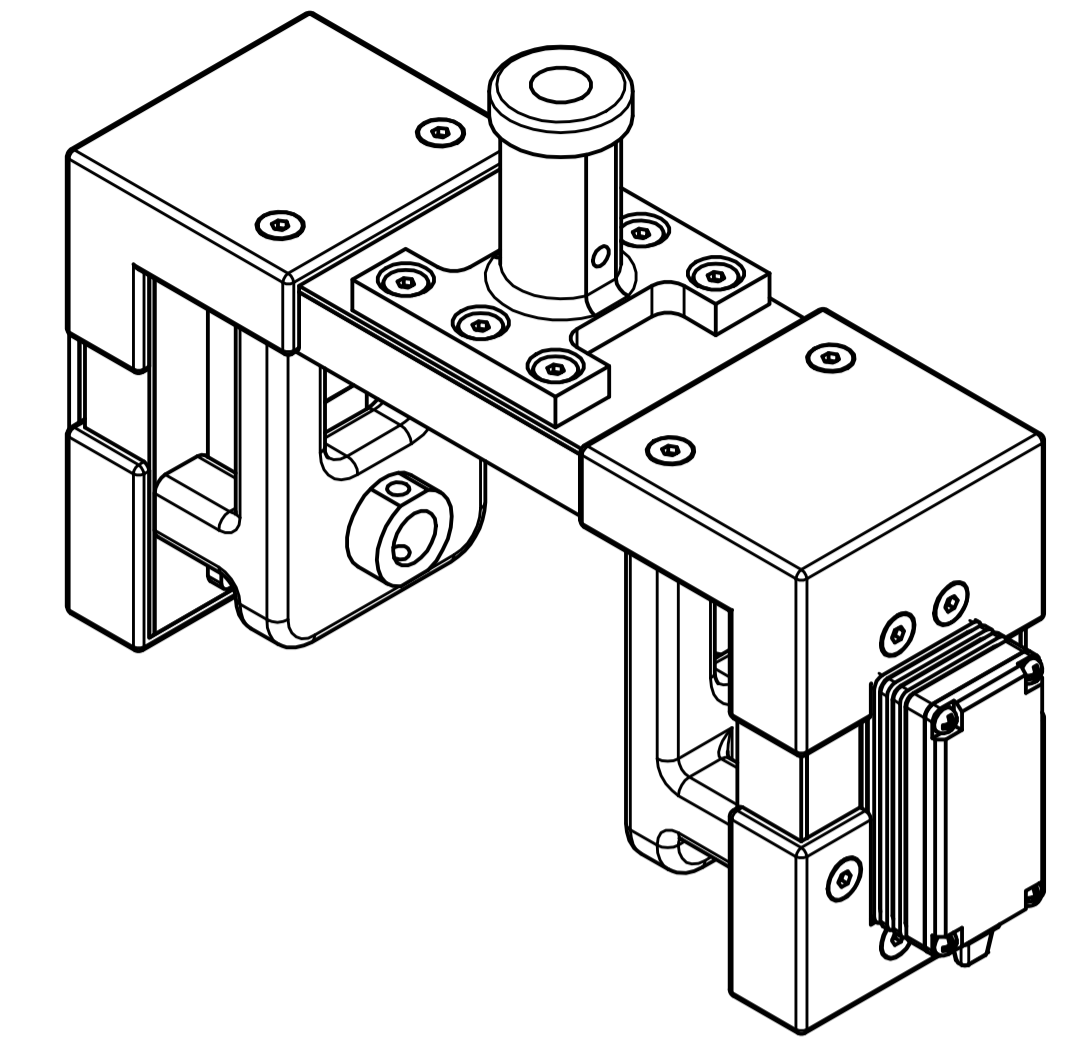
TOLERANCIAS DIMENSIONALES SEGÚN DIN ISO 2768-1							
GRADO DE EXACTITUD	Más de 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	Más de 120 hasta 400	Más de 400 hasta 1000	Más de 1000 hasta 2000
FINO	$\pm 0,05$	$\pm 0,05$	$\pm 0,1$	$\pm 0,15$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$

COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA

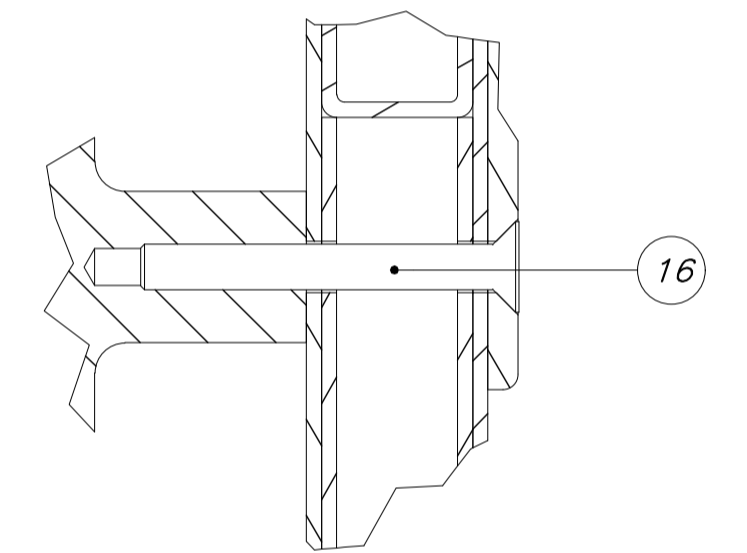
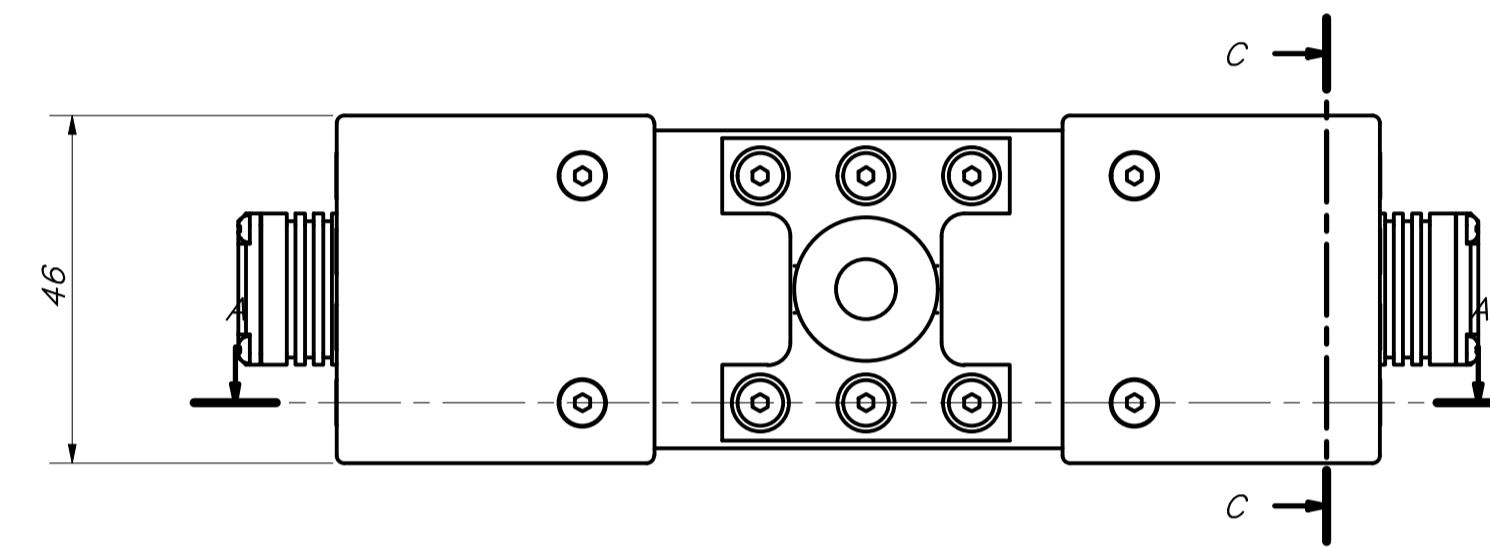
ACABADO SUPERFICIAL 1,5/ 	TOLERANCIA GENERAL DIN - 2768	MATERIAL FIBRA DE CARBONO
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	TRABAJO DE FIN DE CARRERA 2 - 10M4 TAPA DE LA CARCASA (PS)	ESCALA 1:1
20163239	LEMA EROS, RAFAEL WILLIAMS	FECHA: 2023.05.15
		LÁMINA: A3



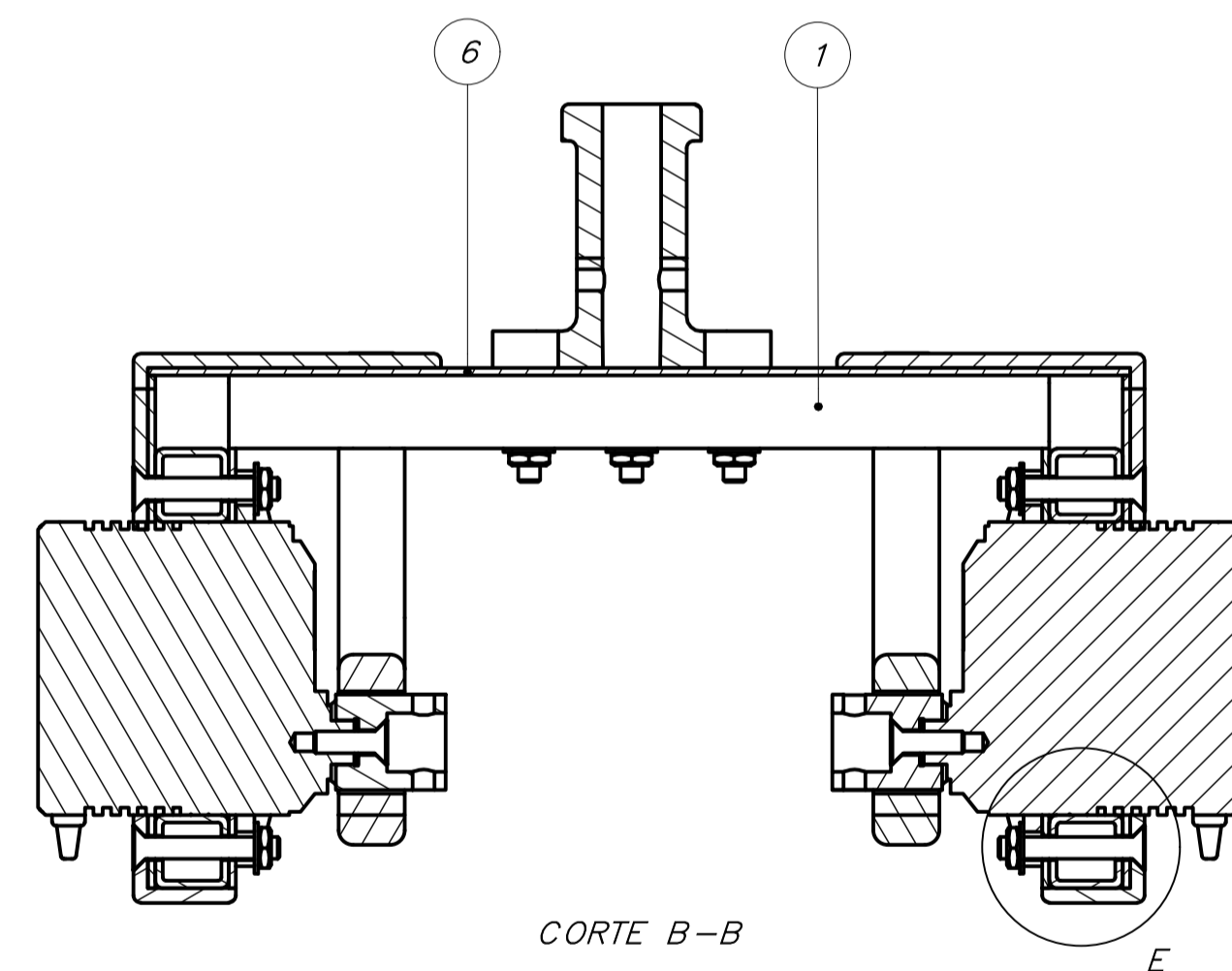
CORTE A-A



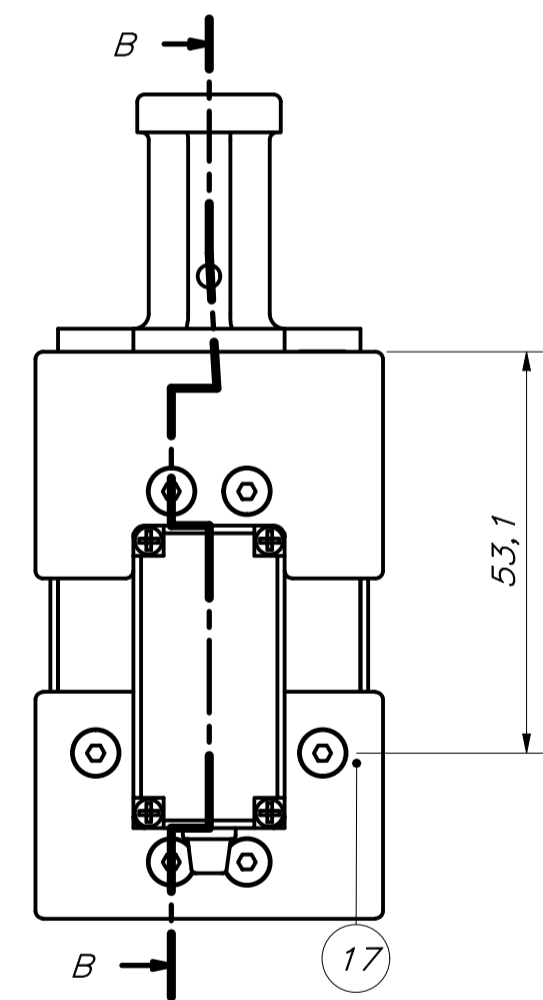
CORTE C-C



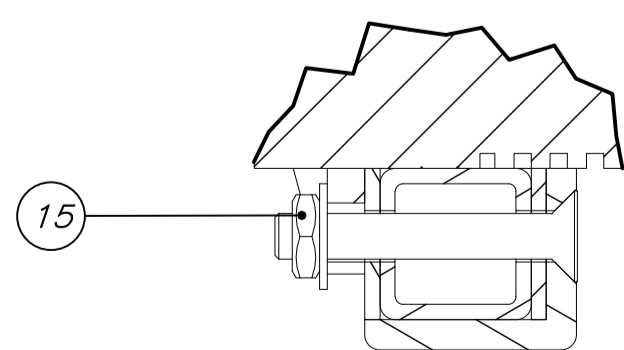
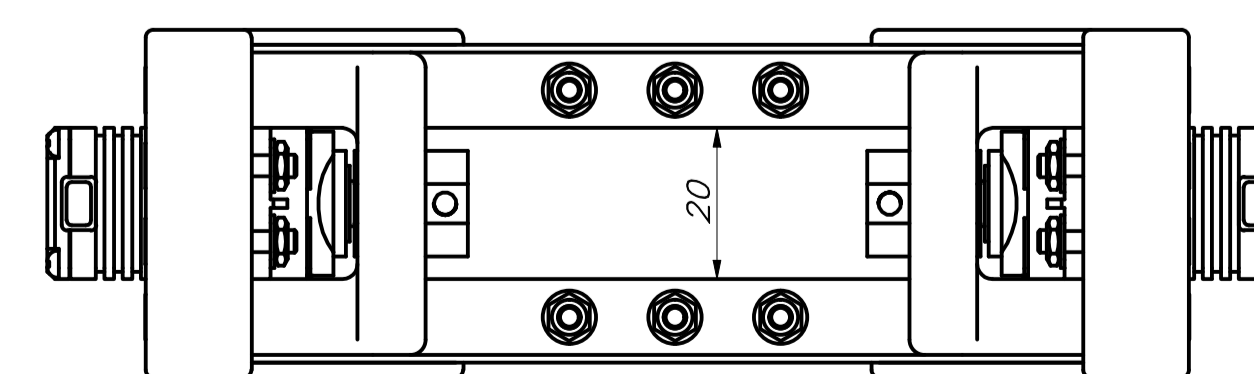
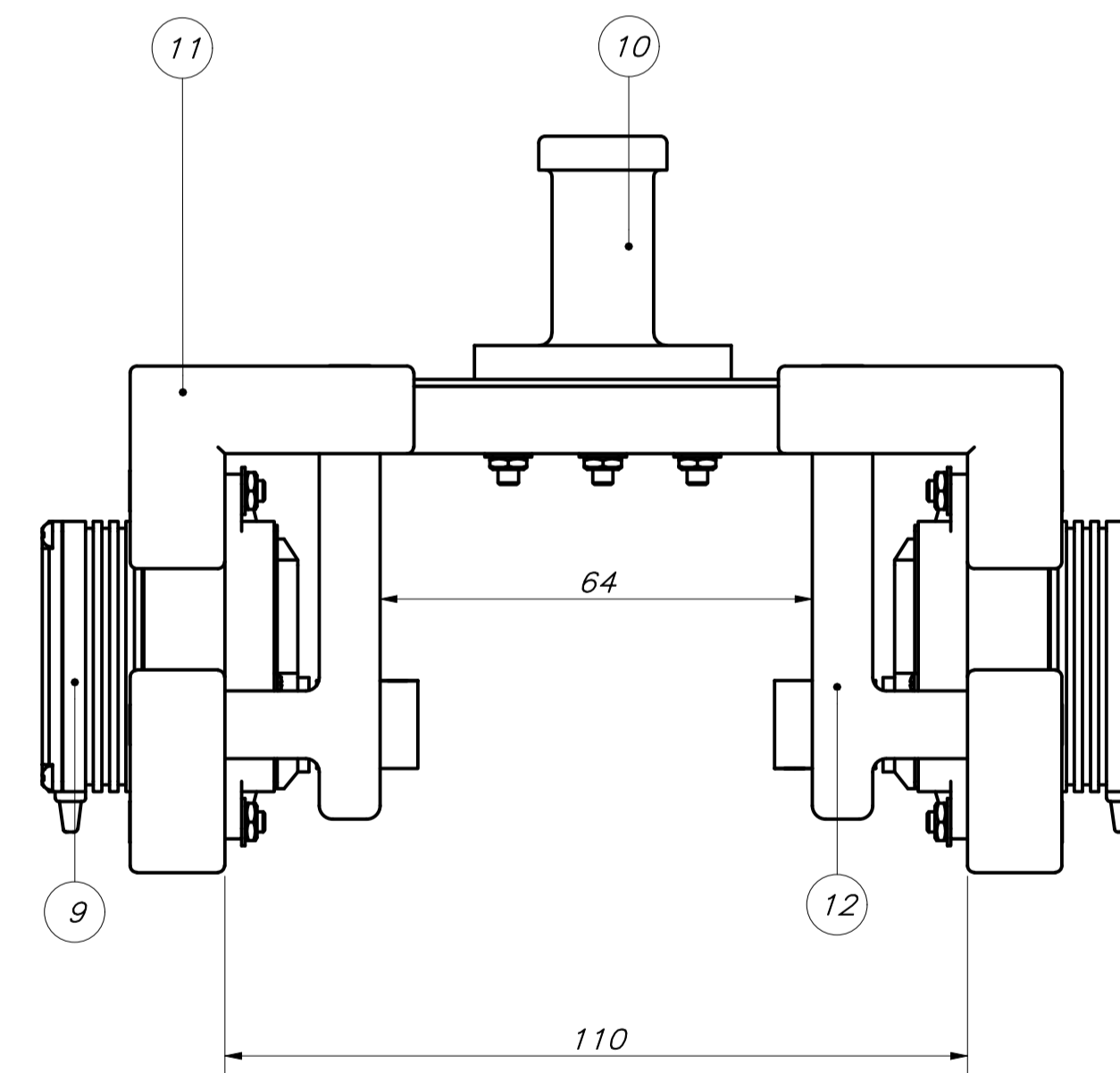
DETALLE K
ESCALA 2 : 1



CORTE B-B



DETALLE J
ESCALA 2 : 1

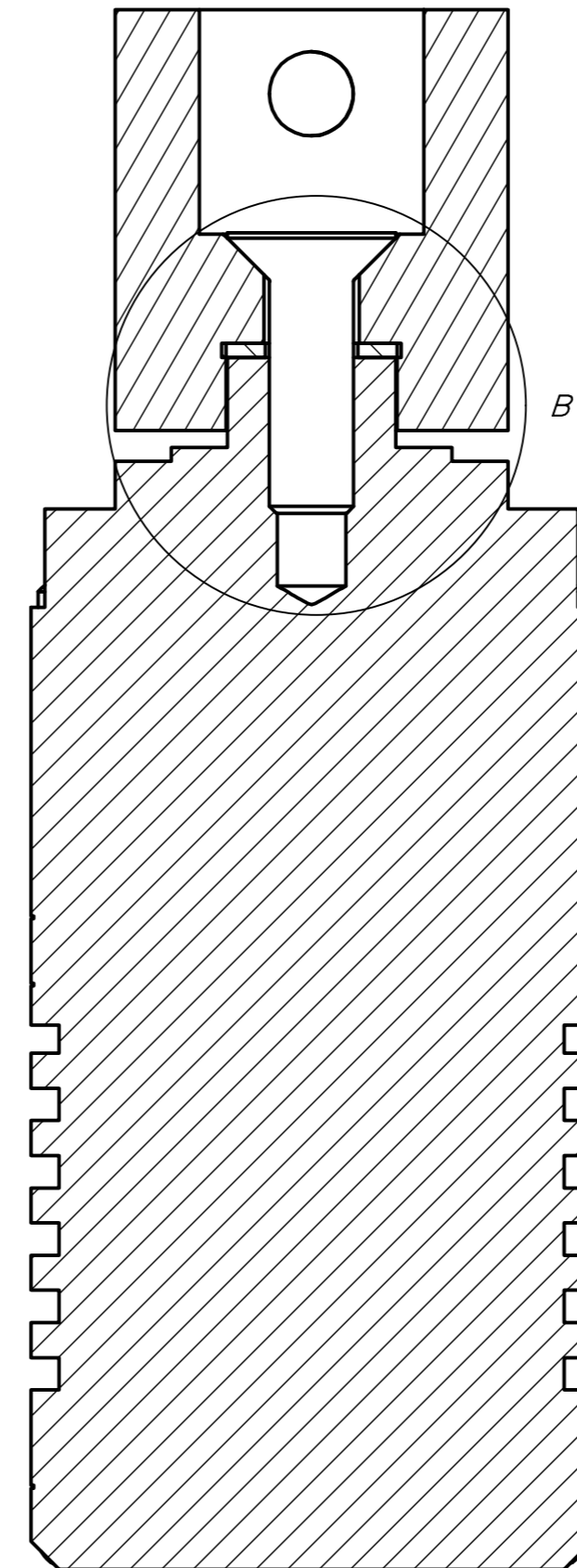
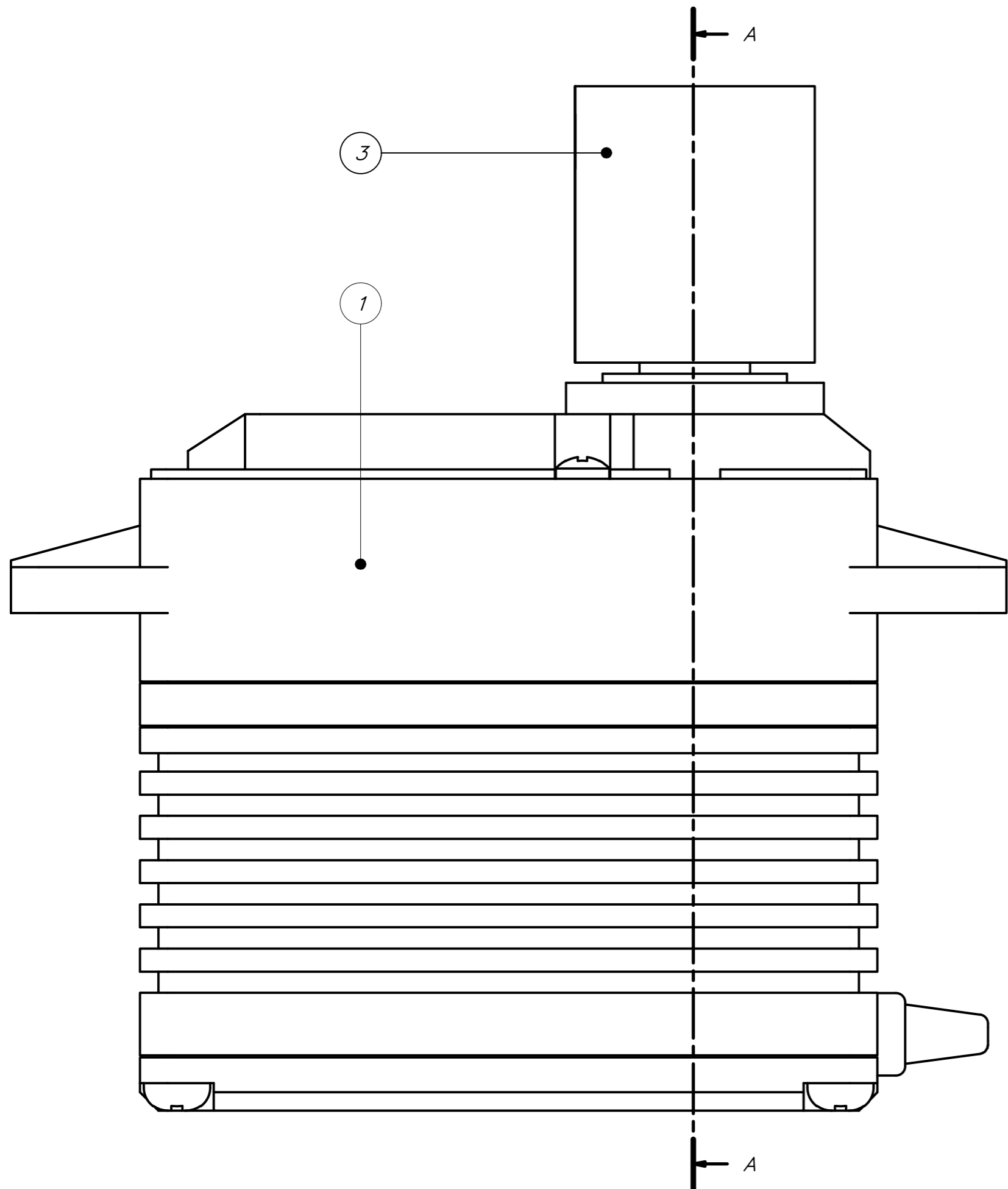
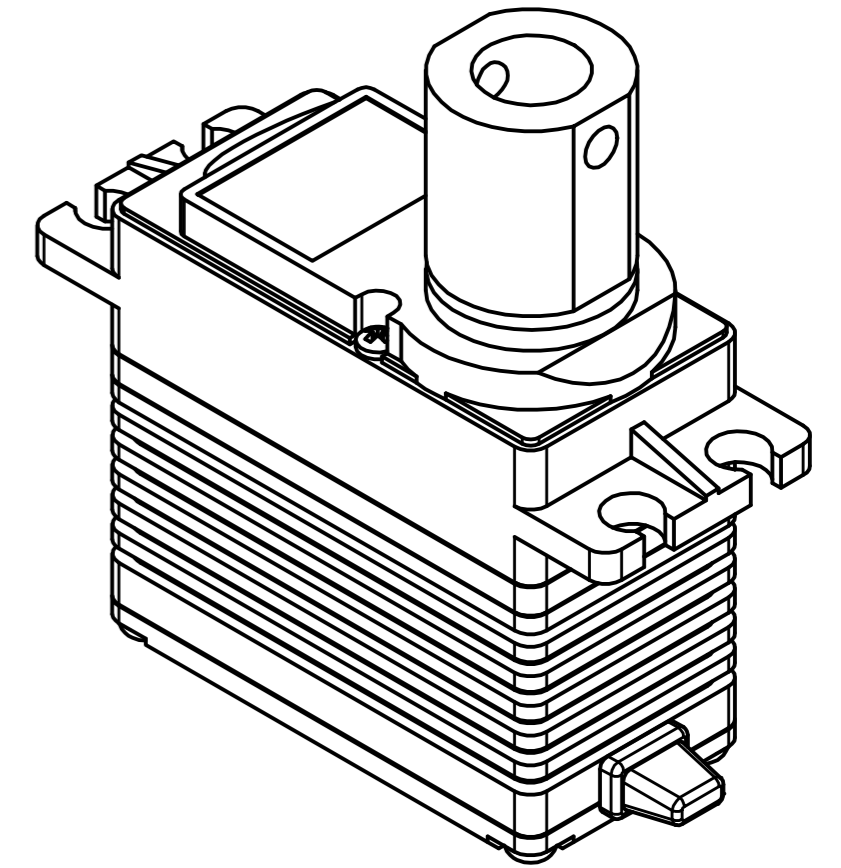
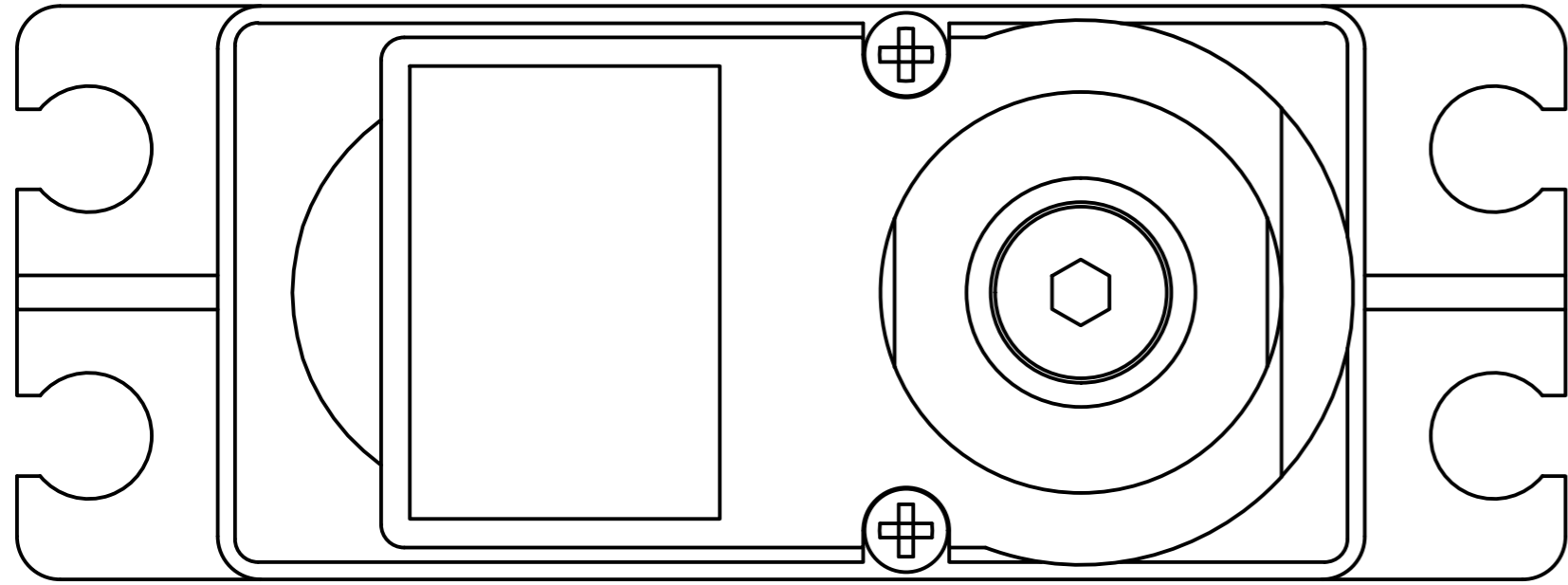


DETALLE E
ESCALA 2 : 1

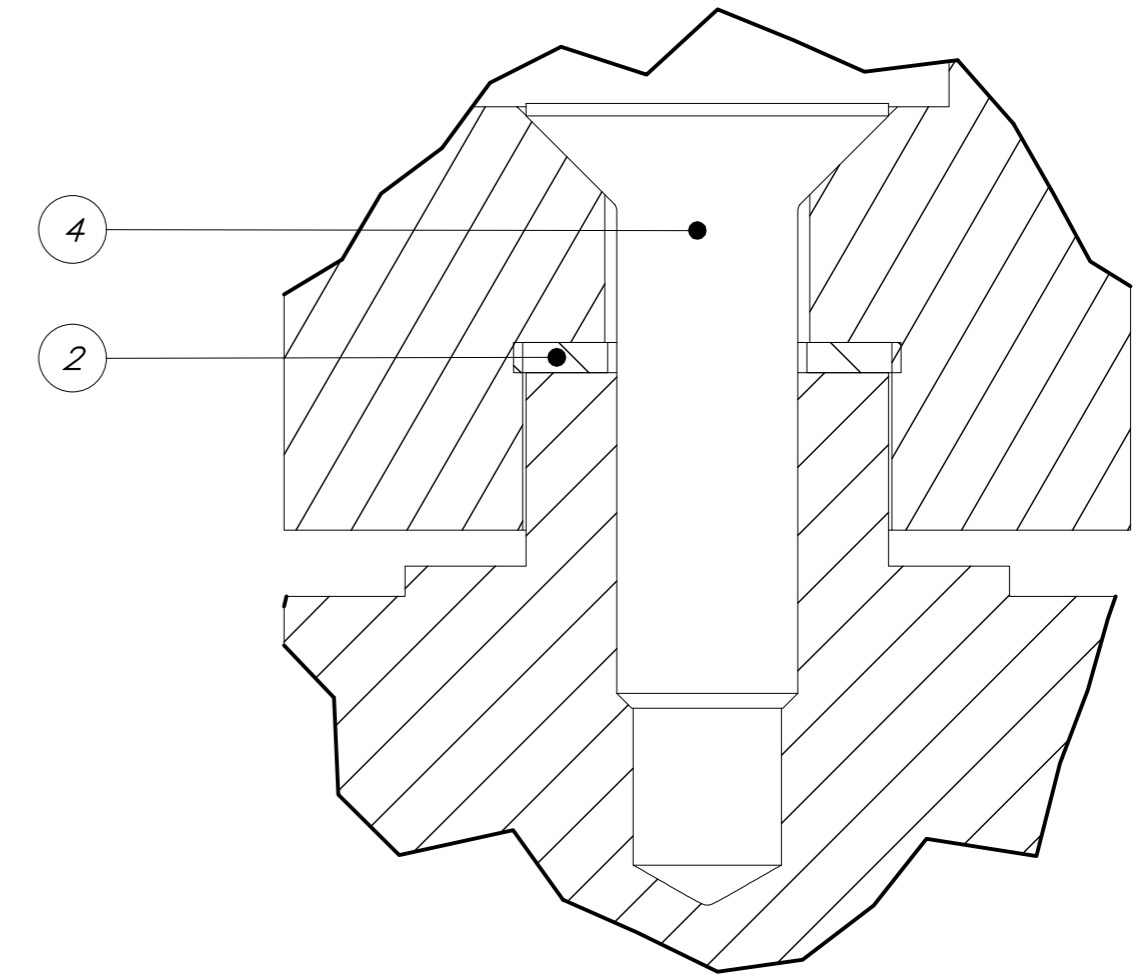
PARTS LIST					
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
17	2	MARCO DE SUECIÓN INFERIOR (PM)		ABS Plastic	
16	8	ISO 10642 - M3x25	ISO 10642	Steel, Mild	
15	14	ISO 4035 - M3	ISO 4035	Stainless Steel, 440C	
14	14	ISO 7089 - 3	ISO 7089	Stainless Steel, 440C	
13	14	ISO 10642 - M3x20	ISO 10642	Steel, Mild	
12	2	SOPORTE DEL SERVO (PM)		ABS Plastic	
11	2	MARCO DE SUECIÓN SUPERIOR (PM)		ABS Plastic	
10	1	CONECTOR A LA PARTE SUPERIOR (PM)		ABS Plastic	
9	2	SERVO CON CONECTOR DE ALUMINIO (PM)			
8	2	LÁMINA FRONTAL (PM)		CFRP	
7	2	LÁMINA INTERIOR (PM)		CFRP	
6	1	LÁMINA SUPERIOR (PM)		CFRP	
5	2	LÁMINA LATERAL (PM)		CFRP	
4	2	TUBO CUADRADO 10x10 - 20mm		CFRP	
3	2	TUBO CUADRADO 10x10 - 40mm		CFRP	
2	4	TUBO CUADRADO 10x10 - 60mm		CFRP	
1	2	TUBO CUADRADO 10x10 - 112mm		CFRP	

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN	TRABAJO FIN DE CARRERA 2 - TOMA	ESCALA
	MÓDULO - PARTE MEDIA	1:1
20163239	LEMA EROS, RAFAEL WILLIAMS	FECHA: 2020.11.18
		LÁMINA: A1

COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA
--------------	-------------	-------------



CORTE A-A



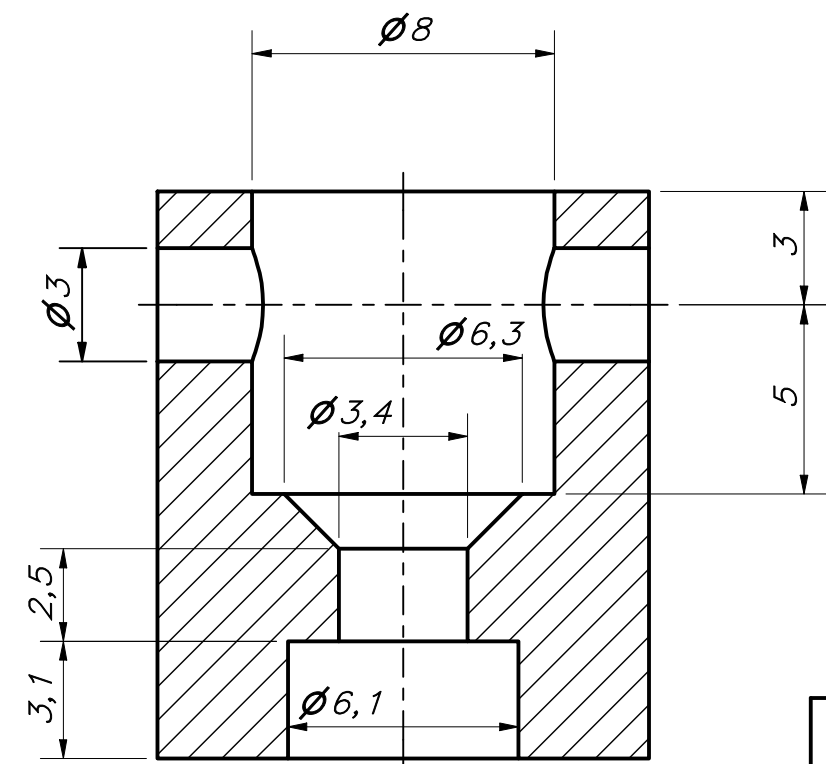
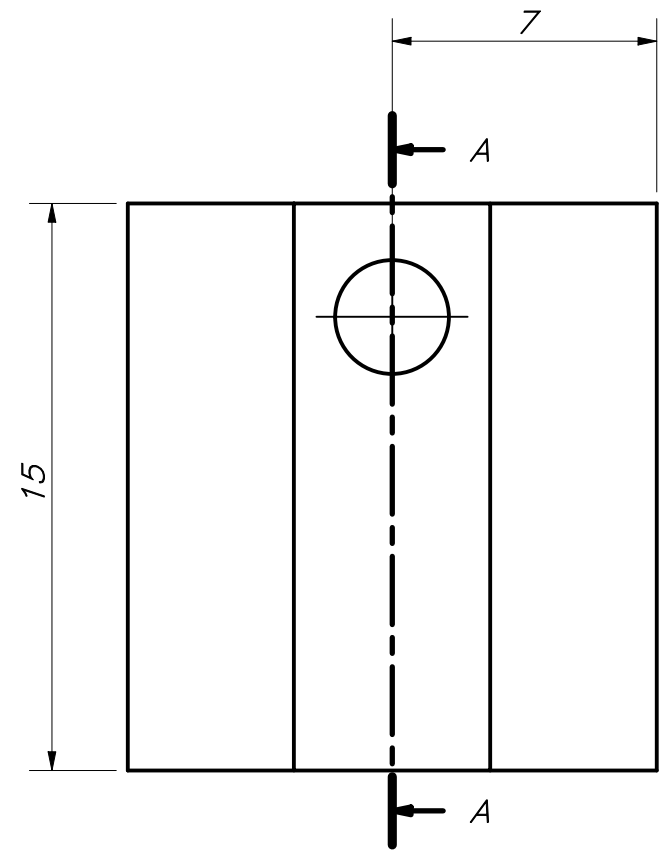
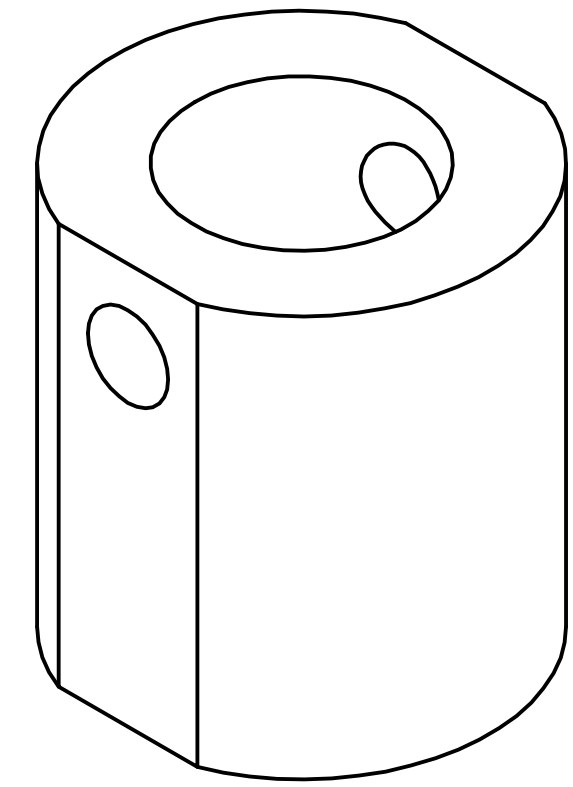
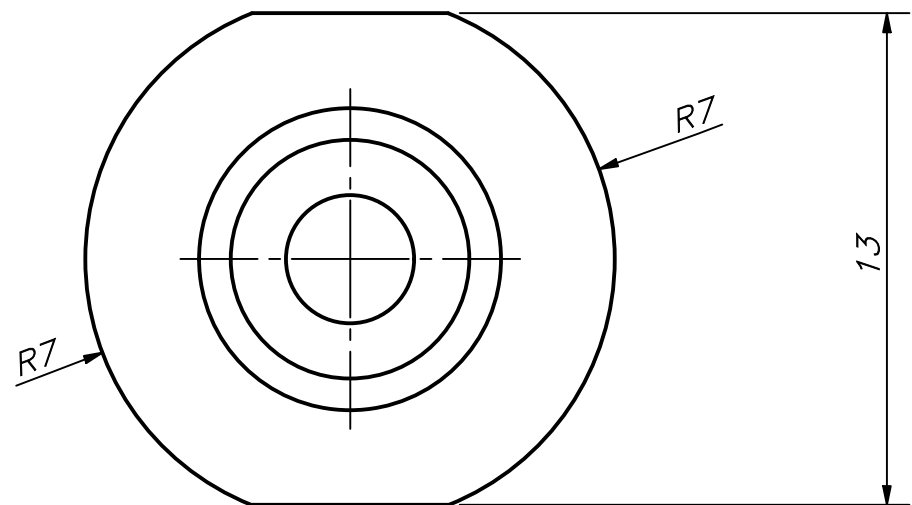
DETALLE B
ESCALA 8 : 1

PARTS LIST					
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
4	1	ISO 10642 - M3x10	ISO 10642	Steel, Mild	
3	1	CONECTOR DE ALUMINIO SERVO (PM)		Aluminum 6061	
2	1	AJUSTE DE CAUCHO		Rubber	
1	1	SERVO D956WP			

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
CIENCIAS E INGENIERÍA - 10M4

MÉTODO DE PROYECCIÓN	TRABAJO DE FIN DE CARRERA 2 - 10M4	ESCALA
	SERVO CON CONECTOR DE ALUMINIO (PM)	1:4
20163239	LEMA EROS, RAFAEL WILLIAMS	FECHA: 2020.12.04
		LÁMINA: A2

COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA
--------------	-------------	-------------

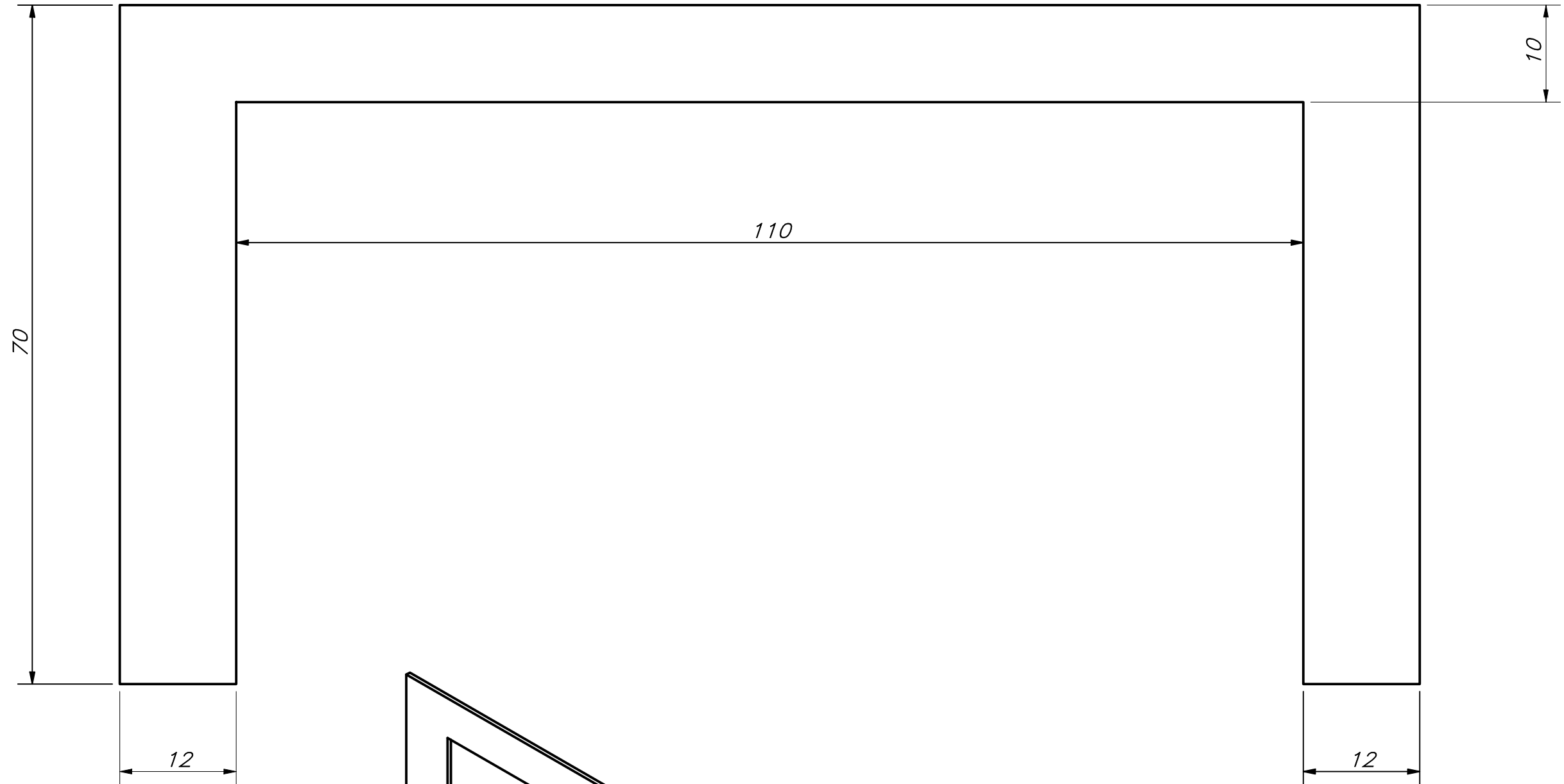


CORTE A-A

TOLERANCIAS DIMENSIONALES SEGÚN DIN ISO 2768-1							
GRADO DE EXACTITUD	Más de 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	Más de 120 hasta 400	Más de 400 hasta 1000	Más de 1000 hasta 2000
MEDIO	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2

COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA

ACABADO SUPERFICIAL 3.2/√	TOLERANCIA GENERAL DIN ISO 2768-1	MATERIAL ALUMINIO 6061
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERIA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	TRABAJO DE FIN DE CARRERA 2 – 10M4 CONECTOR DE ALUMINIO SERVO (PM)	ESCALA 5:1
20163239	LEMA EROS, RAFAEL WILLIAMS	FECHA: 2020.12.05
		LÁMINA: A3



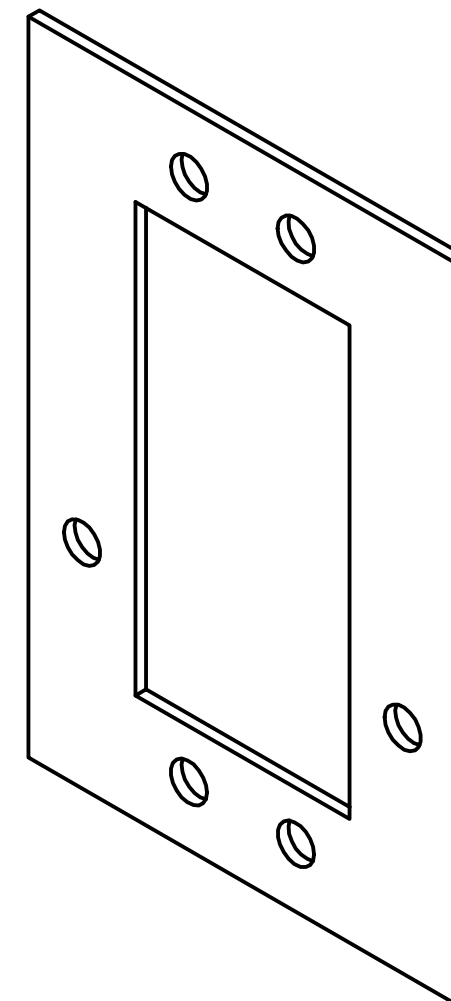
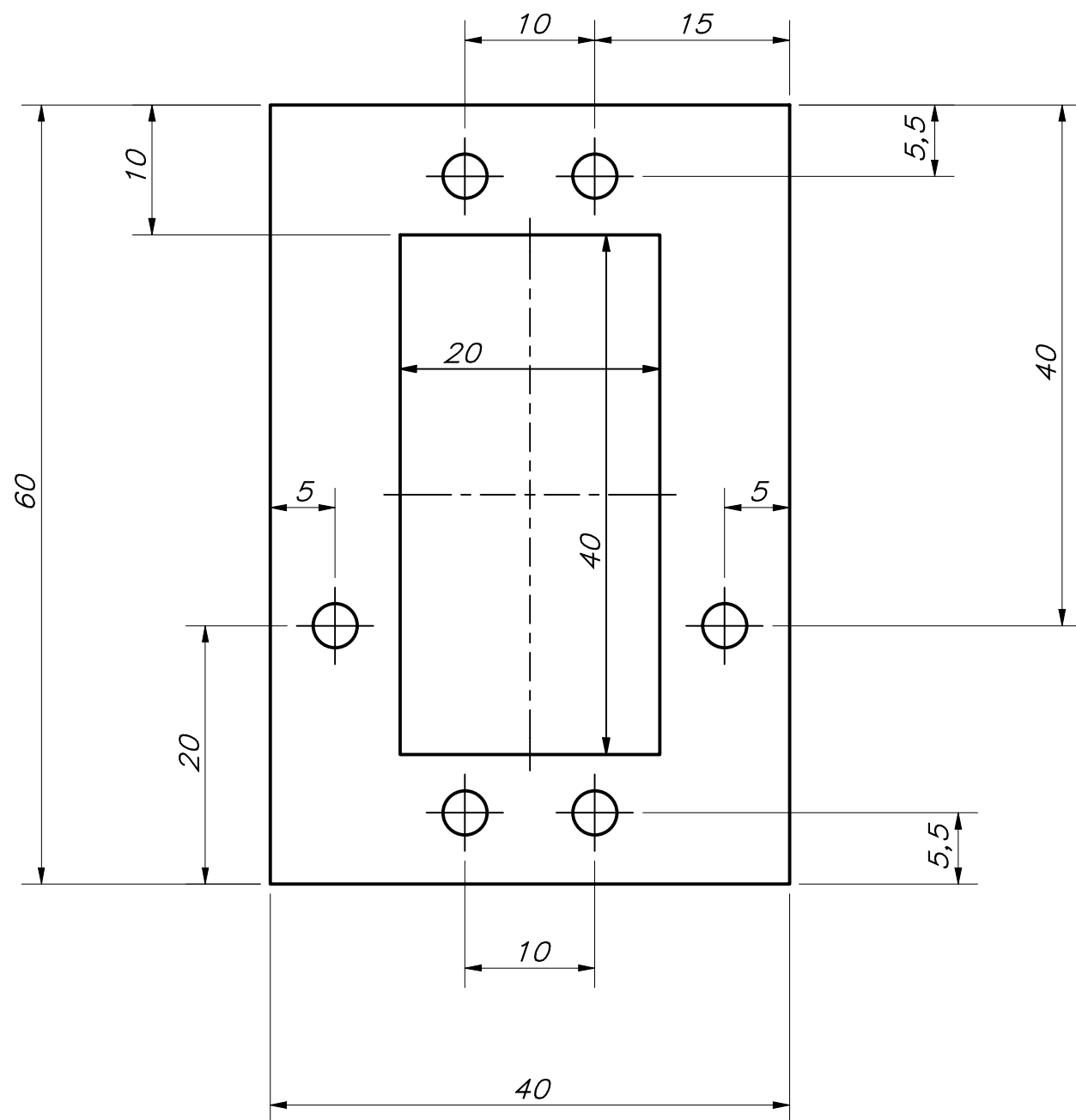
ESPESOR 1mm

ACABADO SUPERFICIAL 1.6/√	TOLERANCIA GENERAL DIN 2768 - 1	MATERIAL FIBRA DE CARBONO
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN ⊕	TRABAJO DE FIN DE CARRERA 2 - 10M4 LÁMINA FRONTAL (PM)	ESCALA 2:1
20163239	LEMA EROS, RAFAEL WILLIAMS	FECHA: 2020.12.10
COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA
		LÁMINA: A3

TOLERANCIAS DIMENSIONALES
SEGÚN DIN ISO 2768-1

GRADO DE EXACTITUD	Más de 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	Más de 120 hasta 400	Más de 400 hasta 1000	Más de 1000 hasta 2000
FINO	±0,05	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,3	±0,5

COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA
--------------	-------------	-------------



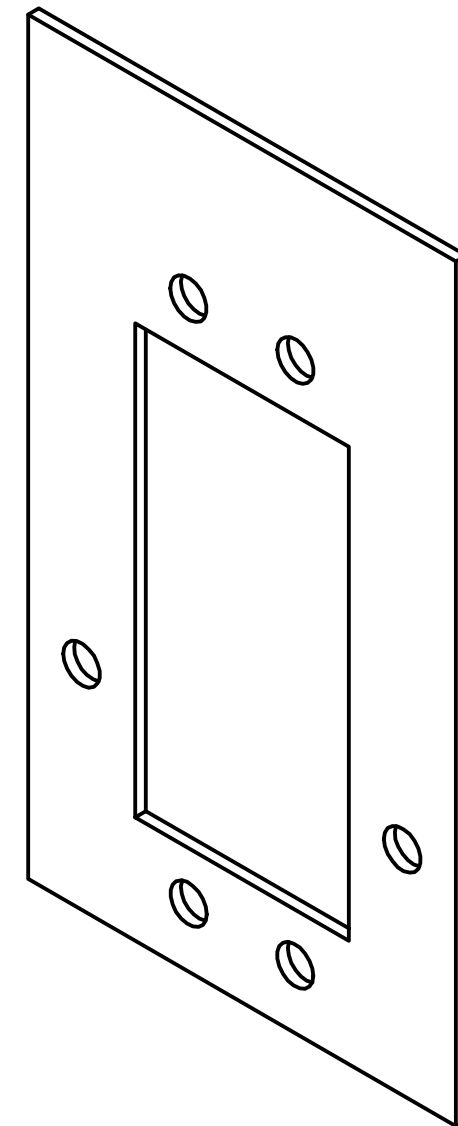
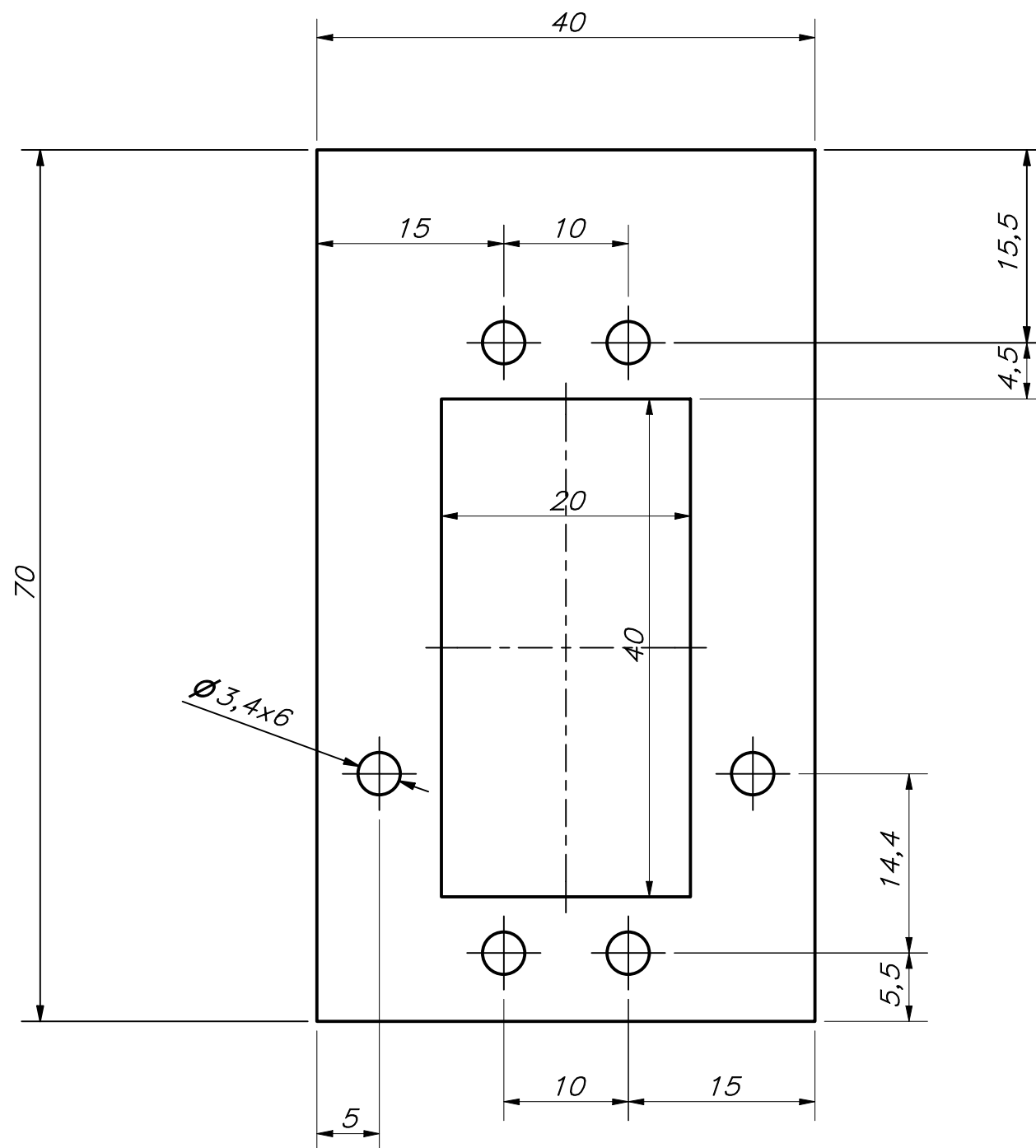
ESPESOR 1mm

ACABADO SUPERFICIAL 1.6/	TOLERANCIA GENERAL DIN 2768 - 1	MATERIAL FIBRA DE CARBONO
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	TRABAJO DE FIN DE CARRERA 2 - 10M4	ESCALA 2:1
20163239	LEMA EROS, RAFAEL WILLIAMS	FECHA: 2020.12.10
		LÁMINA: A3

TOLERANCIAS DIMENSIONALES
SEGÚN DIN ISO 2768-1

GRADO DE EXACTITUD	Más de 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	Más de 120 hasta 400	Más de 400 hasta 1000	Más de 1000 hasta 2000
FINO	±0,05	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,3	±0,5

COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA



ESPESOR 1mm

ACABADO SUPERFICIAL 1.6/√	TOLERANCIA GENERAL DIN 2768 - 1	MATERIAL FIBRA DE CARBONO
------------------------------	------------------------------------	------------------------------

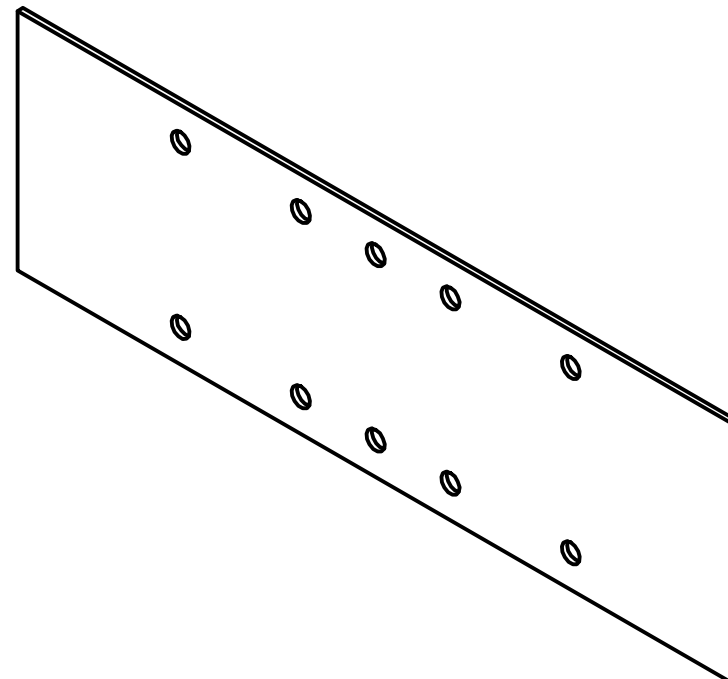
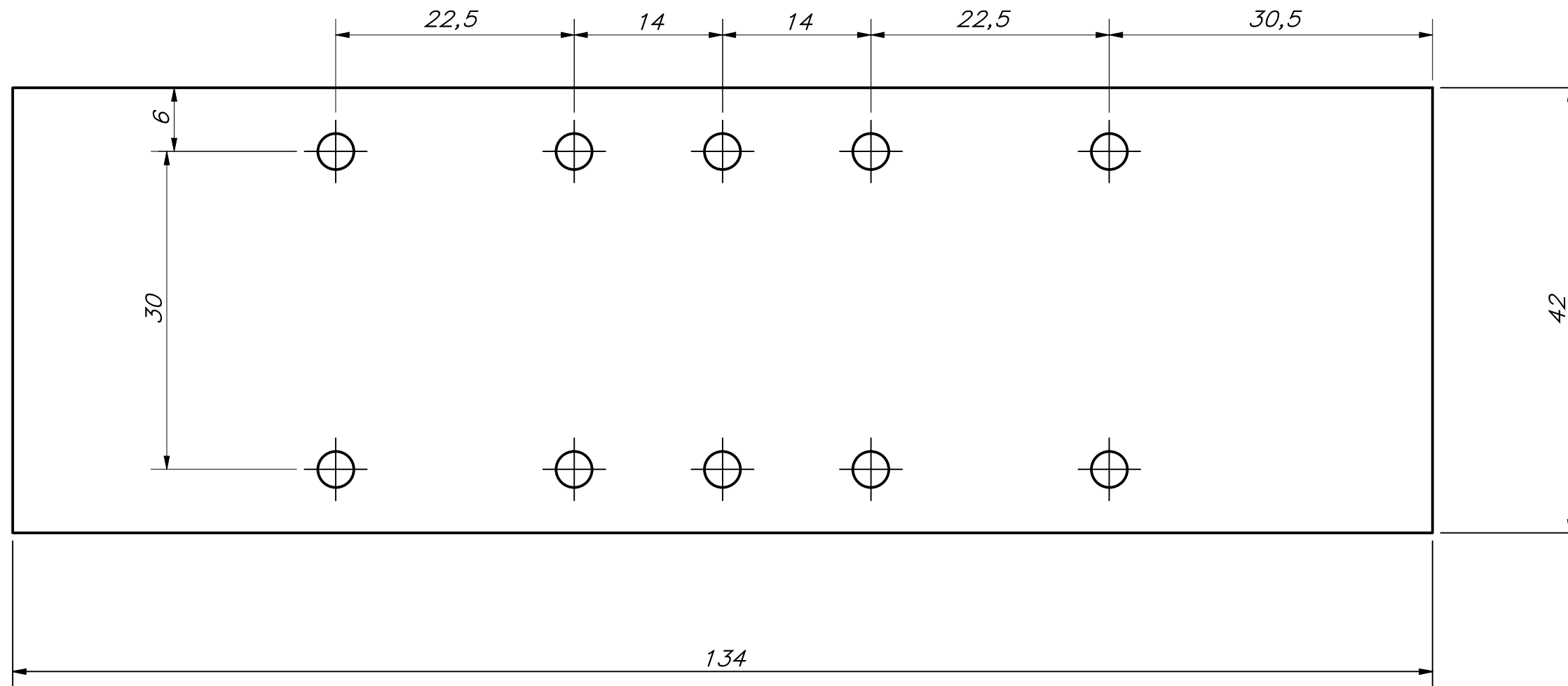
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA

MÉTODO DE PROYECCIÓN 	TRABAJO DE FIN DE CARRERA 2 - 10M4 LÁMINA LATERAL (PM)	ESCALA 2:1
20163239	LEMA EROS, RAFAEL WILLIAMS	FECHA: 2020.12.10
		LÁMINA: A3

TOLERANCIAS DIMENSIONALES
SEGÚN DIN ISO 2768-1

GRADO DE EXACTITUD	Más de 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	Más de 120 hasta 400	Más de 400 hasta 1000	Más de 1000 hasta 2000
FINO	±0,05	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,3	±0,5

COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA
--------------	-------------	-------------



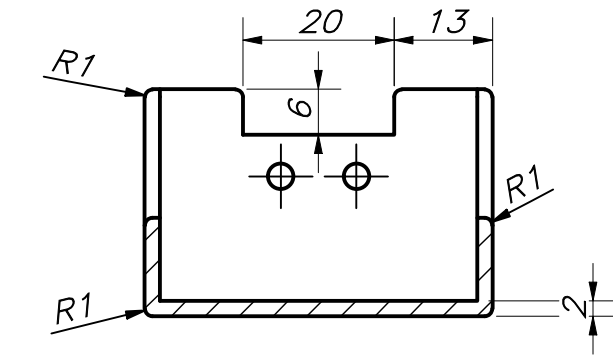
ESPESOR 1mm

ACABADO SUPERFICIAL 1.6/	TOLERANCIA GENERAL DIN 2768 - 1	MATERIAL FIBRA DE CARBONO
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	TRABAJO DE FIN DECARRERA 2 - 10M4	ESCALA 2:1
20163239	LEMA EROS, RAFAEL WILLIAMS	FECHA: 2020.12.10
		LÁMINA: A3

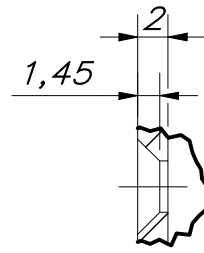
TOLERANCIAS DIMENSIONALES
SEGÚN DIN ISO 2768-1

GRADO DE EXACTITUD	Más de 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	Más de 120 hasta 400	Más de 400 hasta 1000	Más de 1000 hasta 2000
FINO	±0,05	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,3	±0,5

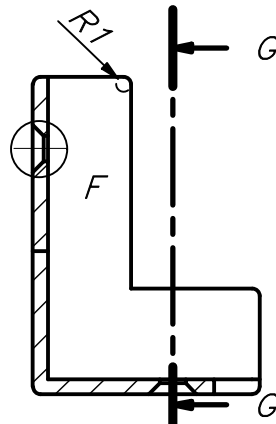
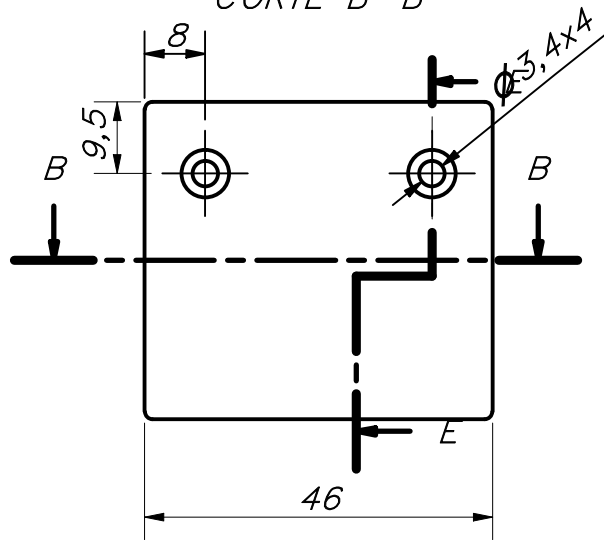
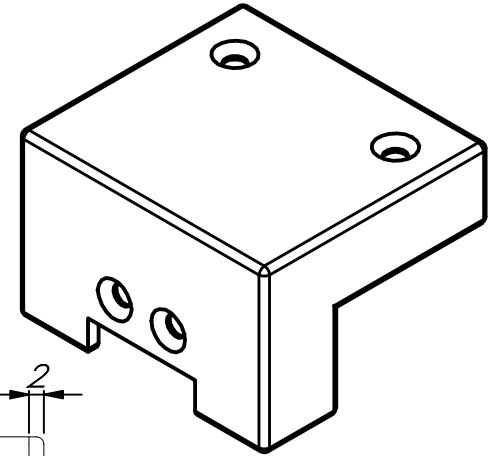
COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA



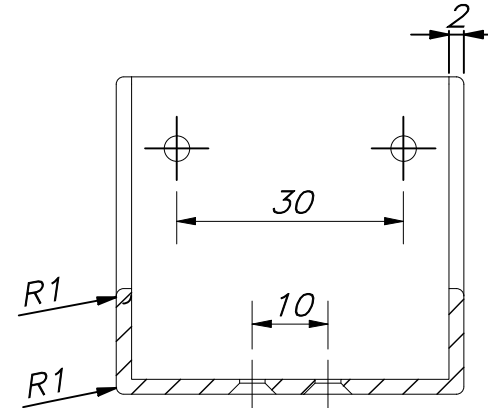
CORTE B-B



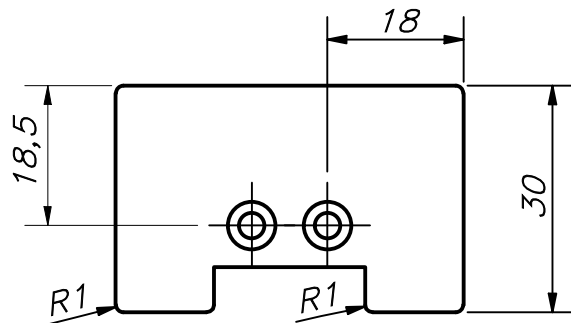
DETALLE F
ESCALA 2 : 1



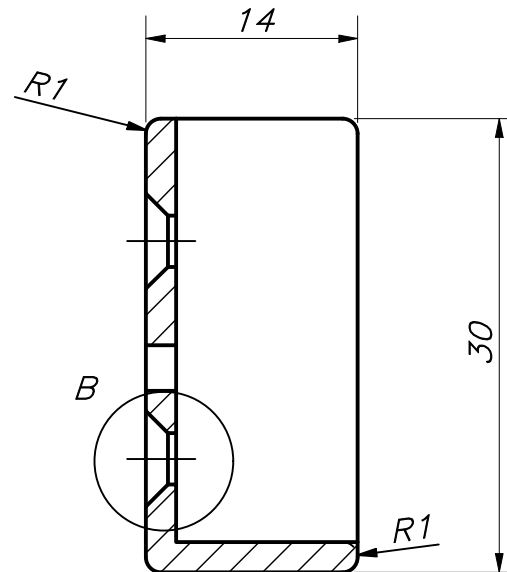
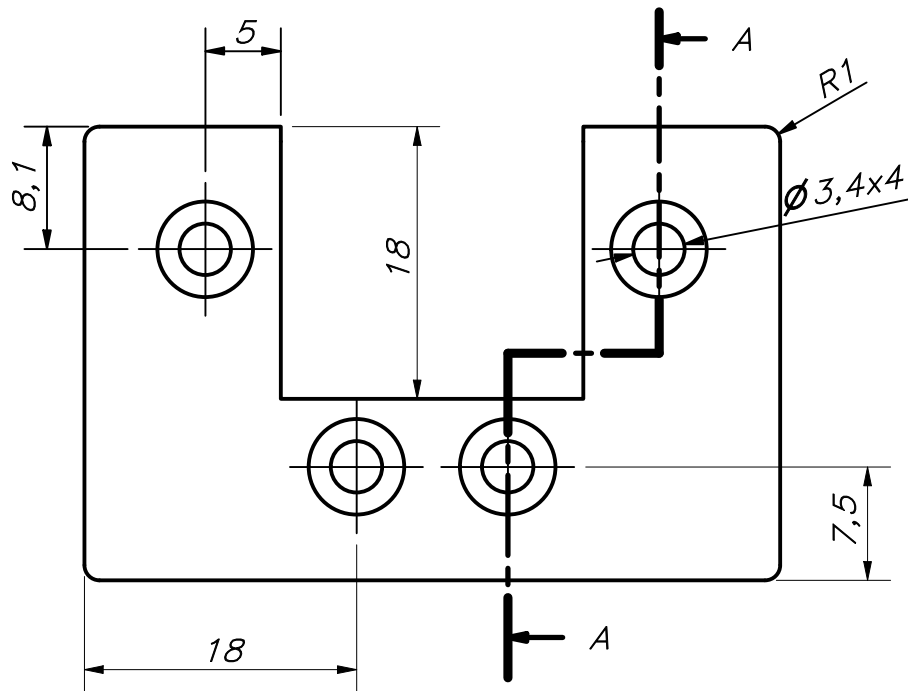
CORTE E-E



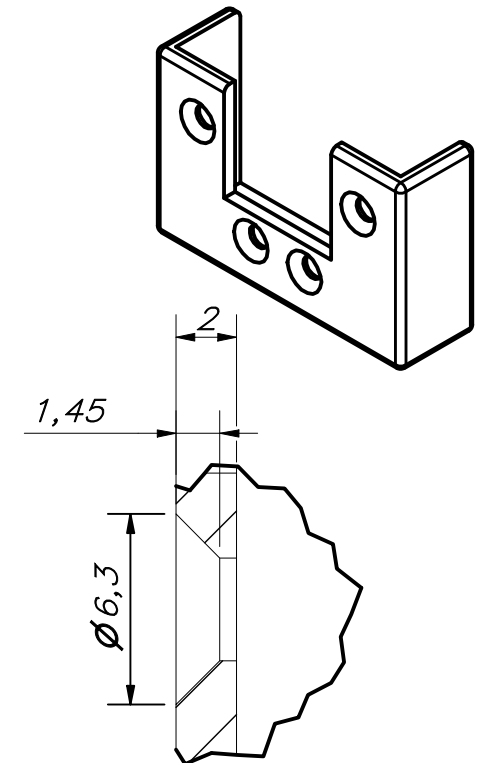
CORTE G-G



ACABADO SUPERFICIAL	TOLERANCIA GENERAL	CIENCIA E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ		
MÉTODO DE PROYECCIÓN	TRABAJO DE FIN DE CARRERA 2 - 10M4 MARCO DE SUJECIÓN SUPERIOR (PM)	ESCALA 1:1
20163239	LEMA EROS, RAFAEL WILLIAMS	FECHA: 2020.11.29
COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA
		LÁMINA: A4



CORTE A-A

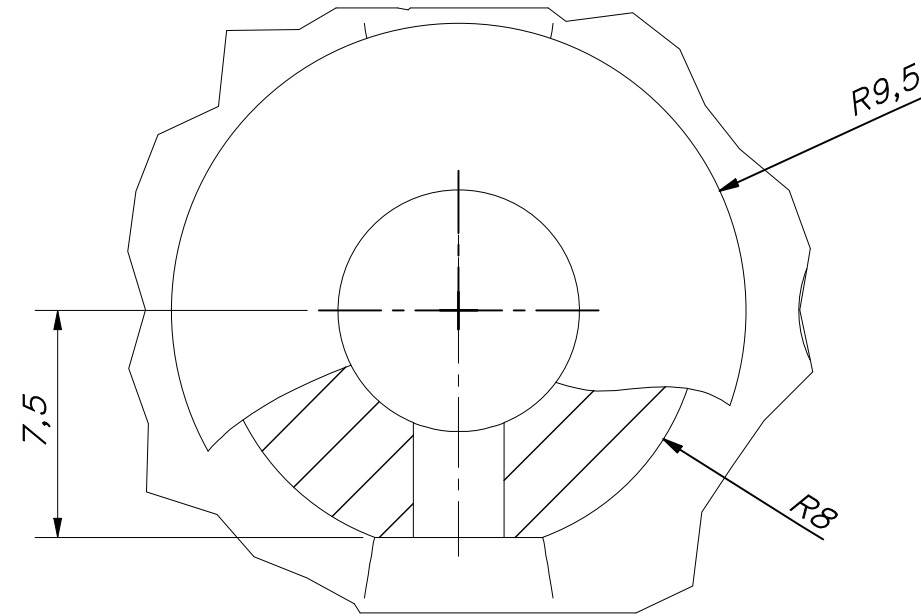
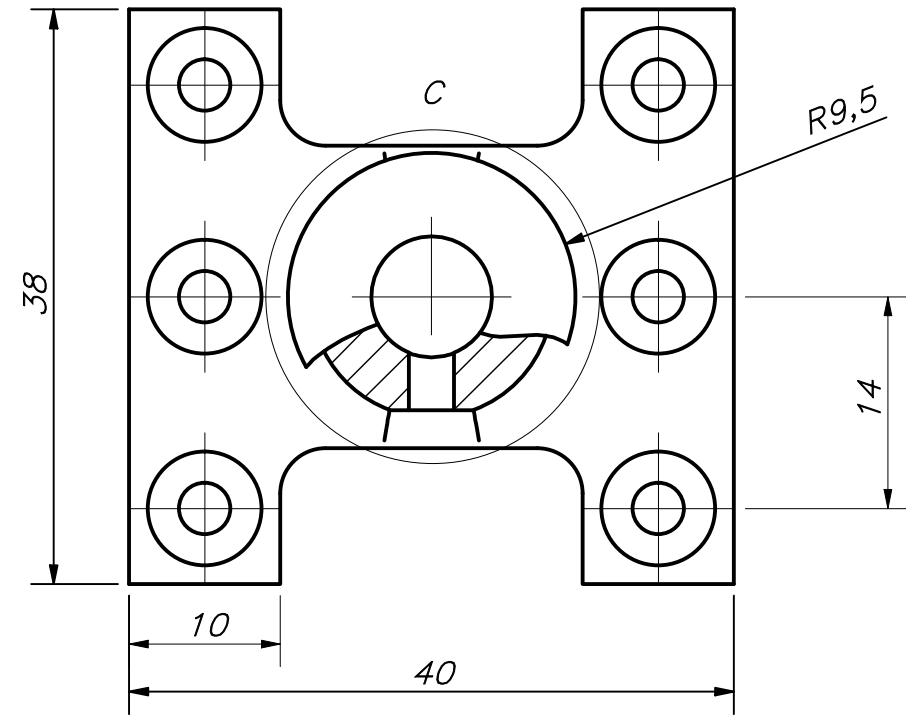


DETALLE B
ESCALA 4 : 1

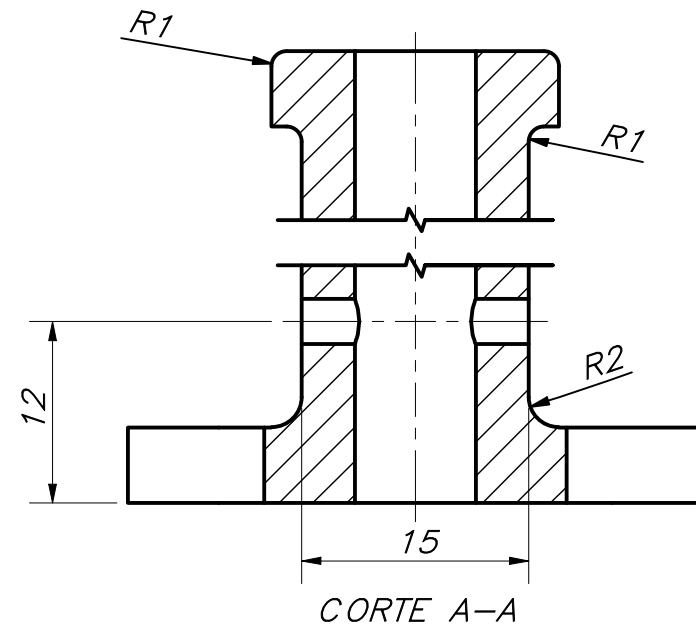
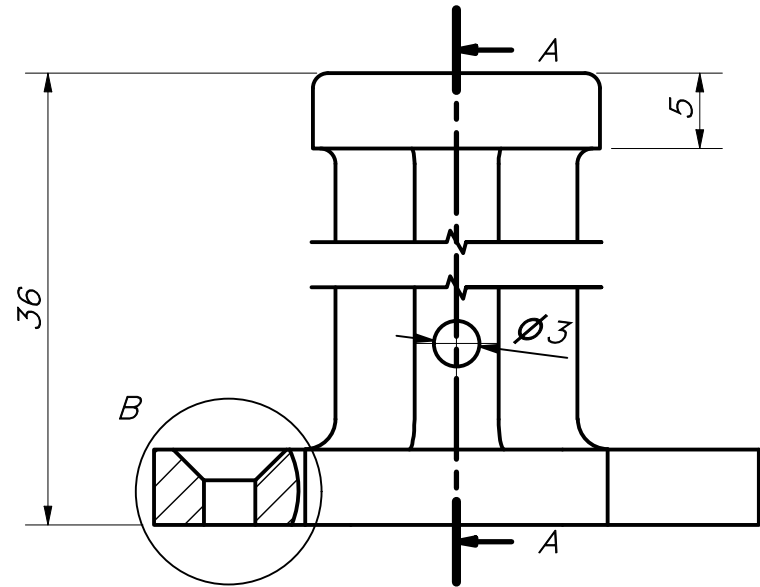
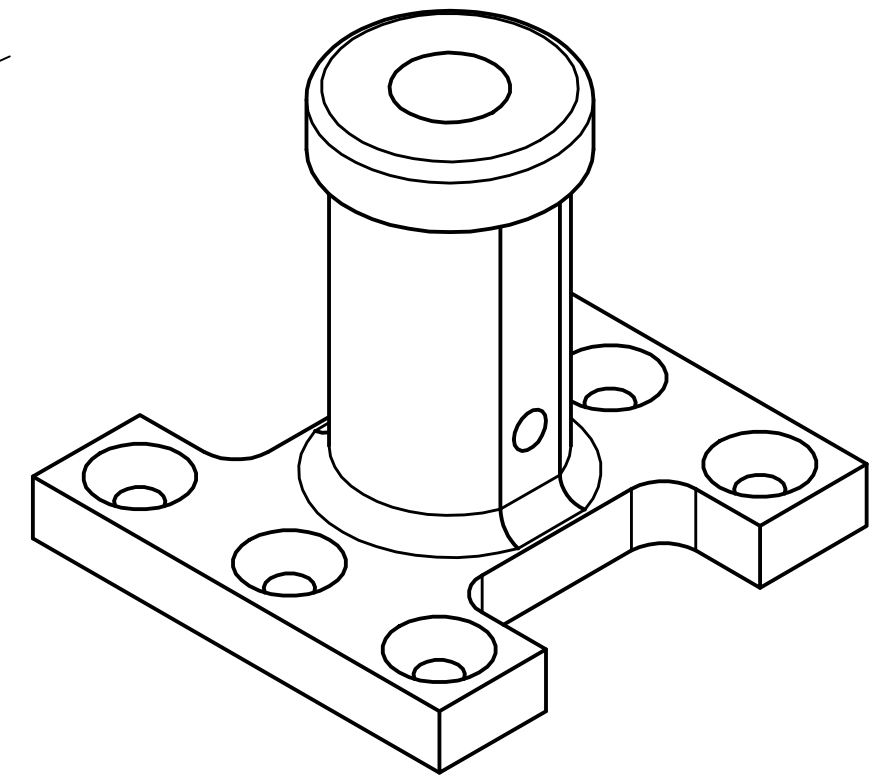


ACABADO SUPERFICIAL	TOLERANCIA GENERAL	MATERIAL
		PLÁSTICO ABS
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN	TRABAJO DE FIN DE CARRERA 2 – 10M4	ESCALA
	MARCO DE SUJECCIÓN INFERIOR (PM)	1:1
20163239	LEMA EROS, RAFAEL WILLIAMS	FECHA: 2020.11.28
		LÁMINA: A4

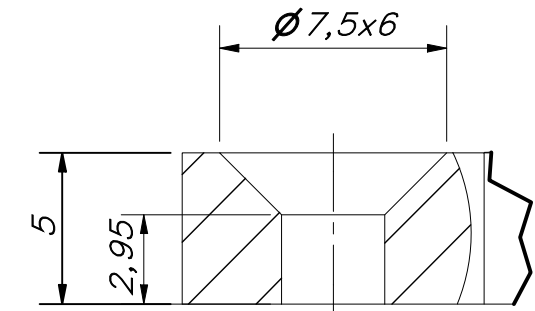
COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA
-----------------	----------------	----------------



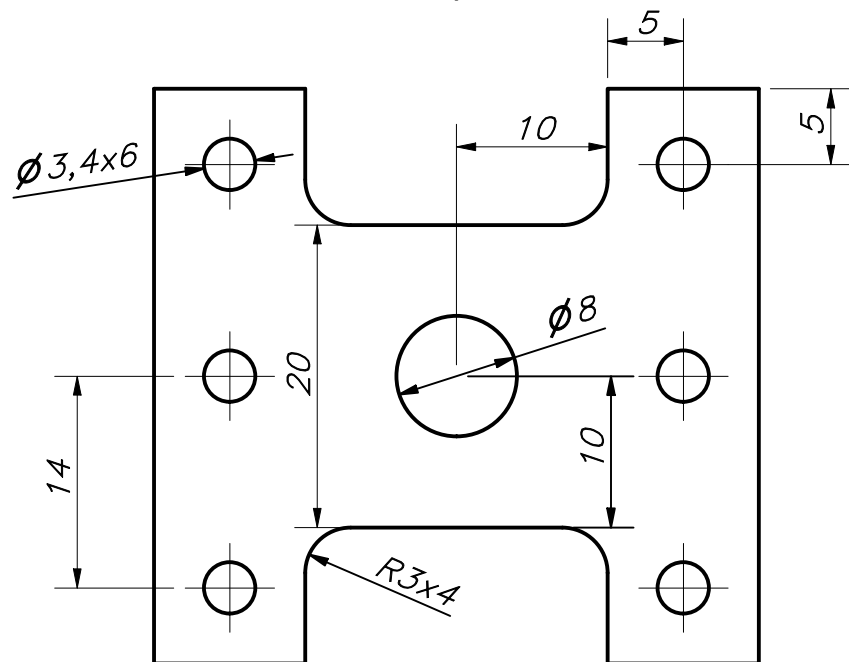
DETALLE C
ESCALA 4 : 1



CORTE A-A

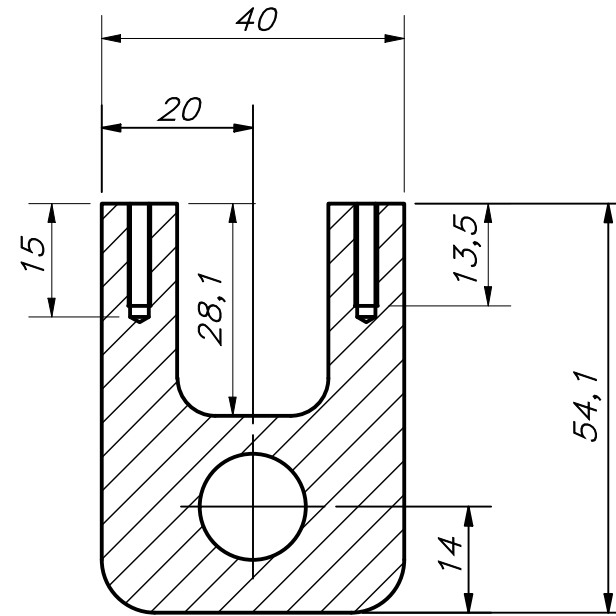
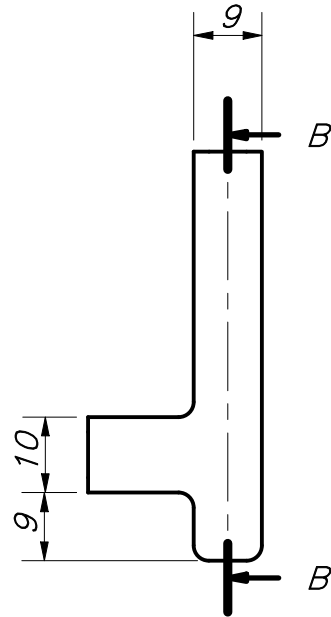
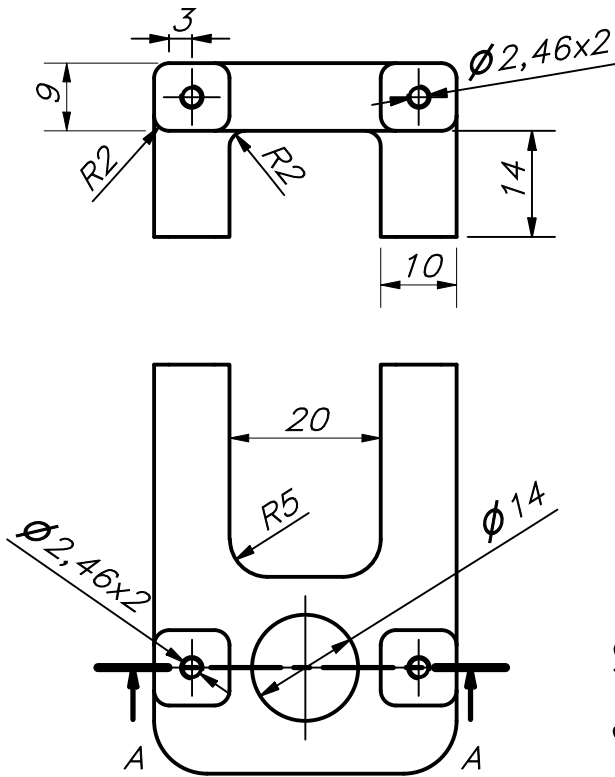


DETALLE B
ESCALA 4 : 1

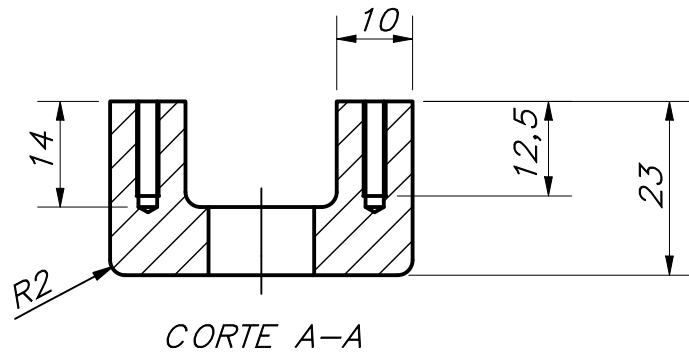
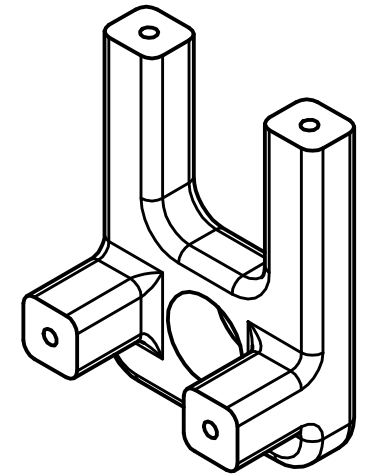


ACABADO SUPERFICIAL	TOLERANCIA GENERAL	MATERIAL
		PLASTICO ABS
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ		
MÉTODO DE PROYECCIÓN	TRABAJO FIN DE CARRERA 2 - 10M4	ESCALA
	CONECTOR A LA PARTE SUPERIOR (PM)	2:1
20163239	LEMA EROS, RAFAEL WILLIAMS	FECHA: 2020.10.01
		LÁMINA: A3

COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA



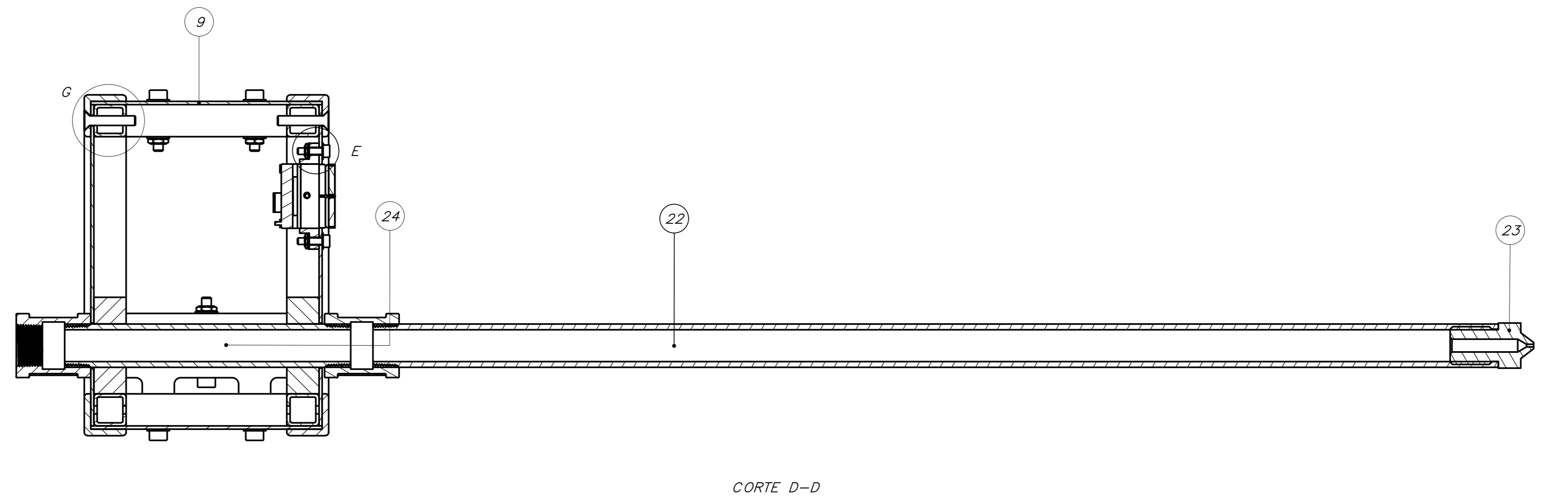
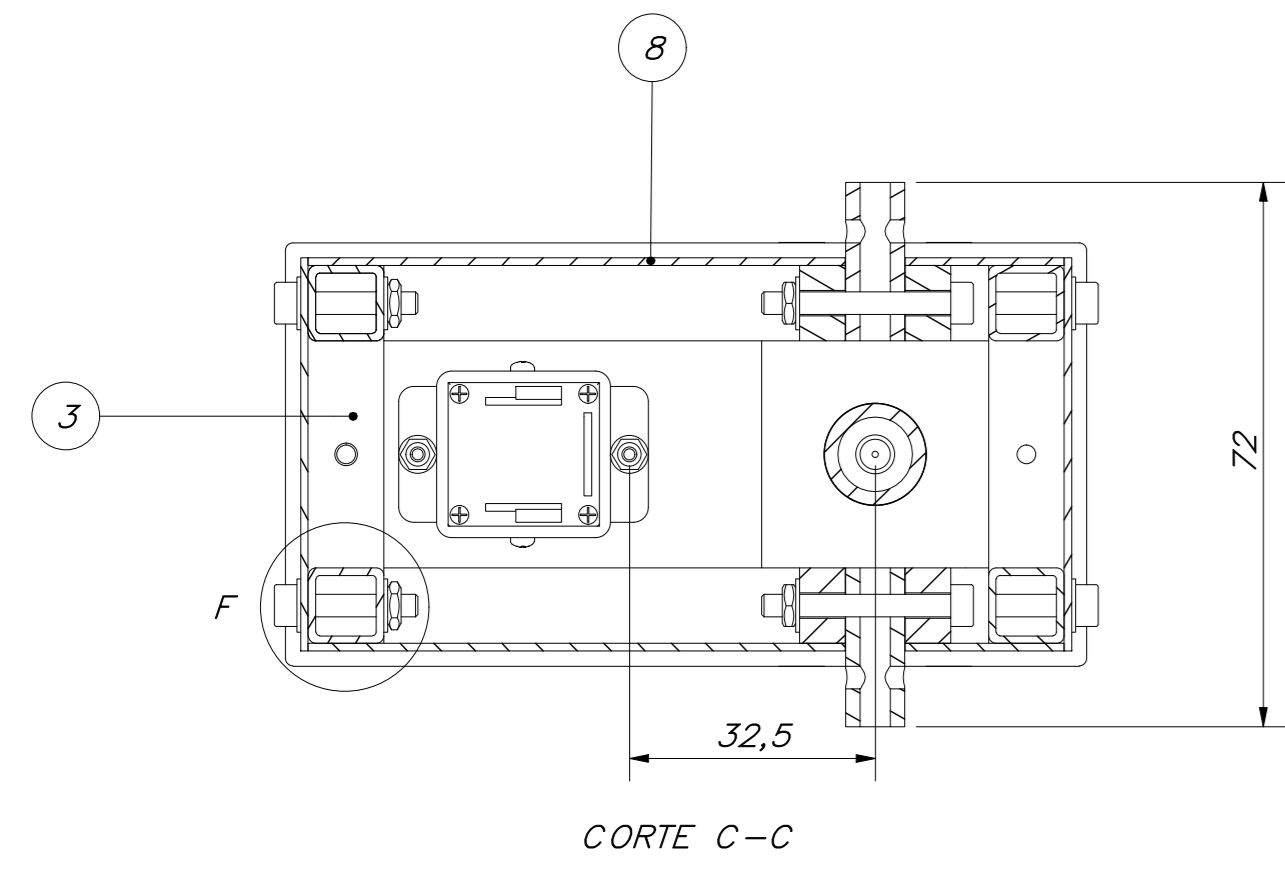
CORTE B-B



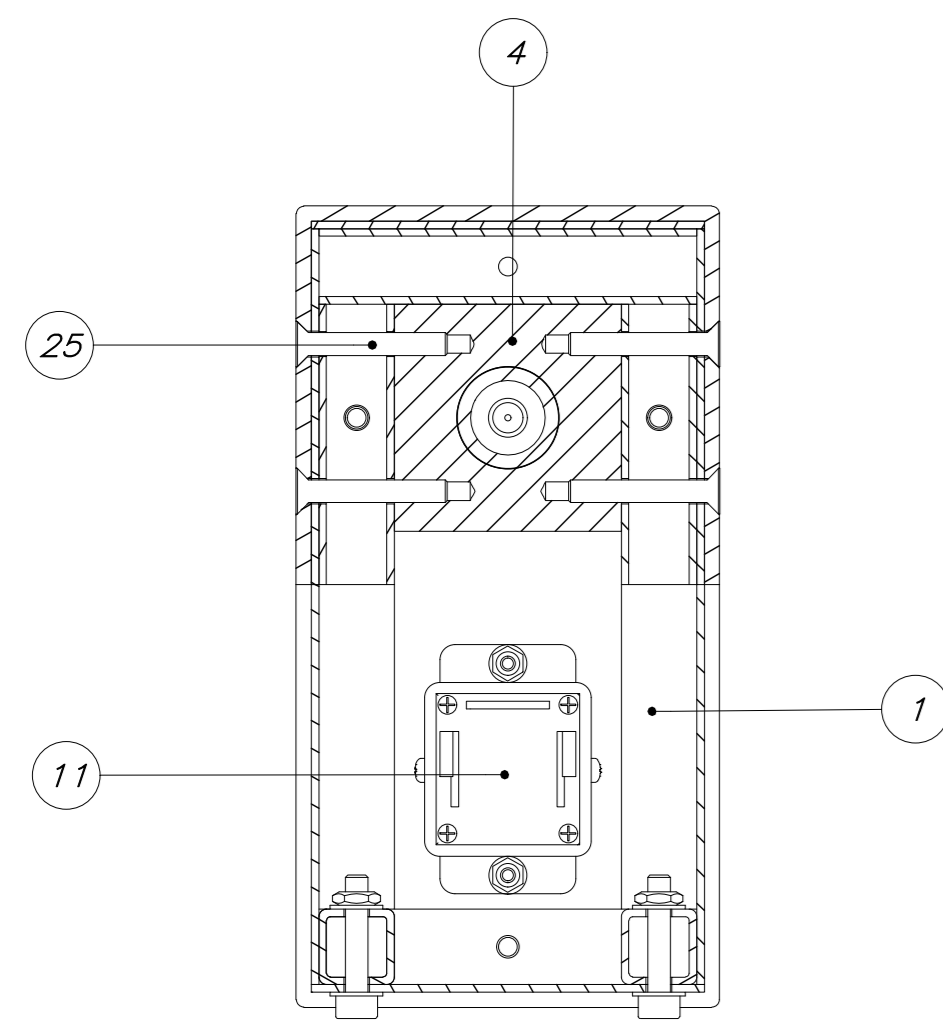
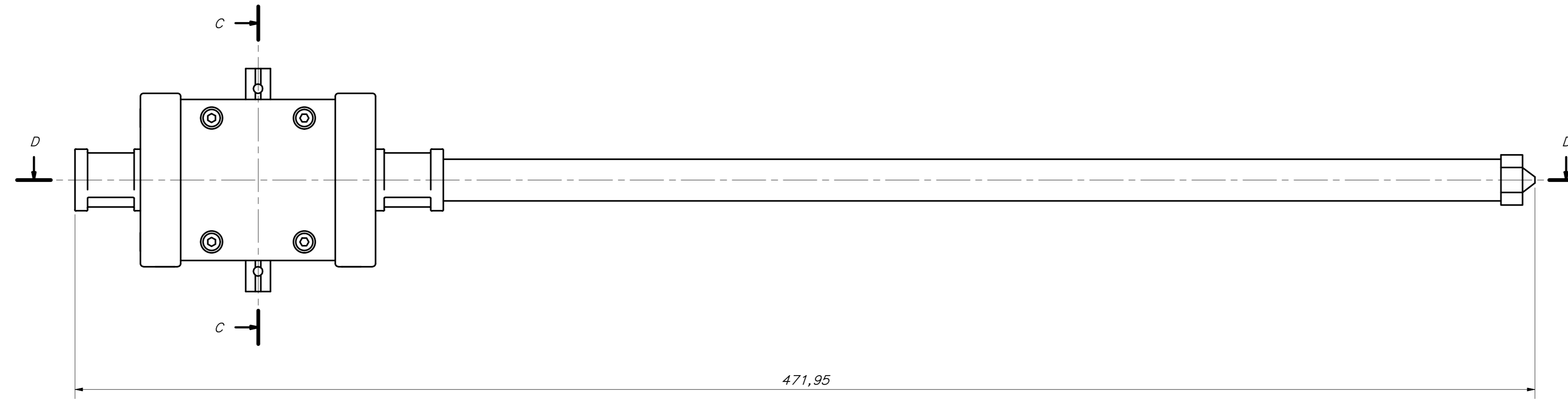
CORTE A-A

ACABADO SUPERFICIAL	TOLERANCIA GENERAL	MATERIAL
		PLÁSTICO ABS
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN	TRABAJO DE FIN DE CARRERA 2 – 10M4	ESCALA
	SOPORTE DEL SERVO (PM)	1:1
20163239	LEMA EROS, RAFAEL WILLIAMS	FECHA: 2020.11.28
		LÁMINA: A4

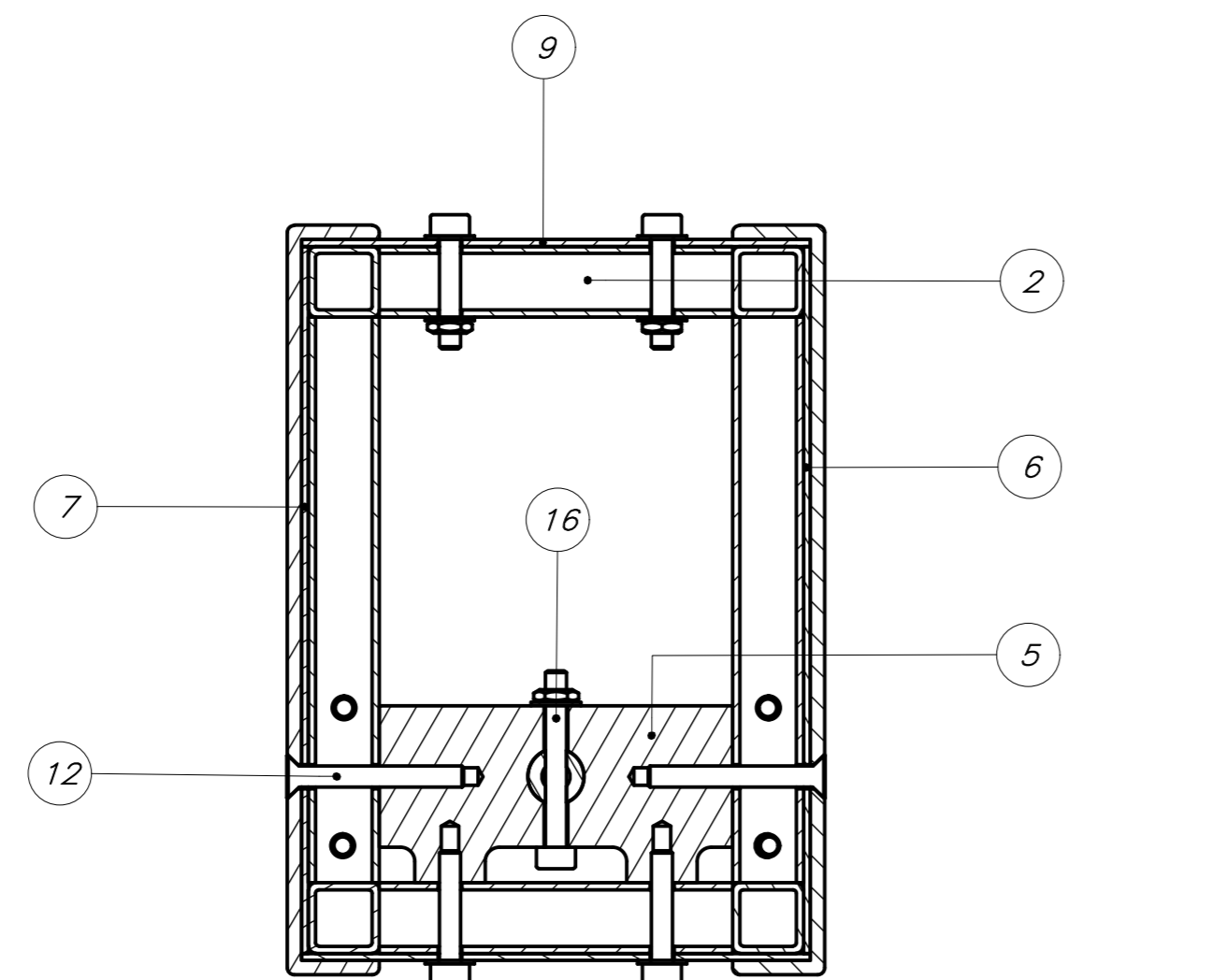
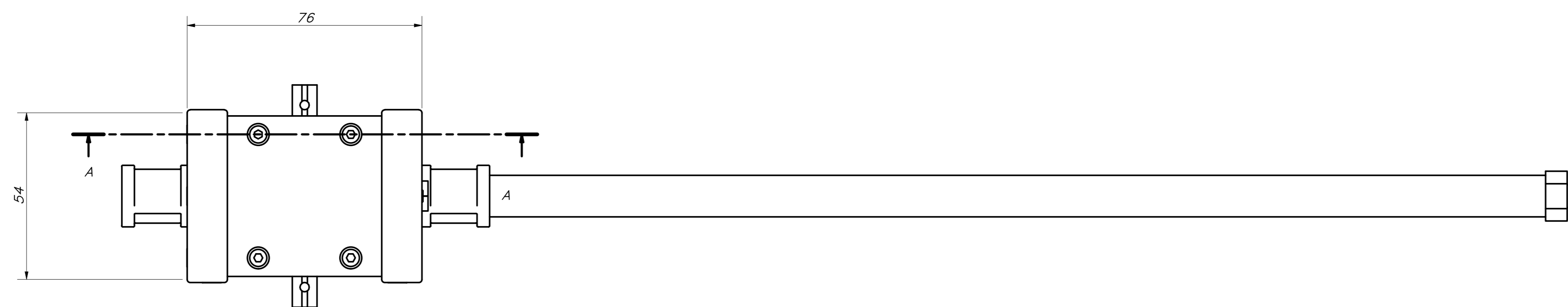
COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA



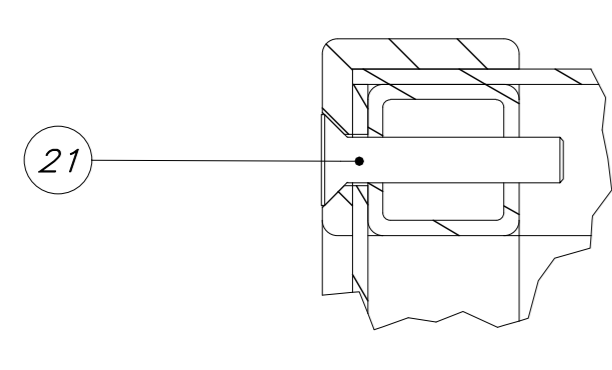
CORTE D-D



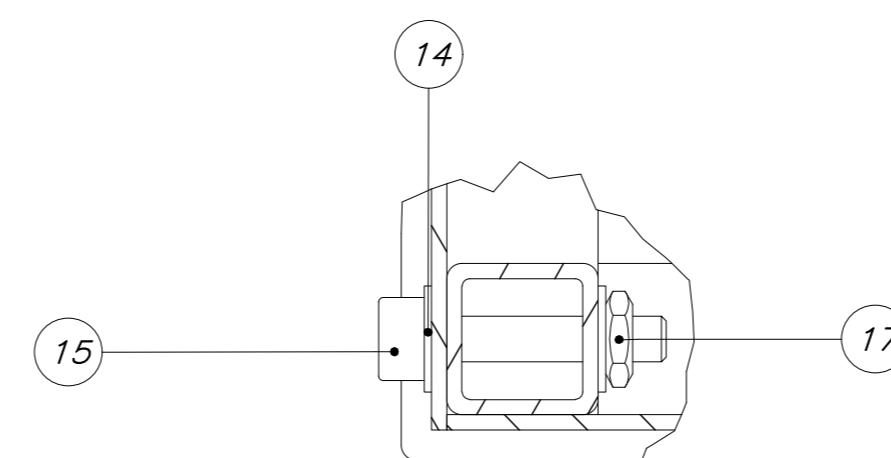
CORTE B-B



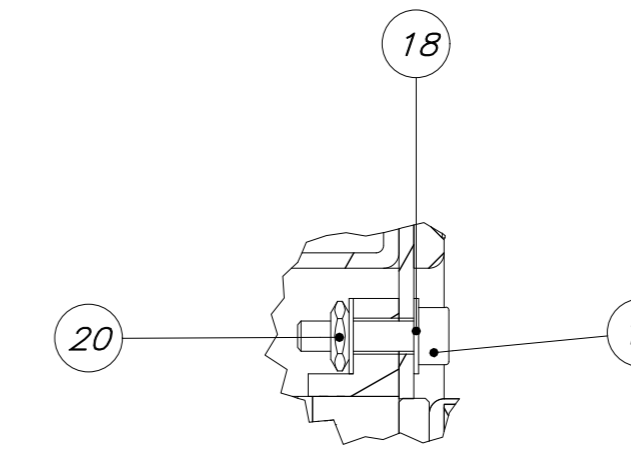
CORTE A-A



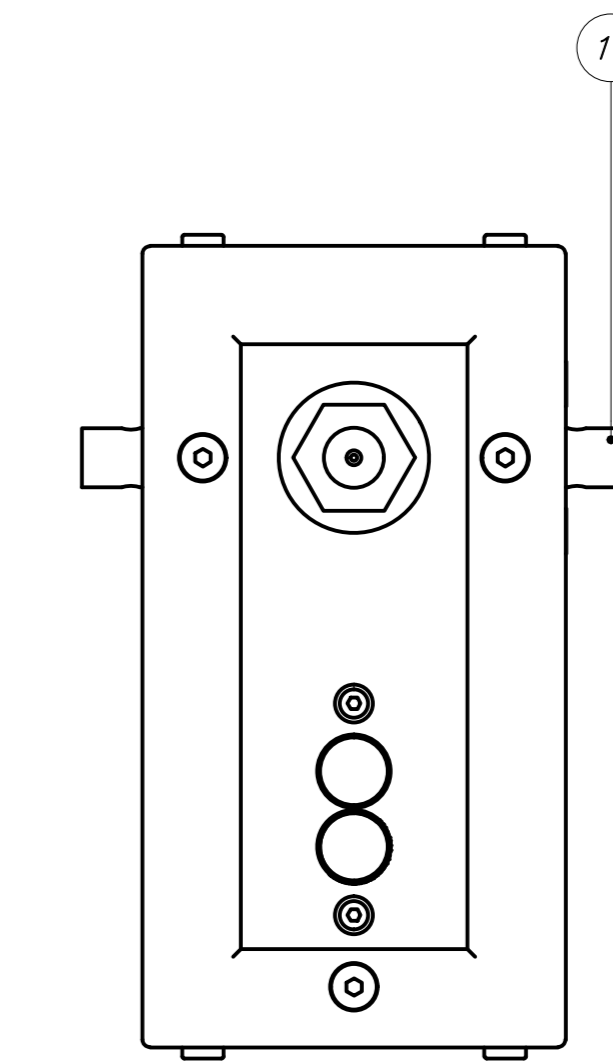
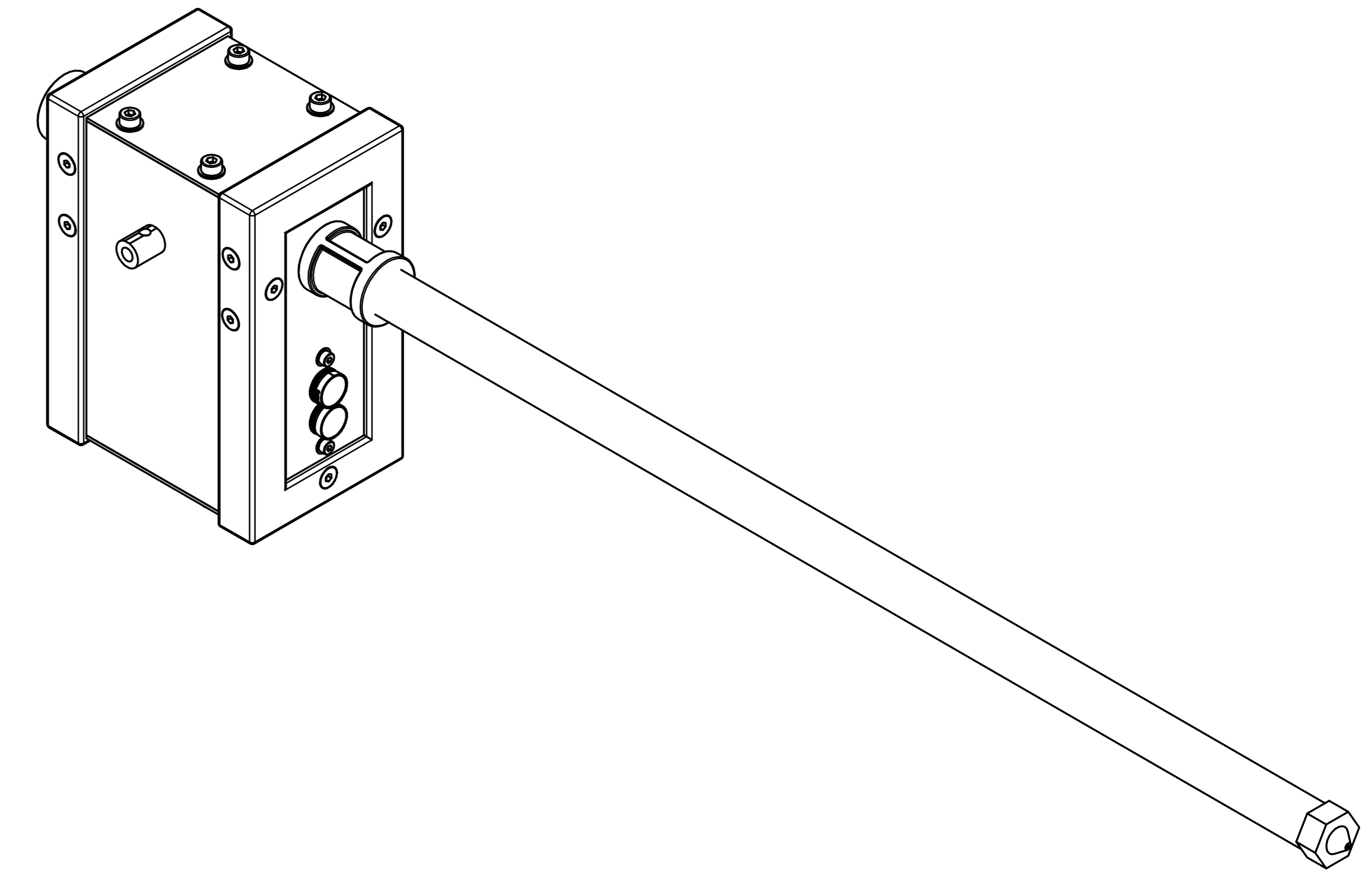
DETALLE G
ESCALA 2 : 1



DETALLE F
ESCALA 2 : 1



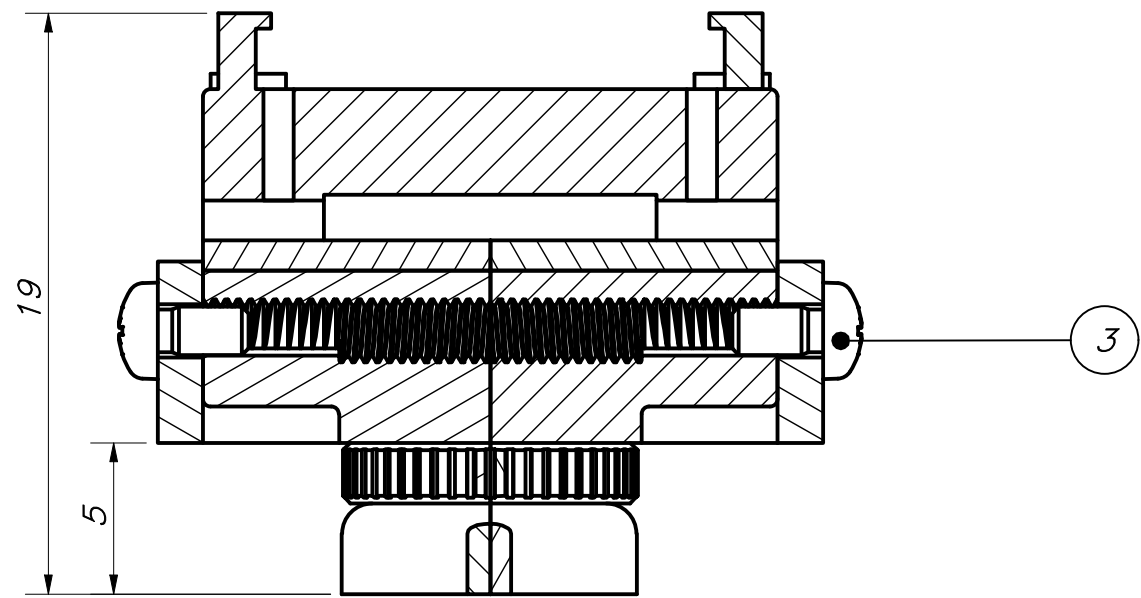
DETALLE E
ESCALA 2 : 1



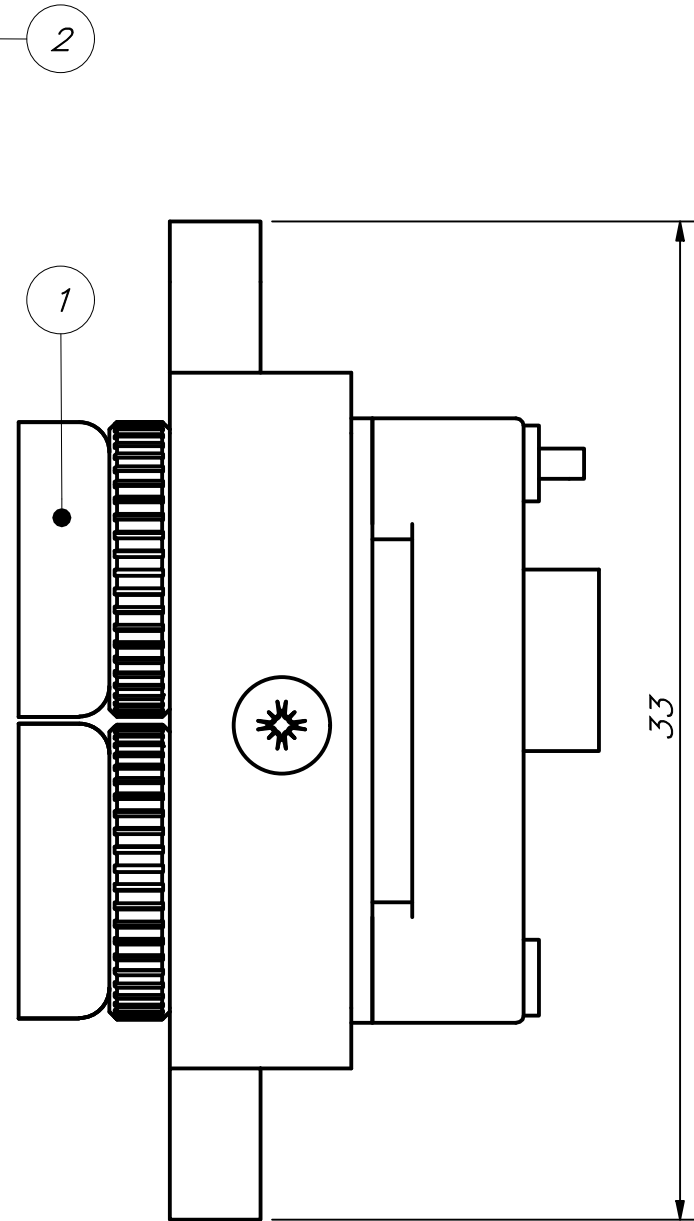
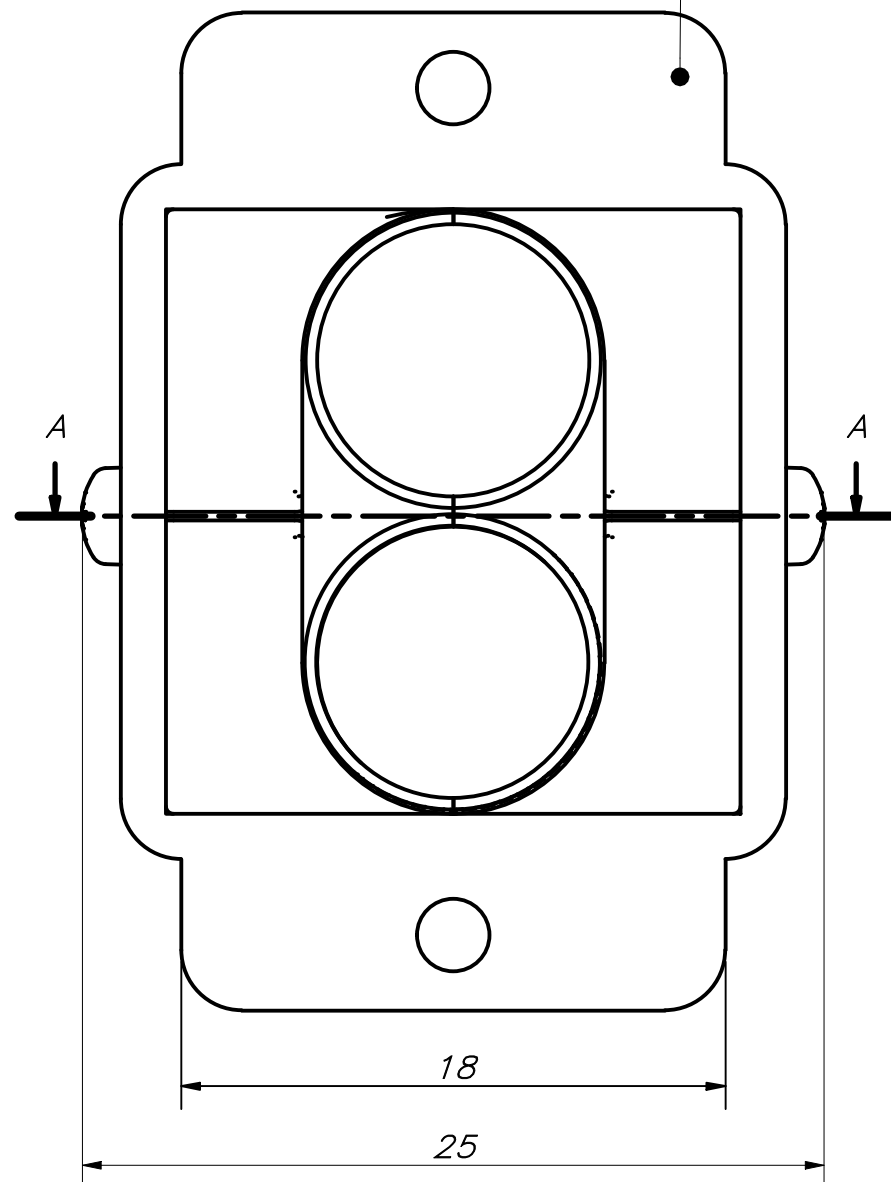
PARTS LIST					
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
25	8	ISO 10642 - M3x20	ISO 10642	Steel, Mild	
24	1	SISTEMA DE TUBERIAS DEL MÓDULO		Stainless Steel, 304	
23	1	BROQUILLA DE 0.25in		Stainless Steel, 304	
22	1	TUBO DE EXHAUSTIÓN		Stainless Steel, 304	
21	2	ISO 10642 - M3x16	ISO 10642	Steel, Mild	
20	2	ISO 4035 - M2	ISO 4035	Stainless Steel, 440C	
19	2	ISO 4762 - M2 x 8	ISO 4762	Stainless Steel, 440C	
18	4	ISO 7089 - 2	ISO 7089	Stainless Steel	
17	6	ISO 4035 - M3	ISO 4035	Stainless Steel, 440C	
16	2	ISO 4762 - M3 x 25	ISO 4762	Stainless Steel, 440C	
15	8	ISO 4762 - M3 x 16	ISO 4762	Stainless Steel, 440C	
14	14	ISO 7089 - 3	ISO 7089	Stainless Steel	
13	2	TUBO CIRCULAR DE TRANSMISIÓN	CFRP		
12	4	ISO 10642 - M3x25	ISO 10642	Steel, Mild	
11	1	CÁMARA FPV CON SOPORTE (PI)			
10	2	MARCO (PI)		ABS Plastic	
9	2	LÁMINA HORIZONTAL (PI)		CFRP	
8	2	LÁMINA LATERAL (PI)		CFRP	
7	1	LÁMINA POSTERIOR (PI)		CFRP	
6	1	LÁMINA FRONTAL (PI)		CFRP	
5	2	SOPORTE DEL TUBO DE TRANSMISIÓN (PI)		ABS Plastic	
4	2	SOPORTE DE TUBERÍA (PI)		ABS Plastic	
3	4	TUBO CUADRADO 10x10 - 30mm	CFRP		
2	4	TUBO CUADRADO 10x10 - 30mm	CFRP		
1	4	TUBO CUADRADO 10x10 - 80mm	CFRP		

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
METODO DE PROYECCIÓN	MÓDULO - PARTE INFERIOR	ESCALA 1:1
20163239	LEMA EROS, RAFAEL WILLIAMS	FECHA: 2020.11.19 LÁMINA: AO

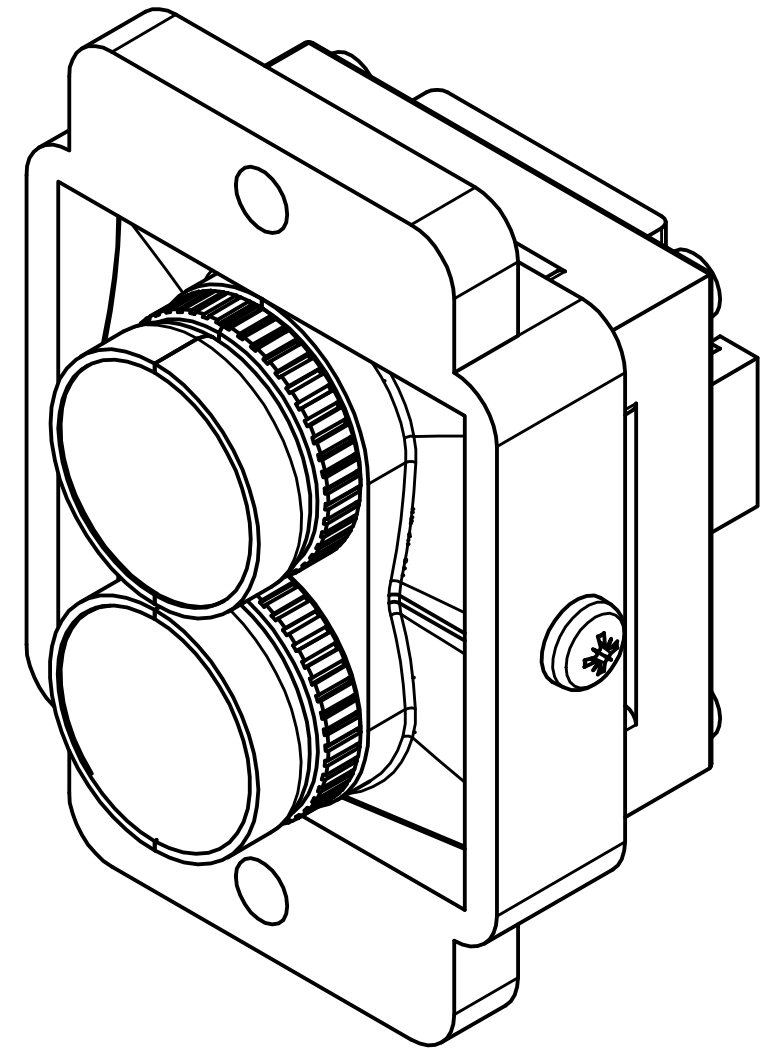
COTA NOMINAL COTA MÁXIMA COTA MÍNIMA



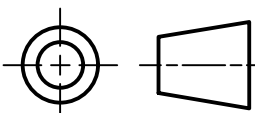
CORTE A-A

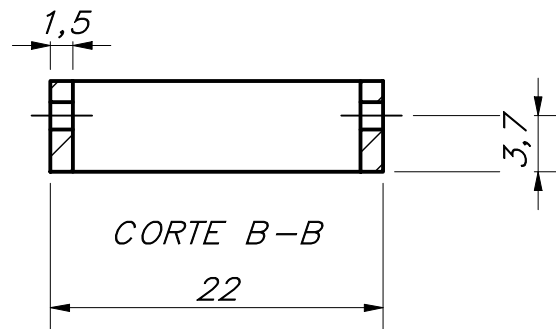
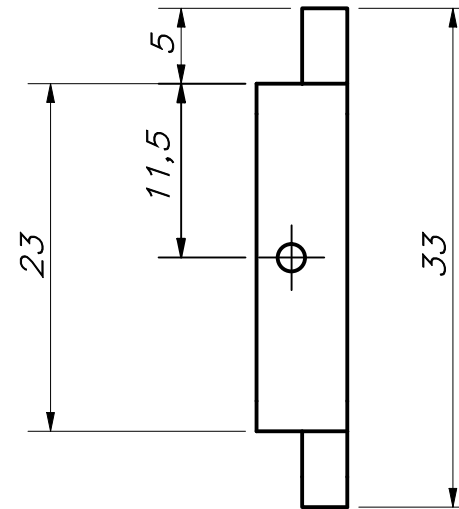
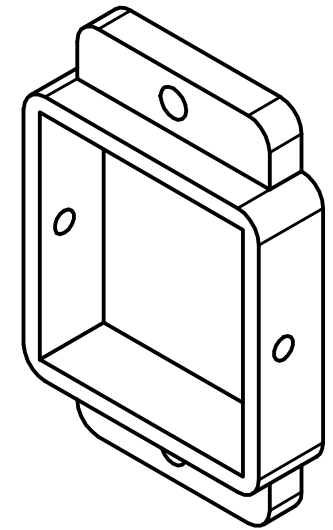
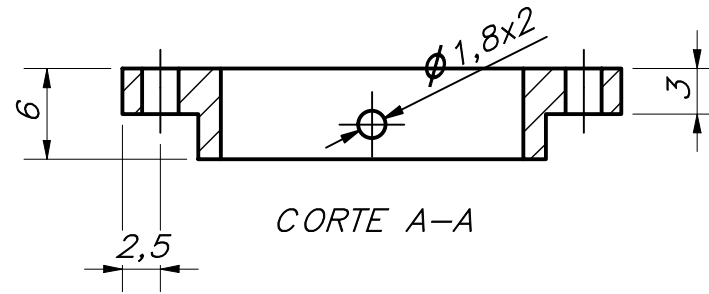
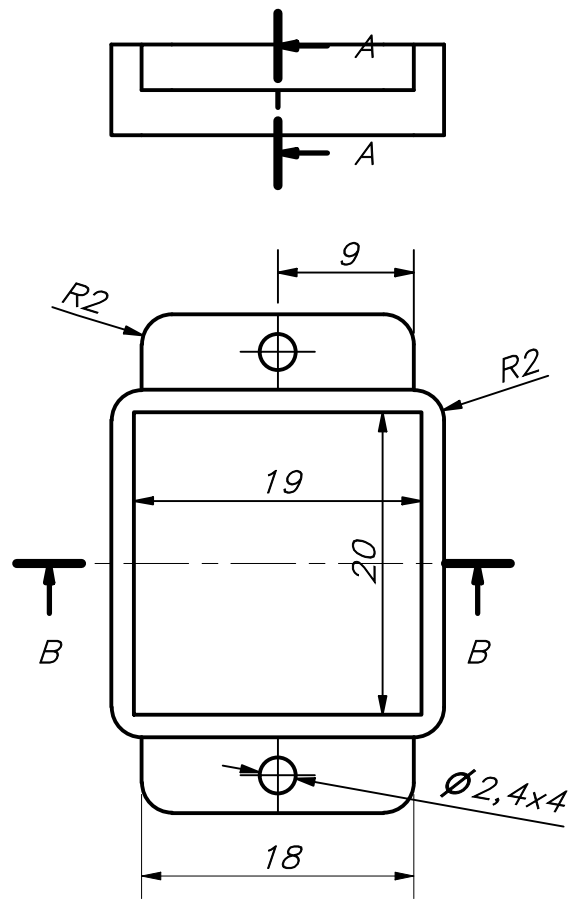


COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA
--------------	-------------	-------------



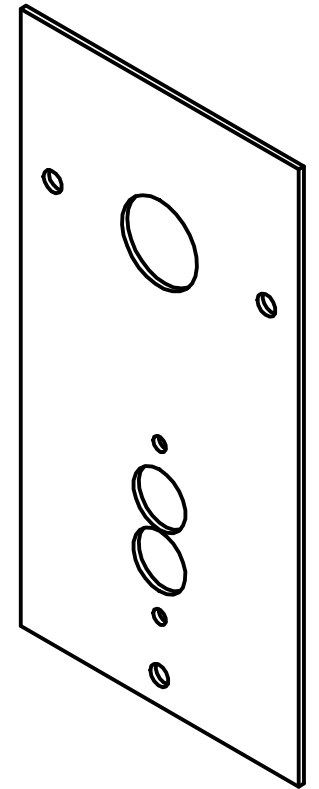
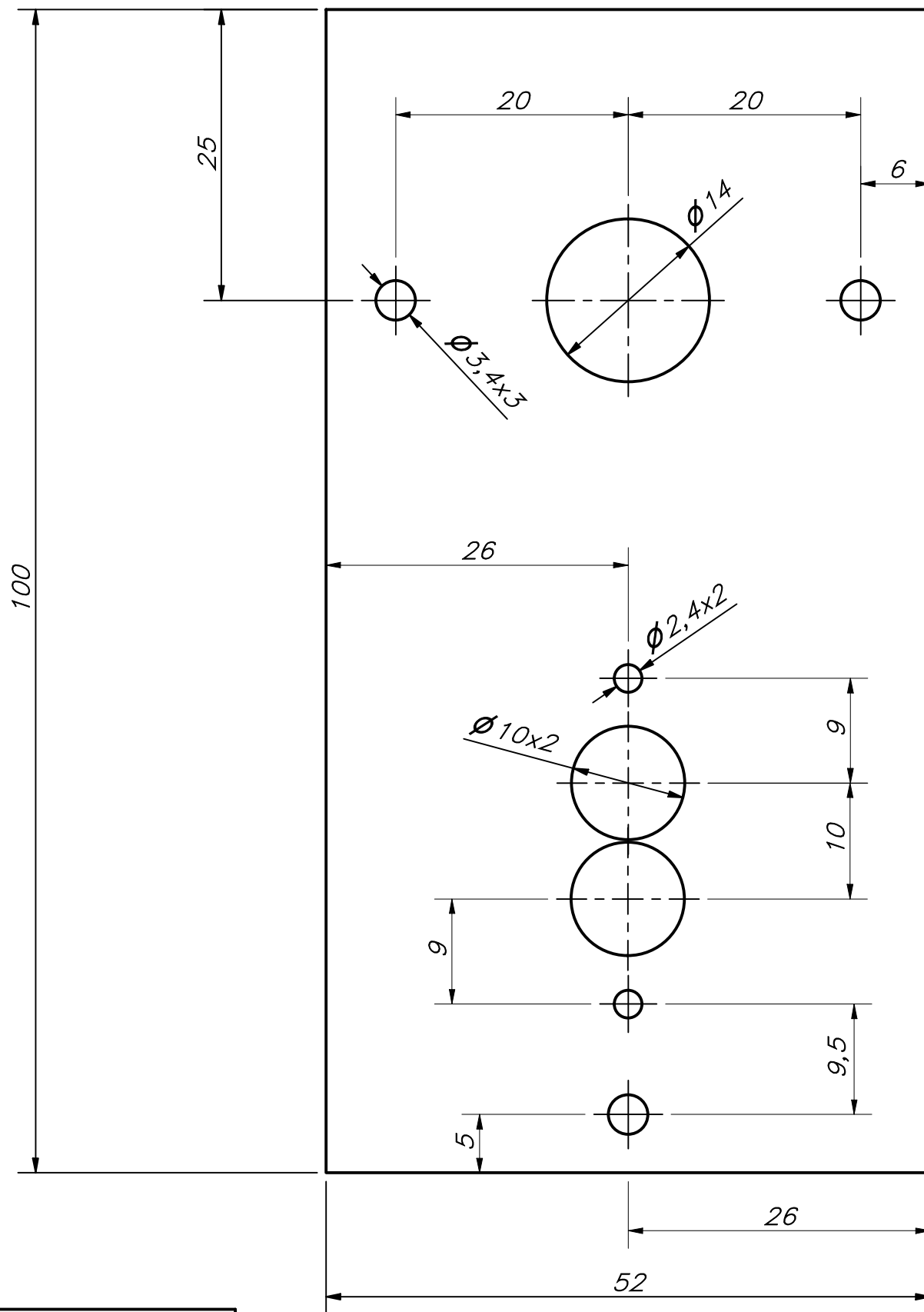
PARTS LIST					
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
3	2	ISO 7045 - M1.6 x 3 - 4.8 - Z	ISO 7045	Steel	
2	1	SOPORTE DE LA CÁMARA FPV (PI)		ABS Plastic	
1	1	CÁMARA FPV CADDX TARSIER			

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	TRABAJO DE FIN DE CARRERA 2 - 10M4 CÁMARA FPV CON SOPORTE (PI)	ESCALA 4:1
20163239	LEMA EROS, RAFAEL WILLIAMS	FECHA: 2020.12.07
		LÁMINA: A3



ACABADO SUPERFICIAL	TOLERANCIA GENERAL	MATERIAL
		PLÁSTICO ABS
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN	TRABAJO DE FIN DE CARRERA 2 – 10M4	ESCALA
	SOPORTE DE LA CÁMARA FPV (PI)	2:1
20163239	LEMA EROS, RAFAEL WILLIAMS	FECHA: 2020.11.29
		LÁMINA: A4

COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA



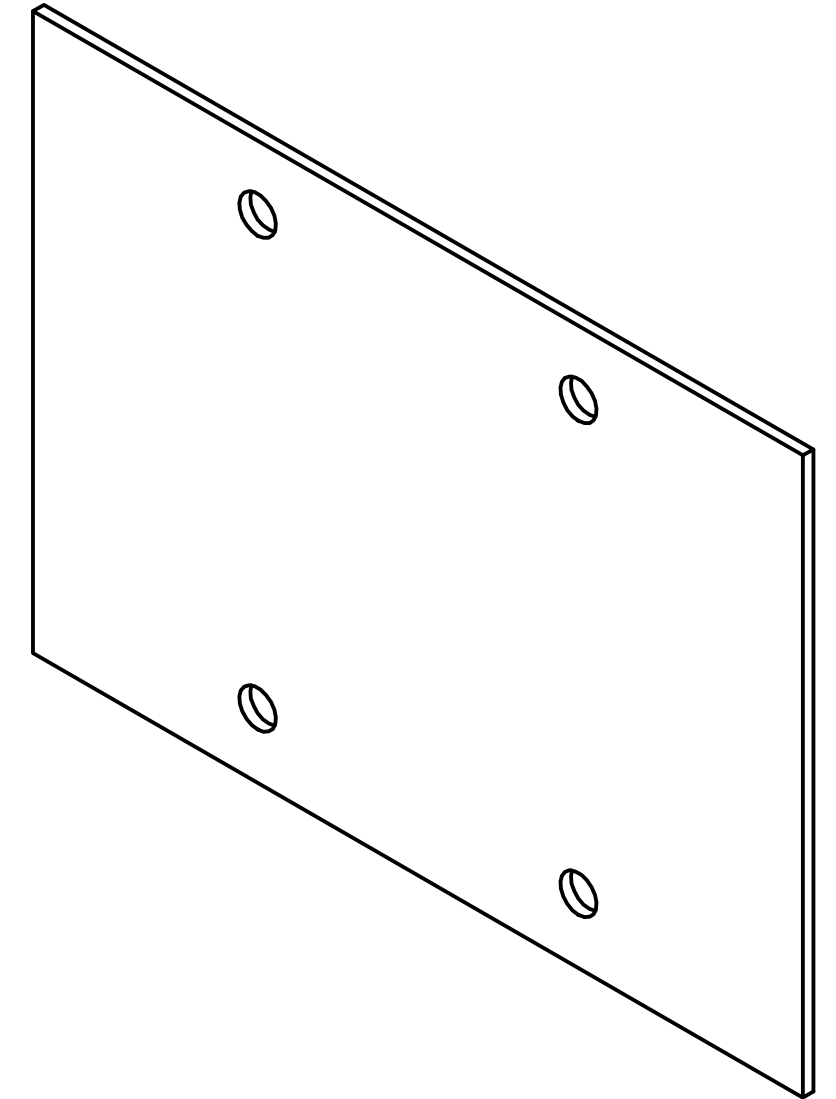
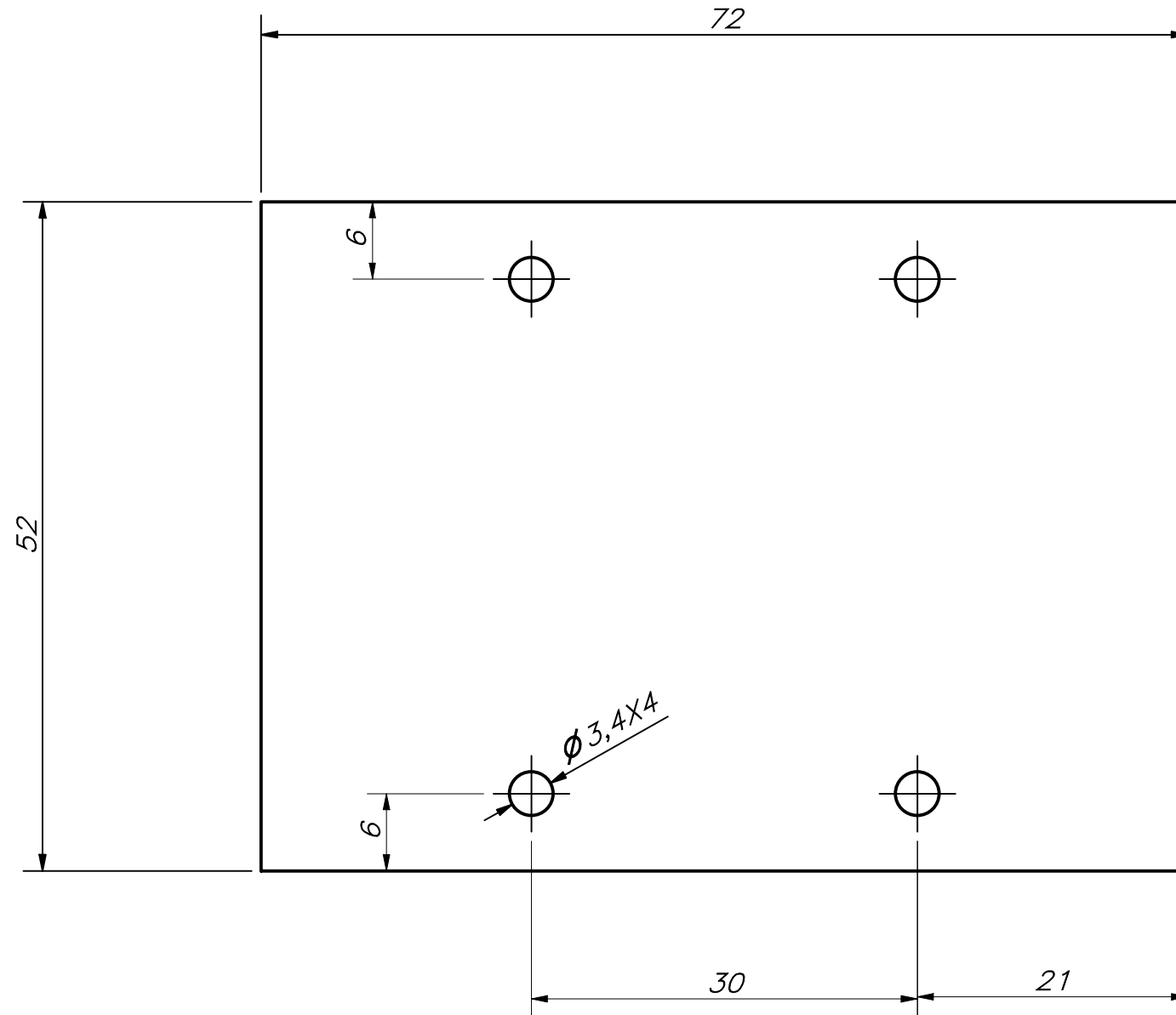
ESPESOR 1mm

ACABADO SUPERFICIAL 1.6/√	TOLERANCIA GENERAL DIN 2768 - 1	MATERIAL FIBRA DE CARBONO
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN ⊕	TRABAJO DE FIN DE CARRERA 2 - 10M4	ESCALA 2:1
20163239	LEMA EROS, RAFAEL WILLIAMS	FECHA: 2020.12.10
		LÁMINA: A3

TOLERANCIAS DIMENSIONALES
SEGÚN DIN ISO 2768-1

GRADO DE EXACTITUD	Más de 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	Más de 120 hasta 400	Más de 400 hasta 1000	Más de 1000 hasta 2000
FINO	±0,05	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,3	±0,5

COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA



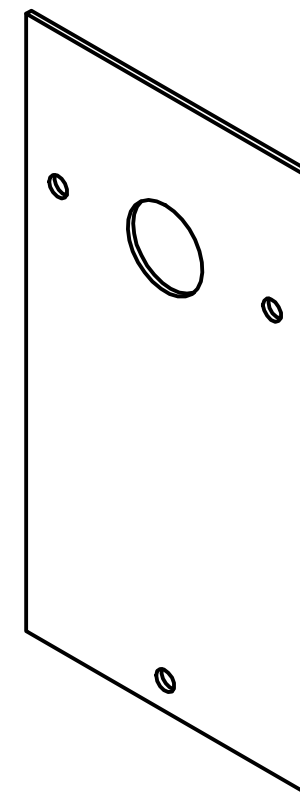
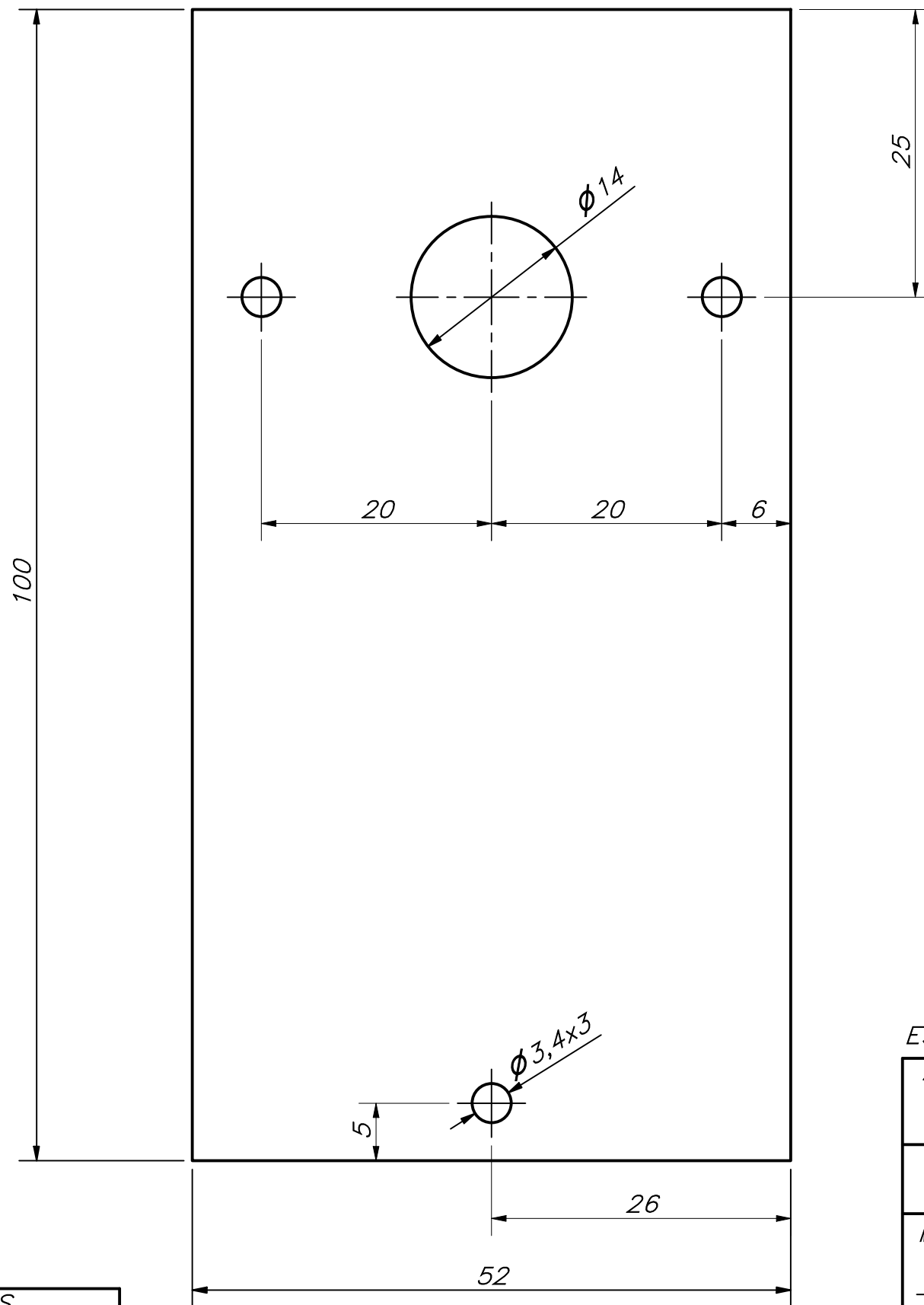
ESPESOR 1mm

ACABADO SUPERFICIAL 1.6/ ▽	TOLERANCIA GENERAL DIN 2768 - 1	MATERIAL FIBRA DE CARBONO
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN ⊕ ▭	TRABAJO DE FIN DE CARRERA 2 - 10M4 LÁMINA HORIZONTAL (PI)	ESCALA 2:1
20163239	LEMA EROS, RAFAEL WILLIAMS	FECHA: 2020.12.10
		LÁMINA: A3

TOLERANCIAS DIMENSIONALES
SEGÚN DIN ISO 2768-1

GRADO DE EXACTITUD	Más de 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	Más de 120 hasta 400	Más de 400 hasta 1000	Más de 1000 hasta 2000
FINO	±0,05	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,3	±0,5

COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA



ESPESOR 1mm

ACABADO SUPERFICIAL 1.6/√	TOLERANCIA GENERAL DIN 2768 - 1	MATERIAL FIBRA DE CARBONO
------------------------------	------------------------------------	------------------------------

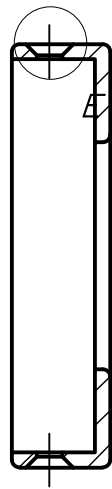
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA

MÉTODO DE PROYECCIÓN First Angle Projection Symbol	TARABAJO DE FIN DE CARRERA LÁMINA POSTERIOR (PI)	ESCALA 2:1
20163239	LEMA EROS, RAFAEL WILLIAMS	FECHA: 2020.12.10
		LÁMINA: A3

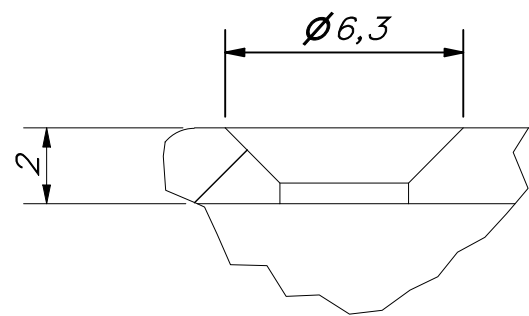
TOLERANCIAS DIMENSIONALES
SEGÚN DIN ISO 2768-1

GRADO DE EXACTITUD	Más de 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	Más de 120 hasta 400	Más de 400 hasta 1000	Más de 1000 hasta 2000
FINO	±0,05	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,3	±0,5

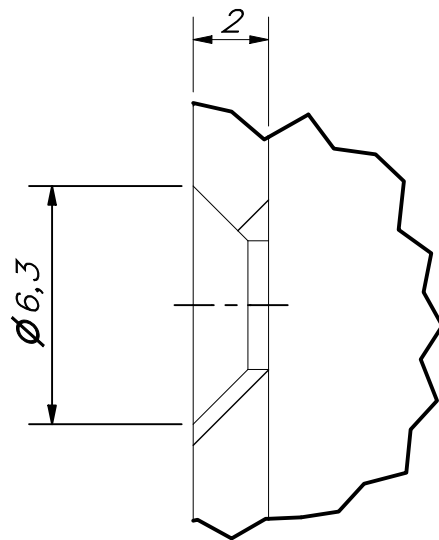
COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA



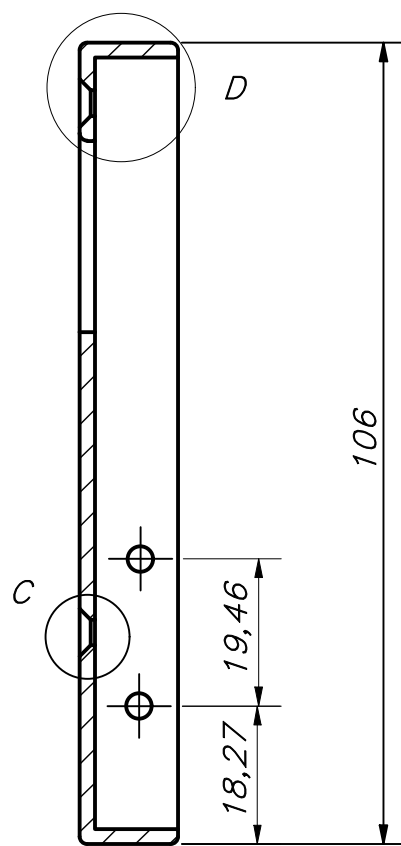
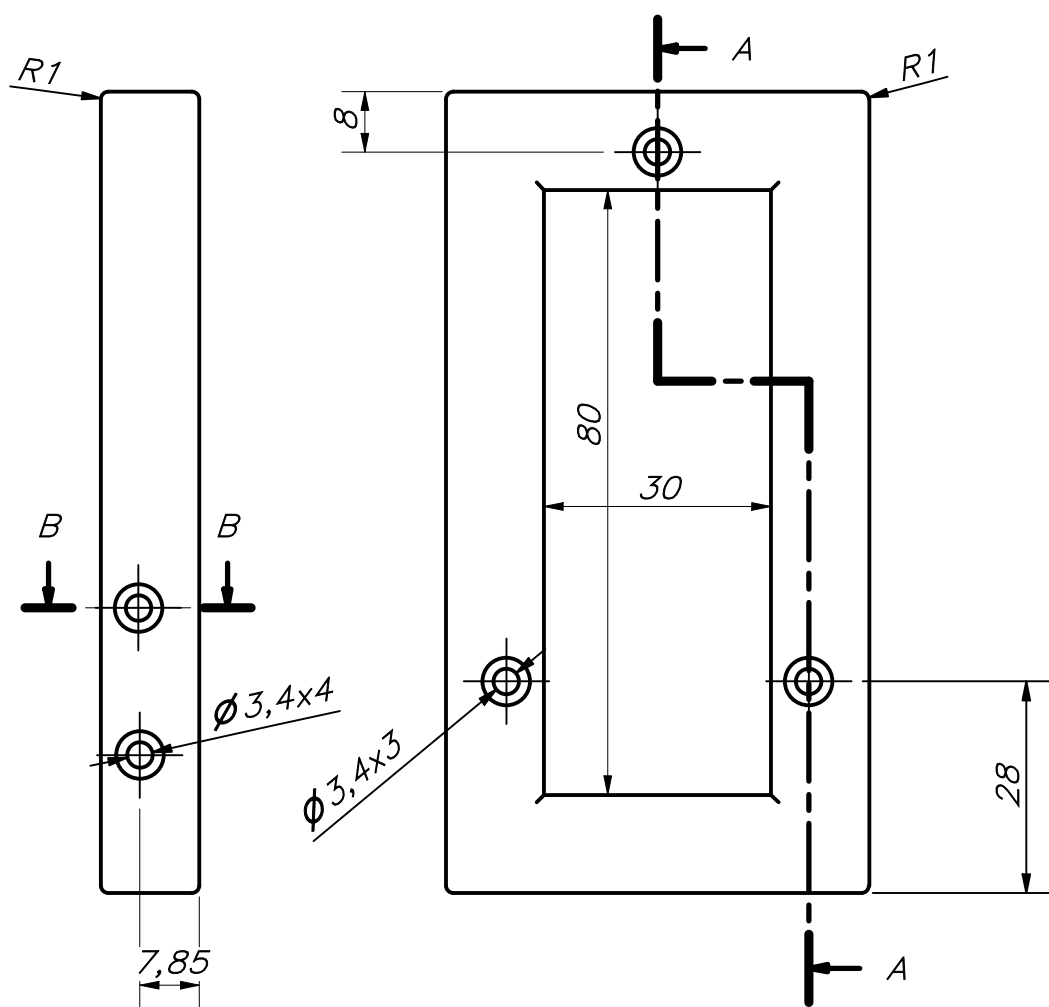
CORTE B-B



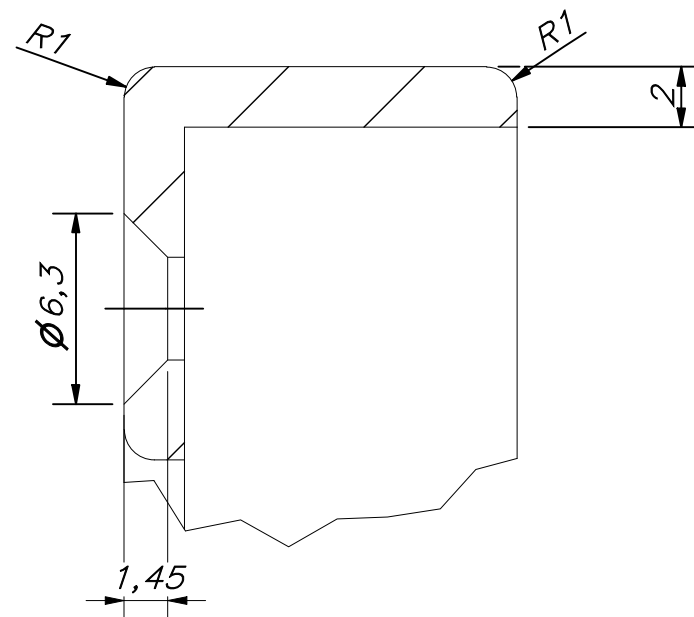
DETALLE E
ESCALA 5 : 1



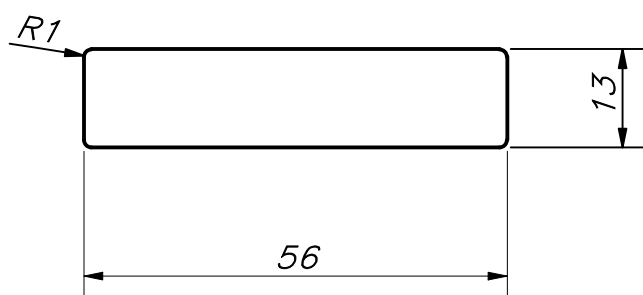
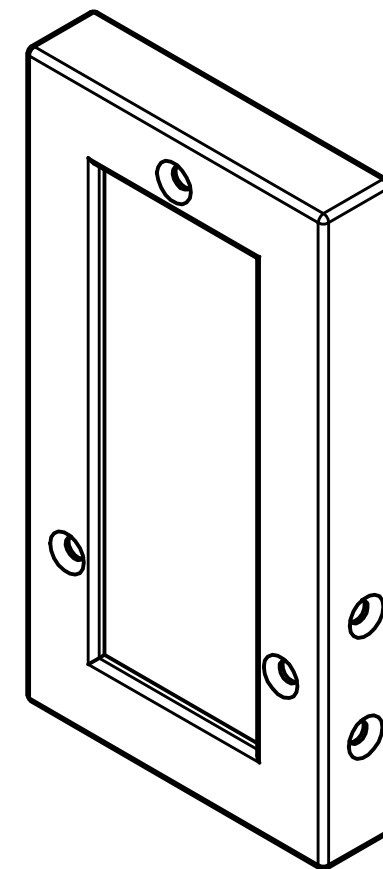
DETALLE C
ESCALA 5 : 1



CORTE A-A

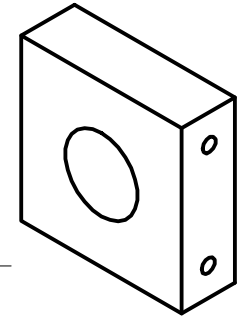
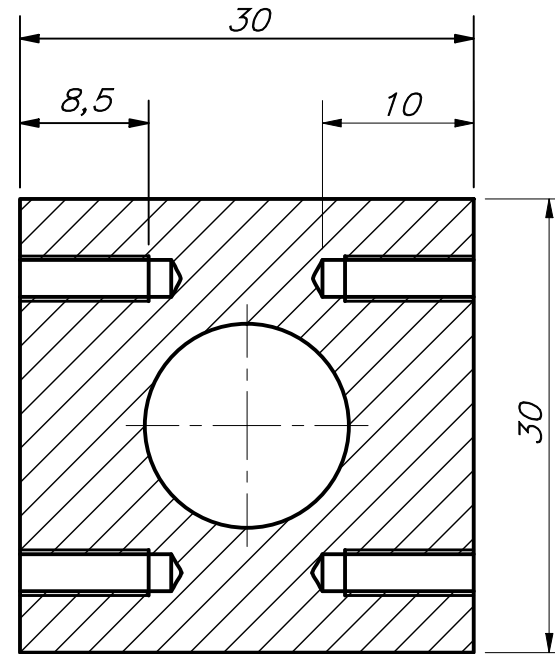
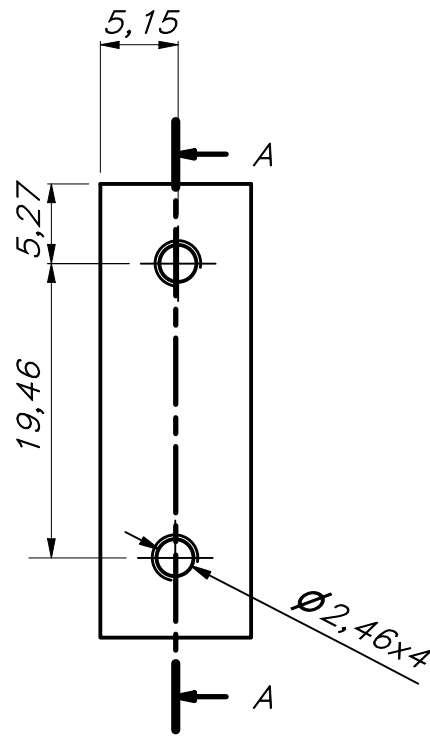
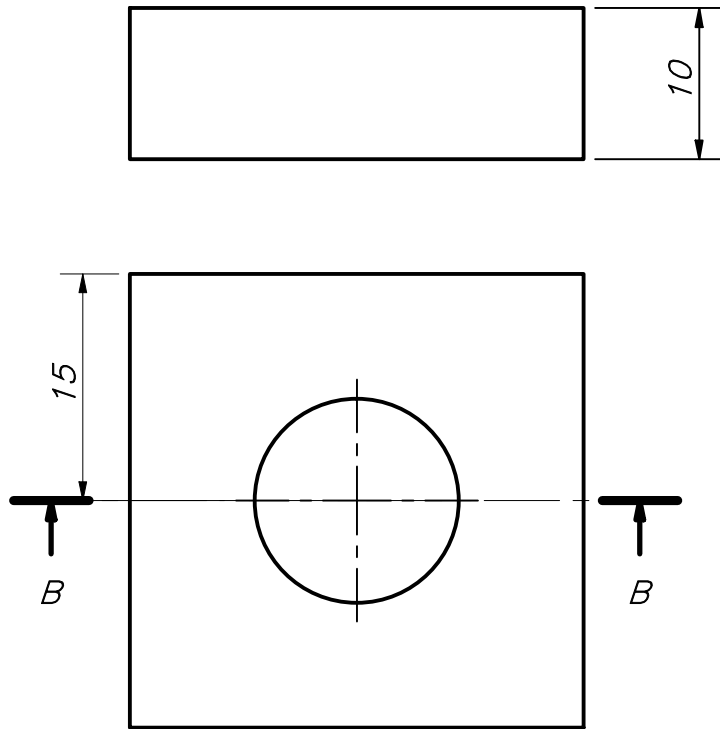


DETALLE D
ESCALA 4: 1

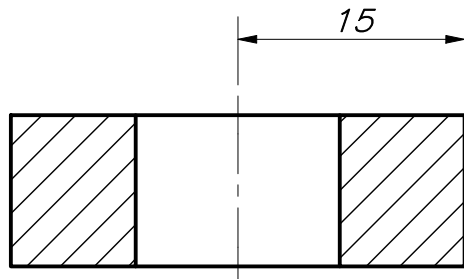


ACABADO SUPERFICIAL	TOLERANCIA GENERAL	MATERIAL
		PLÁSTICO ABS
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIA E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN	TRABAJO DE FIN DE CARRERA 2 – 10M4	ESCALA
	MARCO (PI)	1:1
20163239	LEMA EROS, RAFAEL WILLIAMS	FECHA: 2020.11.28
		LÁMINA: A3

COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA



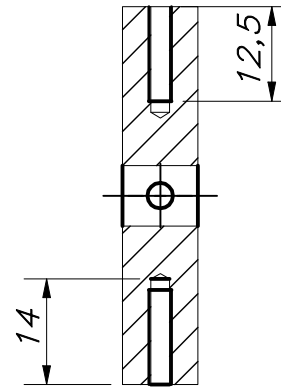
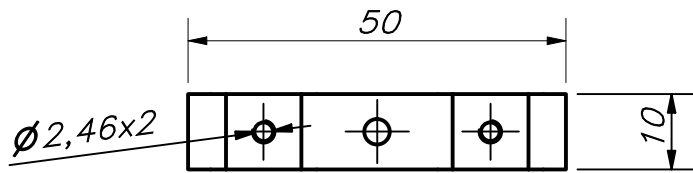
CORTE A-A



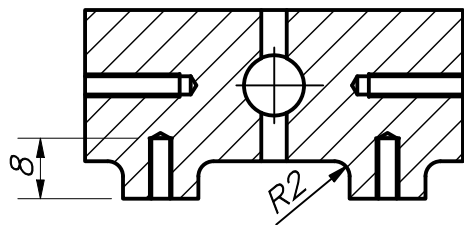
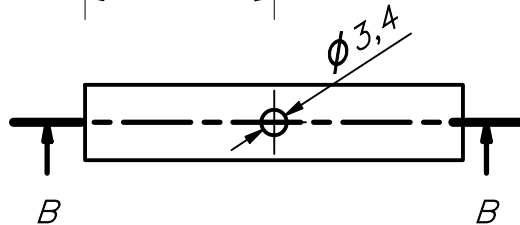
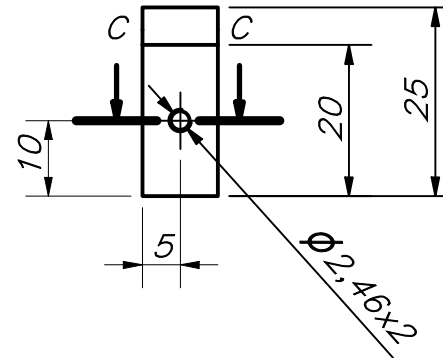
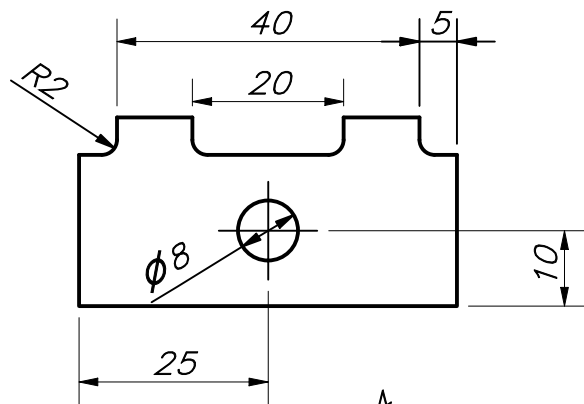
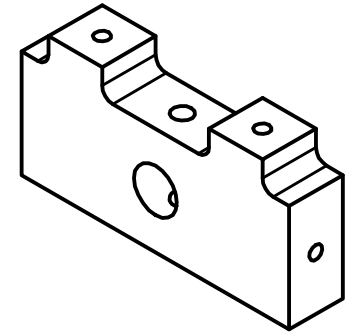
CORTE B-B

ACABADO SUPERFICIAL	TOLERANCIA GENERAL	MATERIAL
		PLÁSTICO ABS
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN	TRABAJO DE FIN DE CARRERA 2 – 10M4	ESCALA
	SOPORTE DE TUBERÍA (PI)	1:1
20163239	LEMA EROS, RAFAEL WILLIAMS	FECHA: 2020.11.28
		LÁMINA: A4

COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA

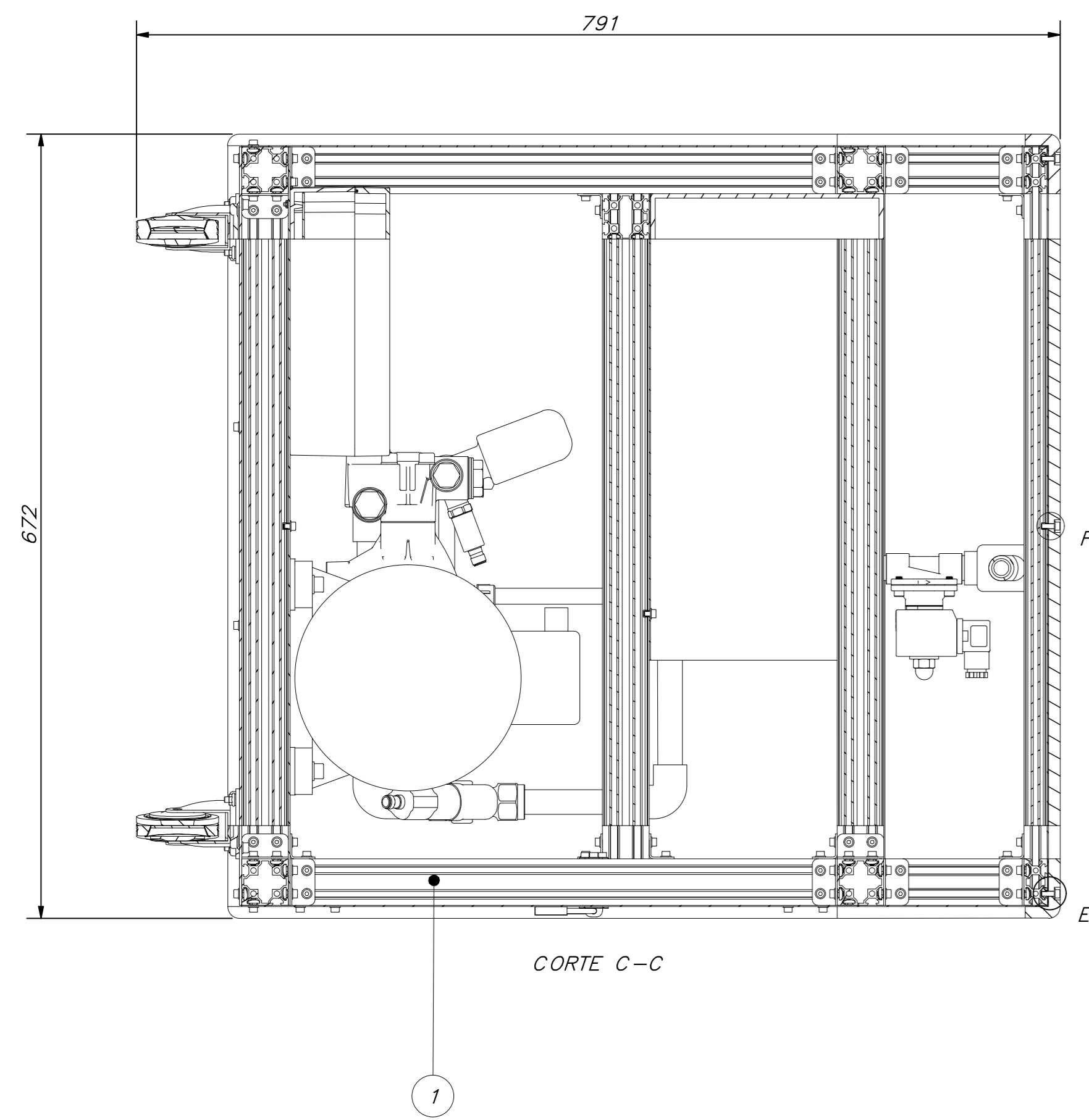


CORTE C-C

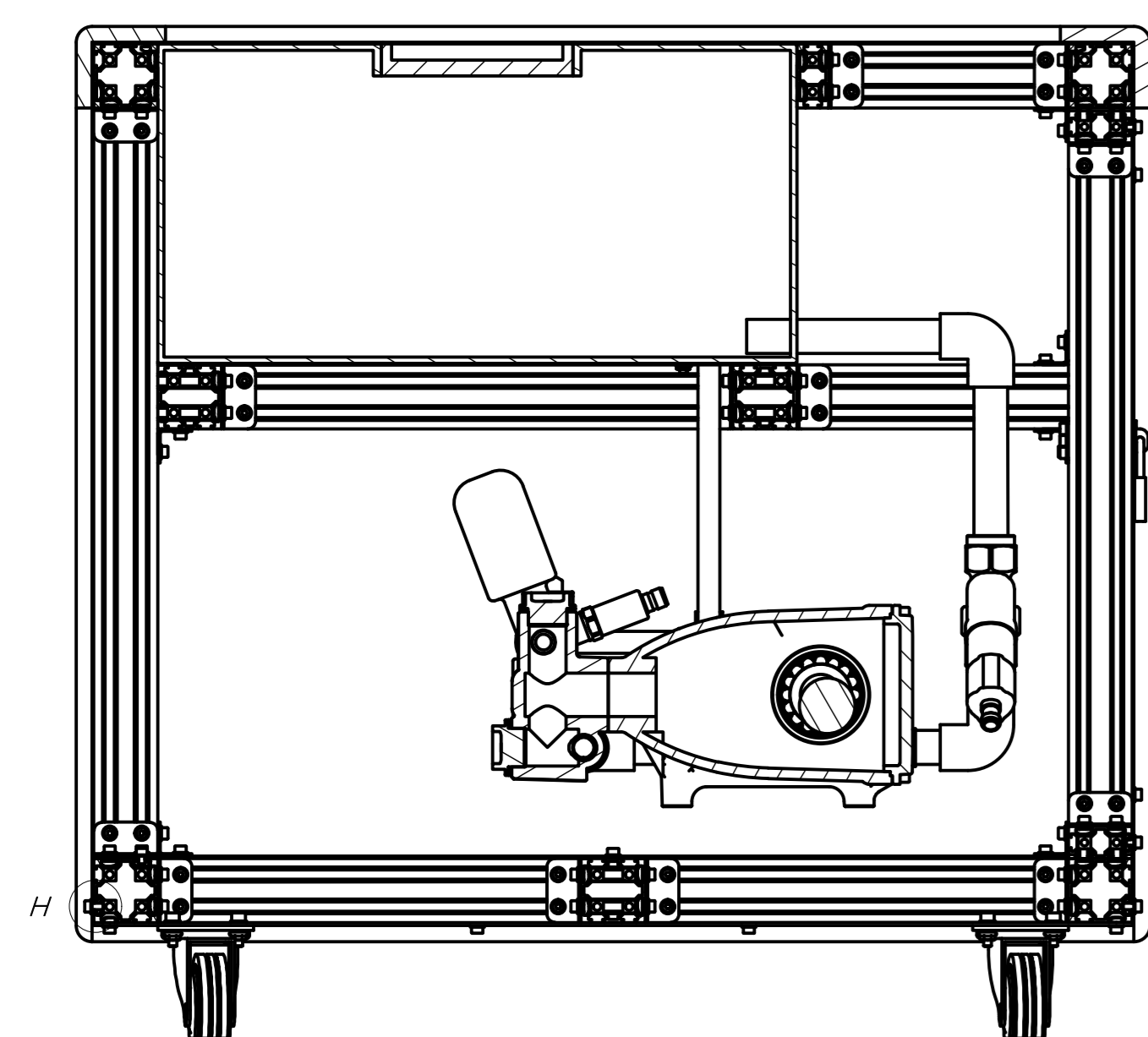
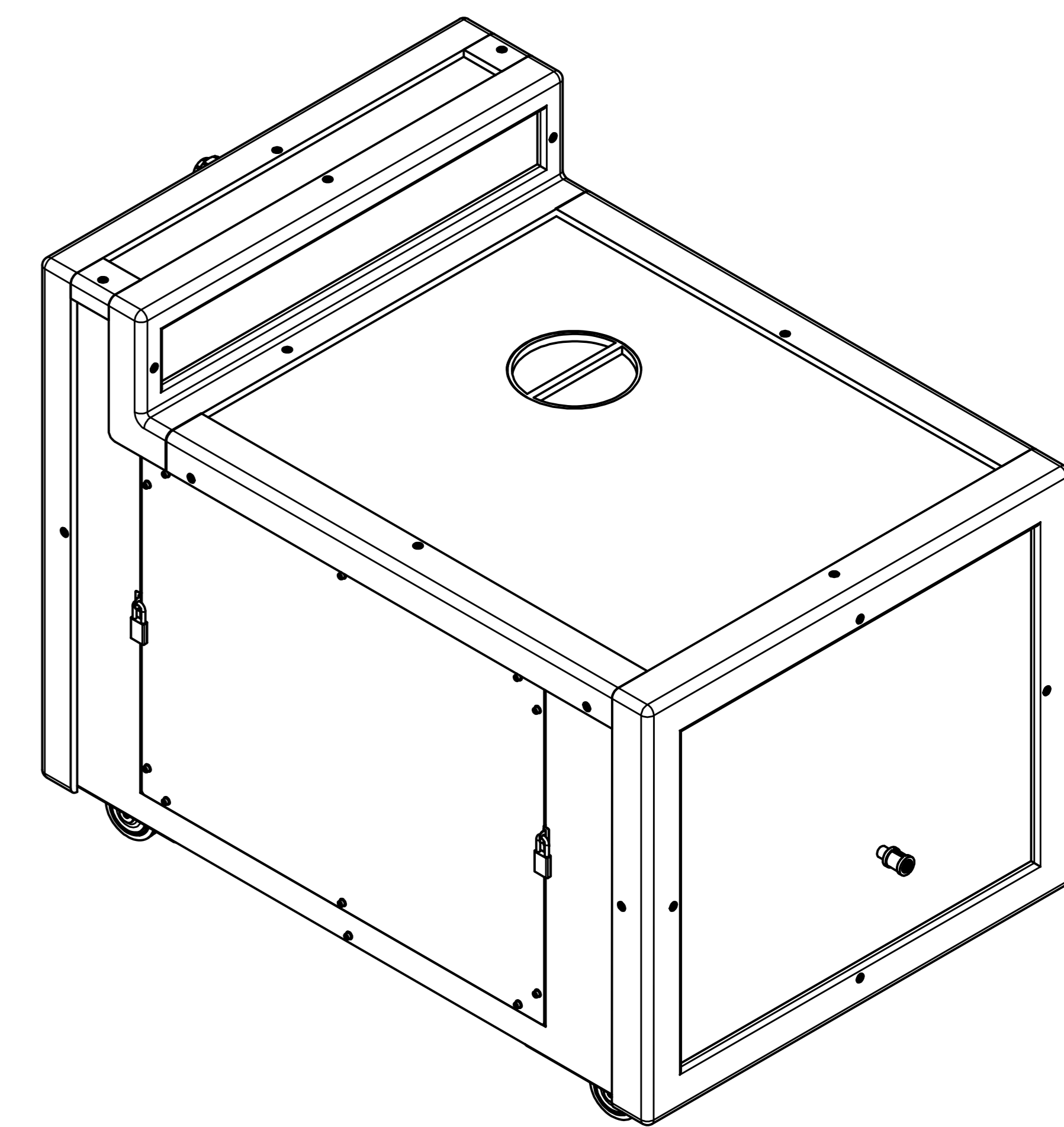
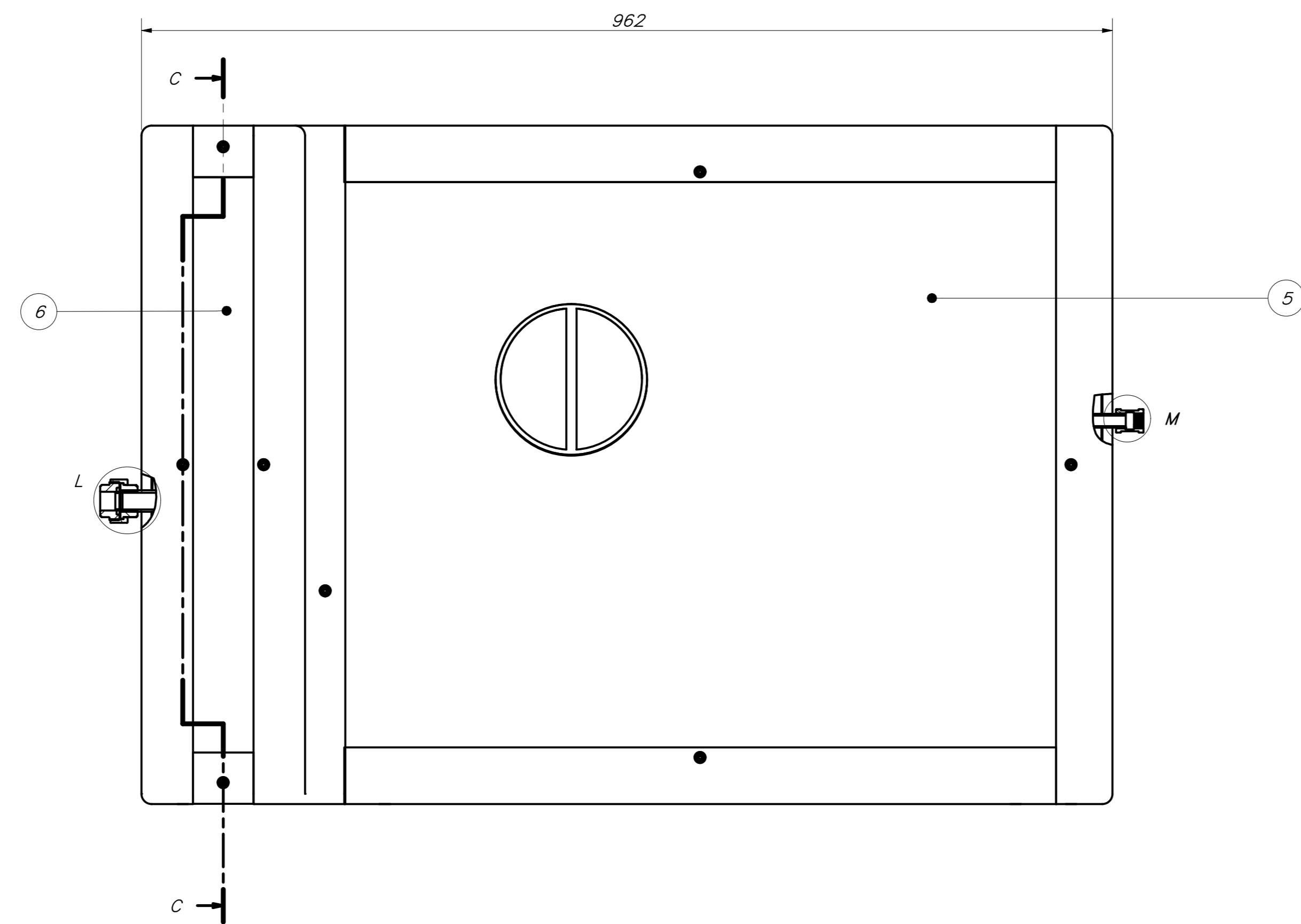


CORTE B-B

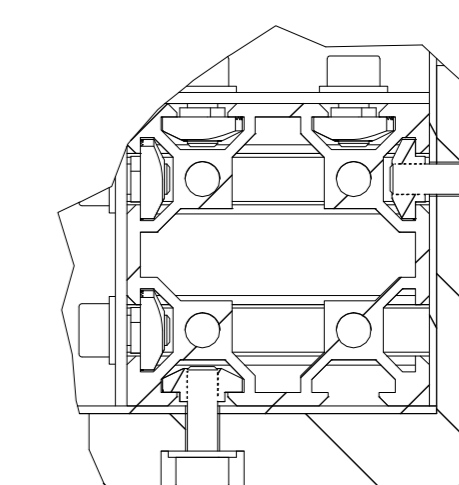
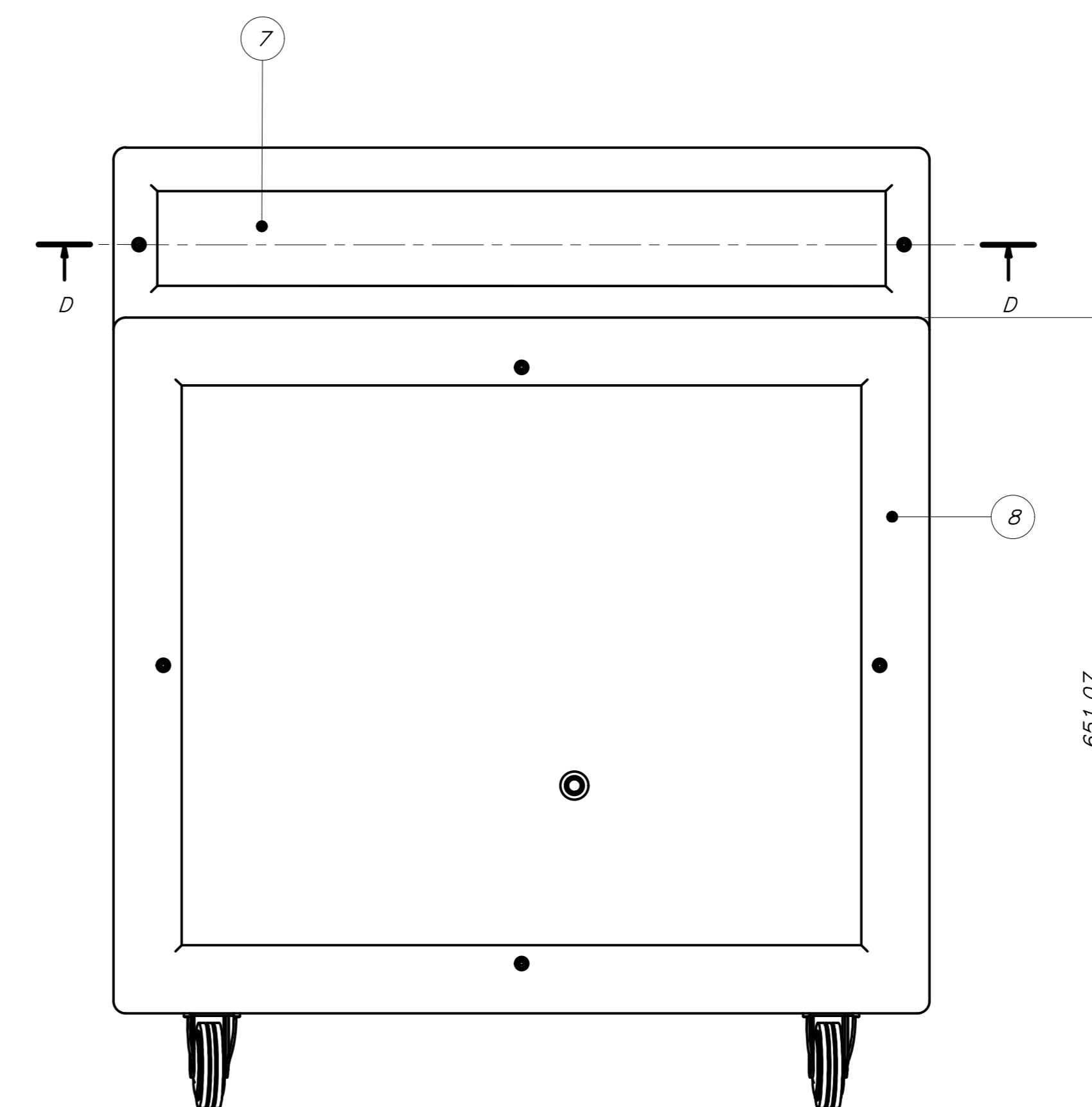
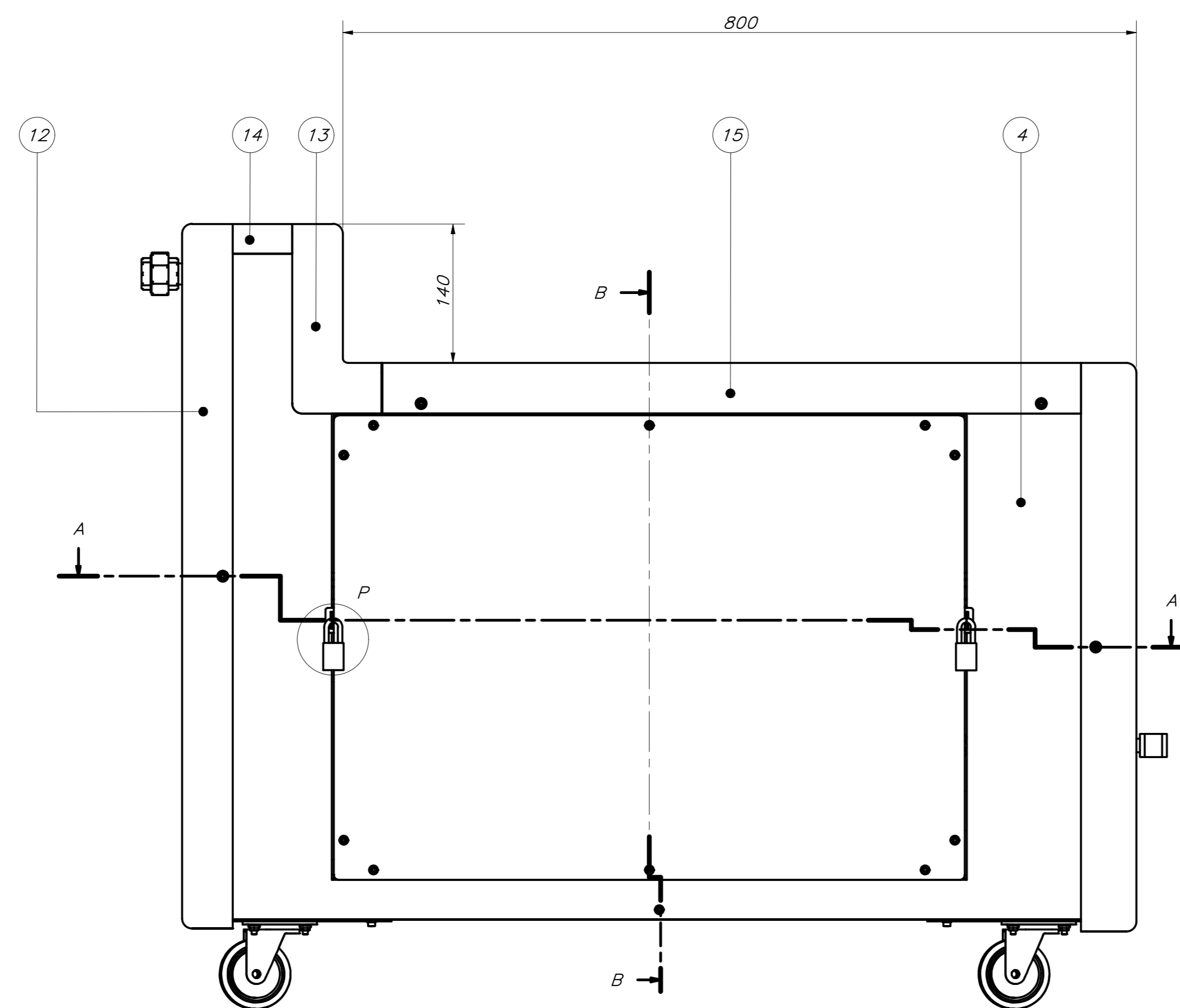
ACABADO SUPERFICIAL	TOLERANCIA GENERAL	MATERIAL PLÁSTICO ABS			
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIA E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA					
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	TRABAJO DE FIN DE CARRERA 2 SOPORTE DEL TUBO DE TRANSMISIÓN (PI)	ESCALA 1:1			
20163239	LEMA EROS, RAFAEL WILLIAMS	FECHA: 2020.11.28			
<table border="1"> <tr> <td>COTA NOMINAL</td> <td>COTA MÁXIMA</td> <td>COTA MÍNIMA</td> </tr> </table>		COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA	LÁMINA: A4
COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA			



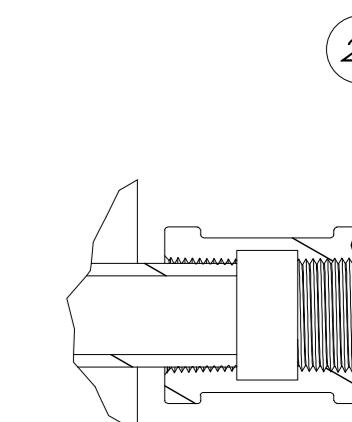
CORTE C-C



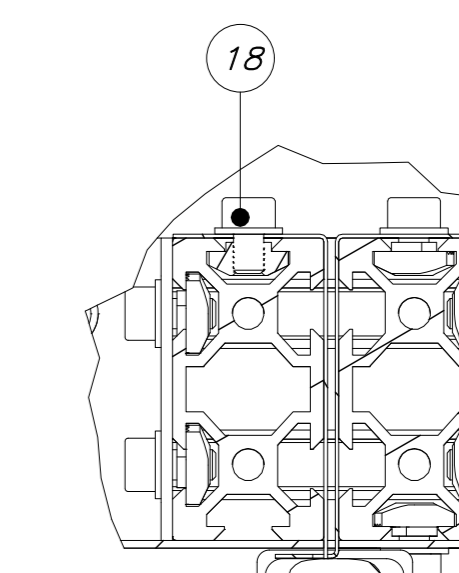
CORTE B-B



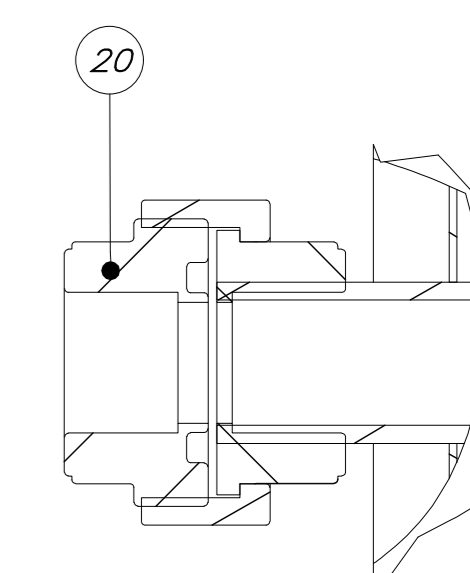
DETALLE J
ESCALA 1 : 1



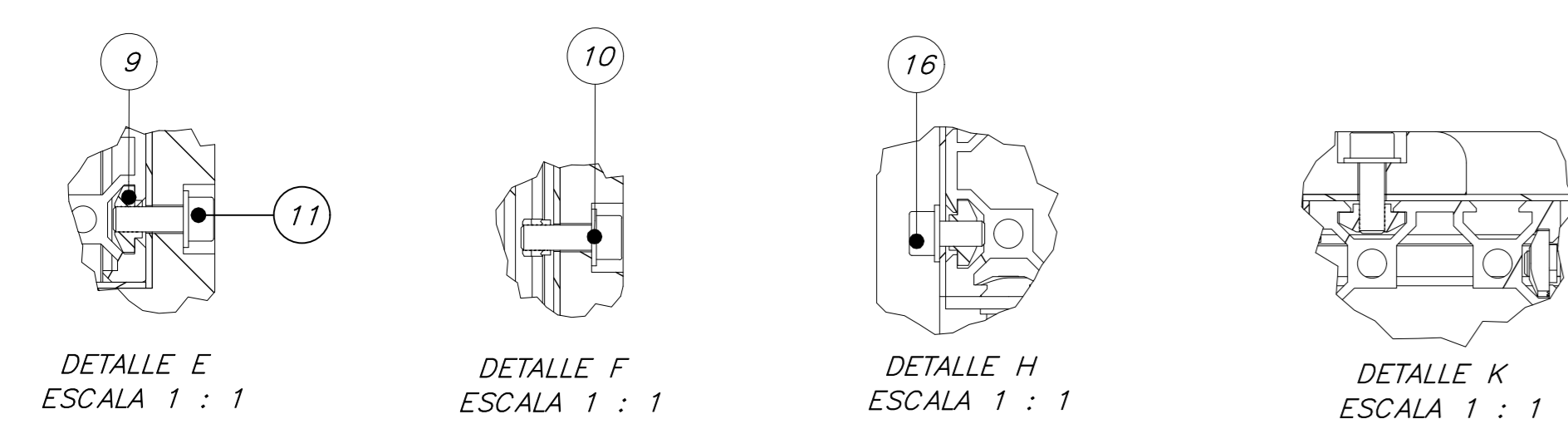
DETALLE M
ESCALA 1 : 1



DETALLE N
ESCALA 1 : 1



DETALLE L
ESCALA 1 : 1

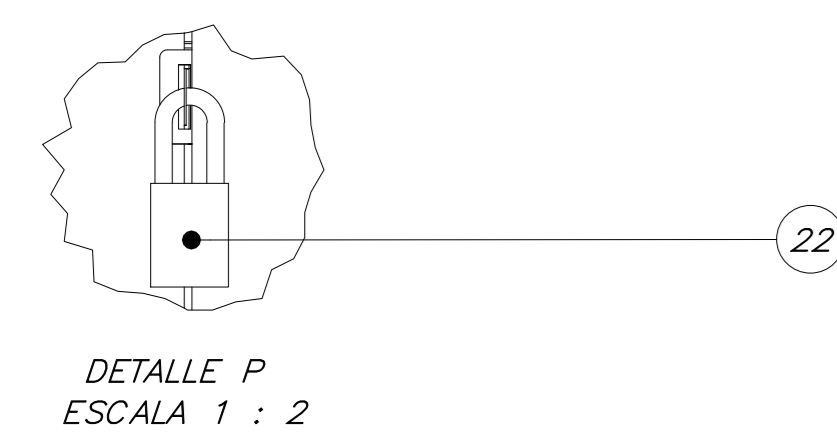


DETALLE E
ESCALA 1 : 1

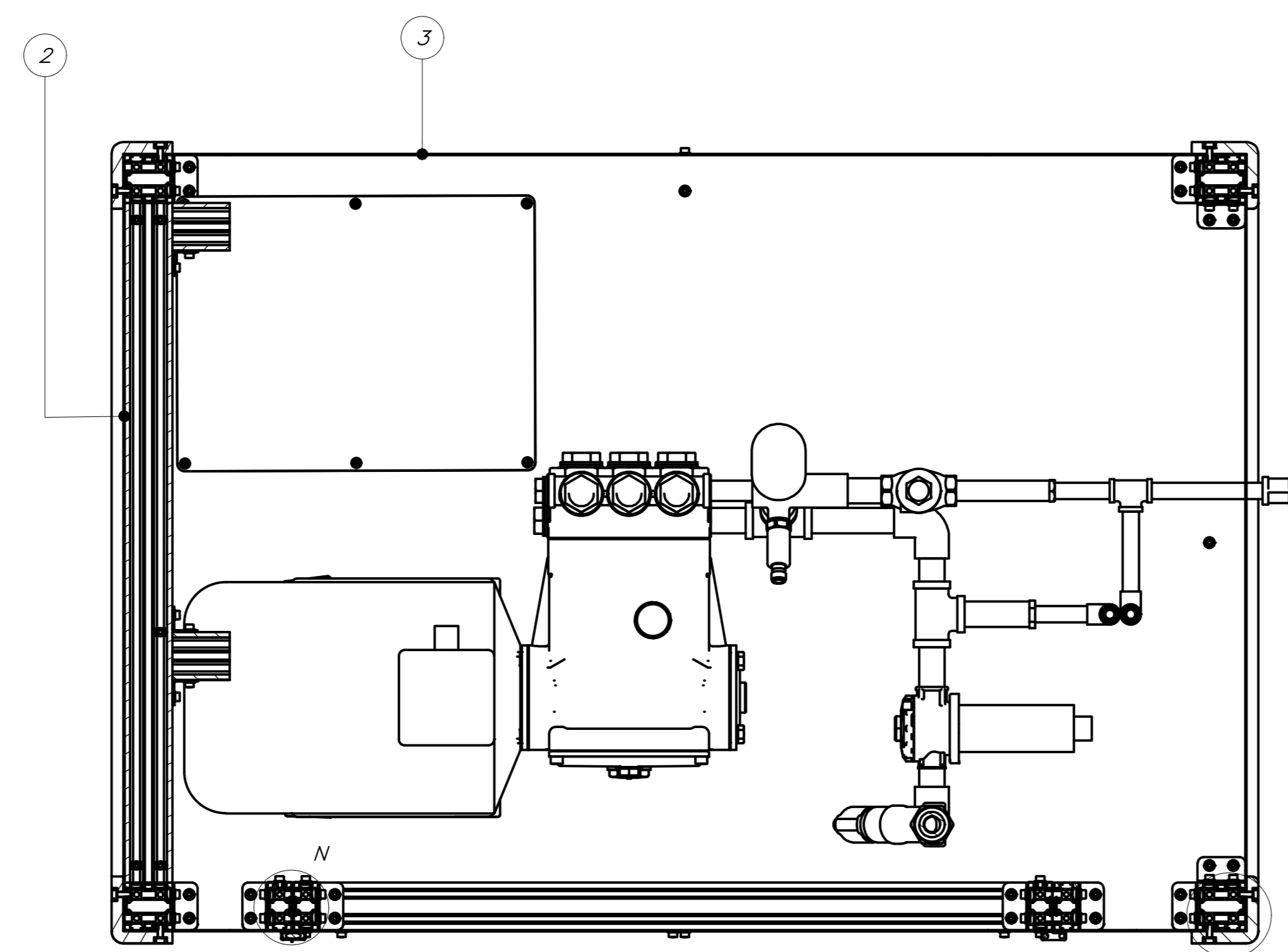
DETALLE F
ESCALA 1 : 1

DETALLE H
ESCALA 1 : 1

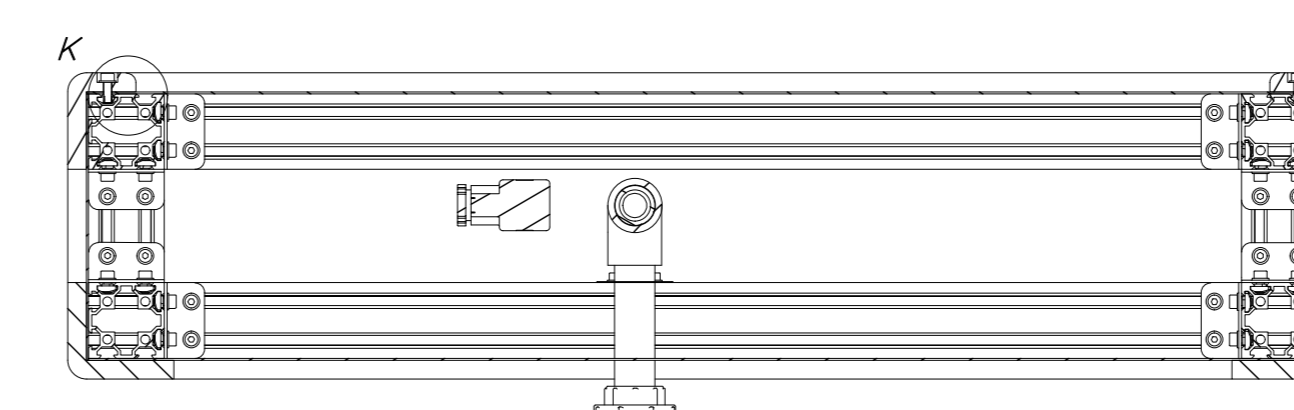
DETALLE K
ESCALA 1 : 1



DETALLE P
ESCALA 1 : 2



CORTE A-A

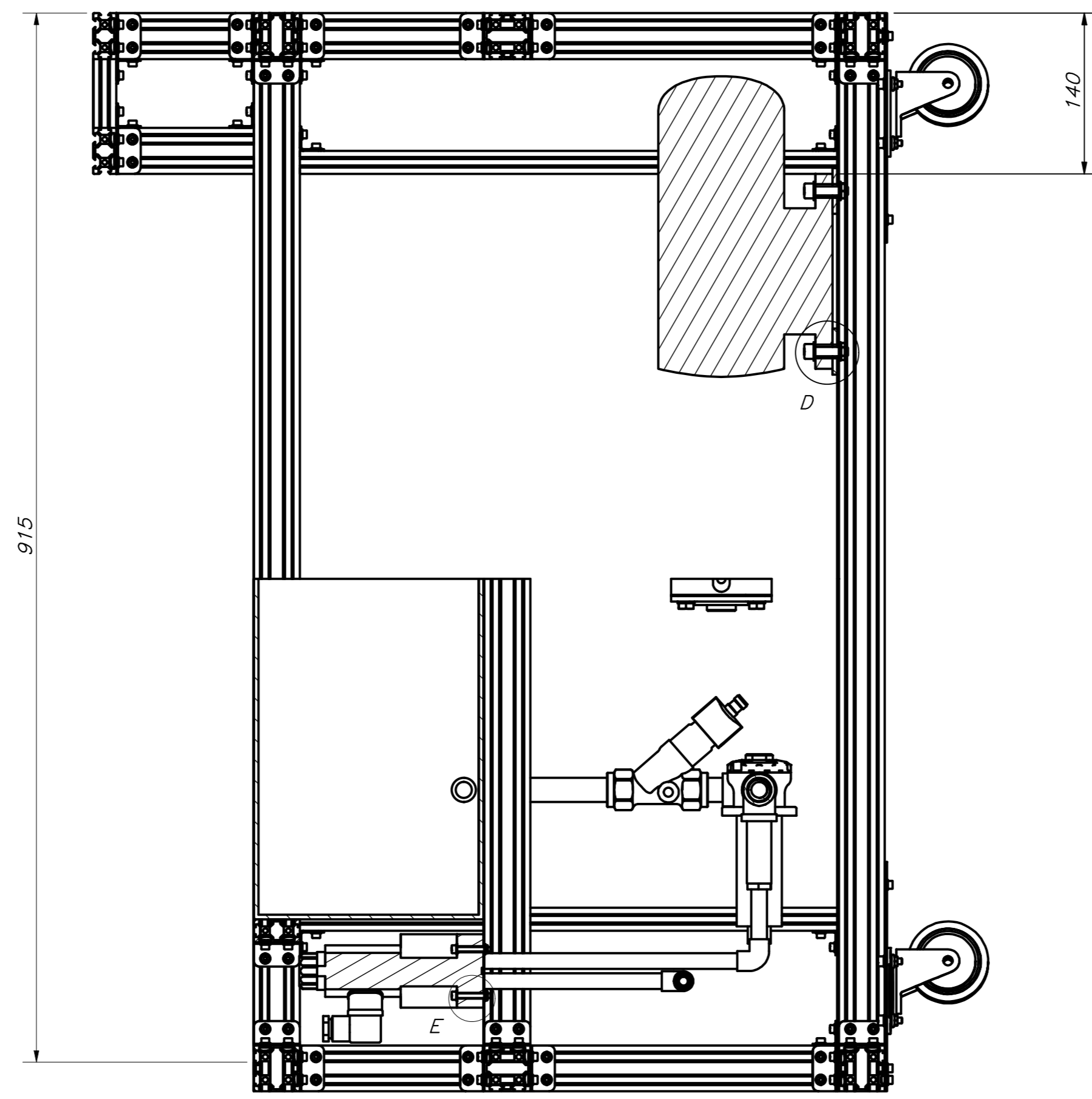
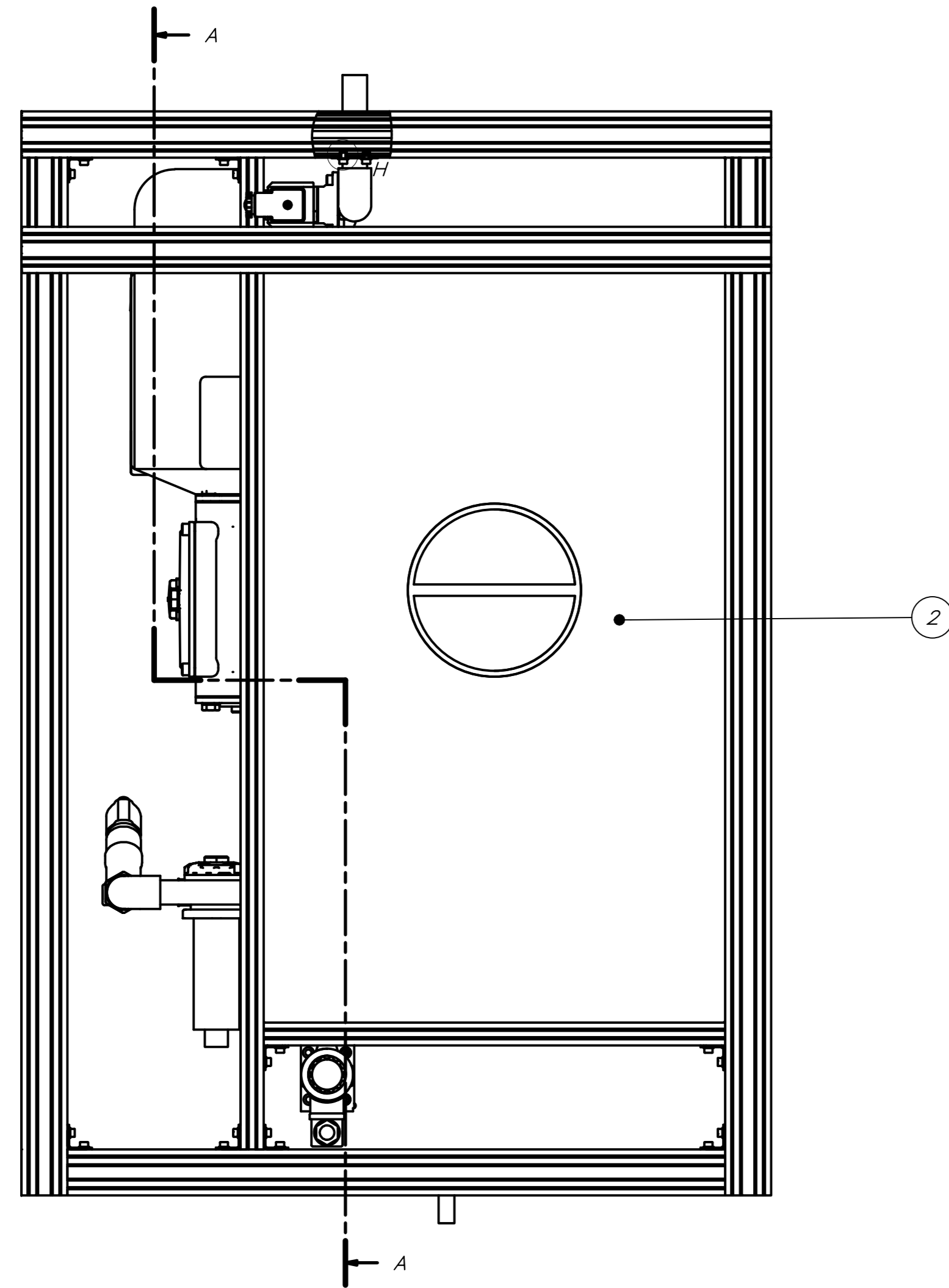


CORTE D-D

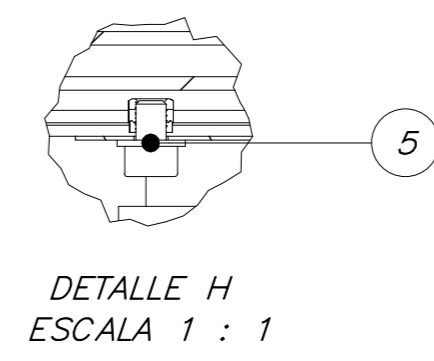
PARTS LIST					
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
22	2	CANCHADO		Plástico PBC	
21	1	SOCKET - 0,5in		Stainless Steel	
20	1	UNION ROSCADA - 0,25in		Stainless Steel	
19	1	PUERTA (EA)			
18	3	ISO 4762 - M4 x 6	ISO 4762	Stainless Steel, 440C	
17	2	SEGURO - LADO ESTACIÓN (EA)		Steel, Misc Welded	
16	4	ISO 4762 - M4 x 8	ISO 4762	Stainless Steel, 440C	
15	2	MARCO LATERAL DELANTERO (EA)		ABS Plastic	
14	2	MARCO LATERAL TRASERO (EA)		ABS Plastic	
13	1	MARCO FRONTAL SUPERIOR (EA)		ABS Plastic	
12	1	MARCO POSTERIOR (EA)		ABS Plastic	
11	24	ISO 4762 - M4 x 12	ISO 4762	Stainless Steel, 440C	
10	31	ISO 7089 - 4	ISO 7089	Stainless Steel, 440C	
9	31	ISO 299 - M4	ISO 299	Stainless Steel, 440C	
8	1	MARCO FRONTAL INFERIOR (EA)		PBT Plastic	
7	1	PLANCHA FRONTAL SUPERIOR (EA)		Aluminum 6061	
6	1	PLANCHA FRONTAL TRASERA (EA)		Aluminum 6061	
5	1	PLANCHA SUPERIOR DELANTERA (EA)		Aluminum 6061	
4	1	PLANCHA LATERAL DERECHA (EA)		Aluminum 6061	
3	2	PLANCHA LATERAL IZQUIERDA (EA)		Aluminum 6061	
2	2	PLANCHA POSTERIOR (EA)		Aluminum 6061	
1	1	ESTRUCTURA Y SISTEMAS INTERNOS (EA)			

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ		
CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
METODO DE PROYECCIÓN	TRABAJO DE FIN DE CARRERA 2 - TOMA	ESCALA
	ESTACIÓN DE ALIMENTACIÓN	1:5
20163239	LEMA EROS, RAFAEL WILLIAMS	FECHA: 2020.11.24
		LÁMINA: A1

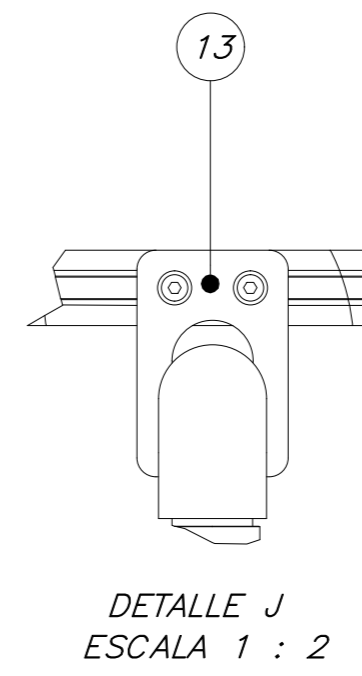
COTA NOMINAL COTA MÁXIMA COTA MÍNIMA



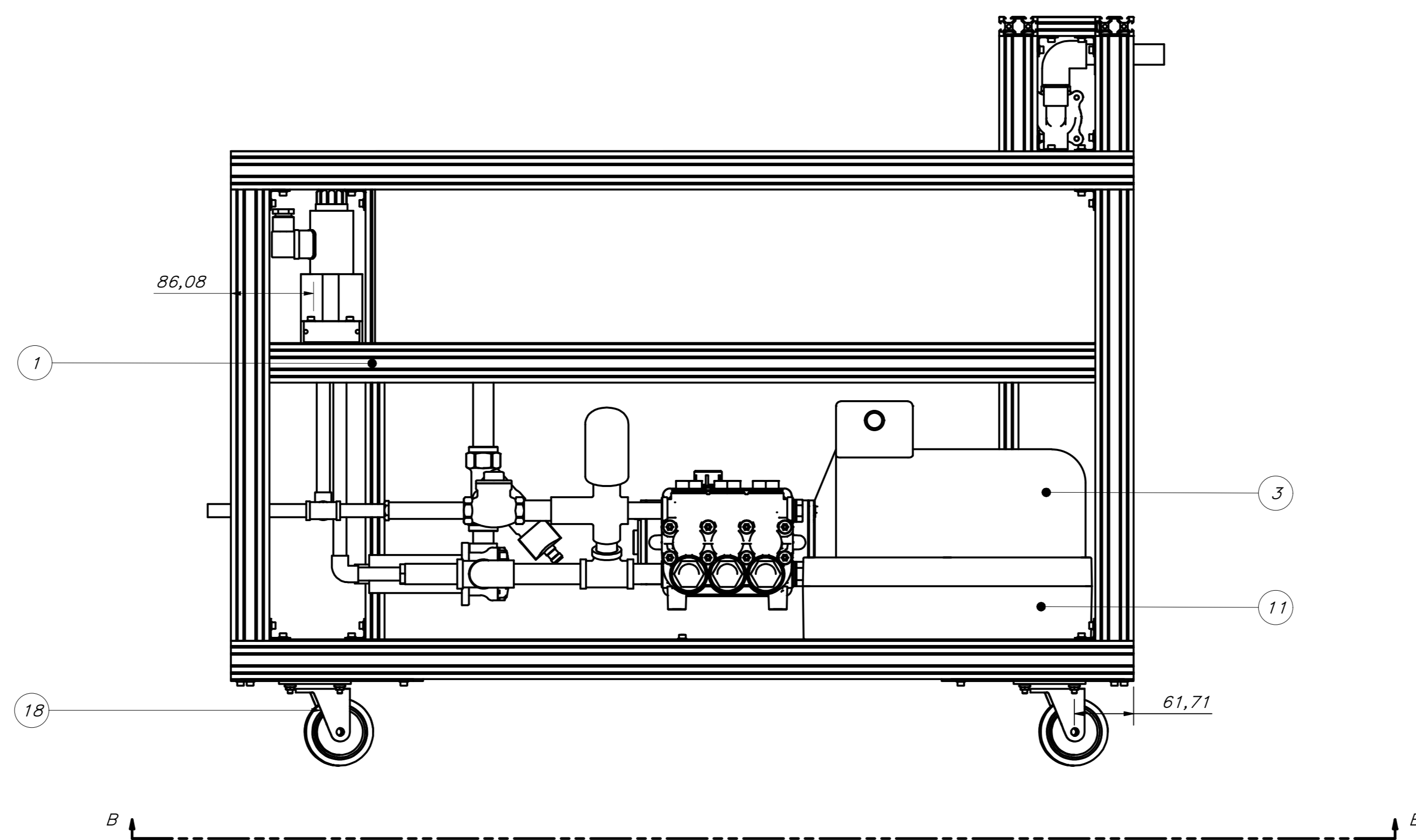
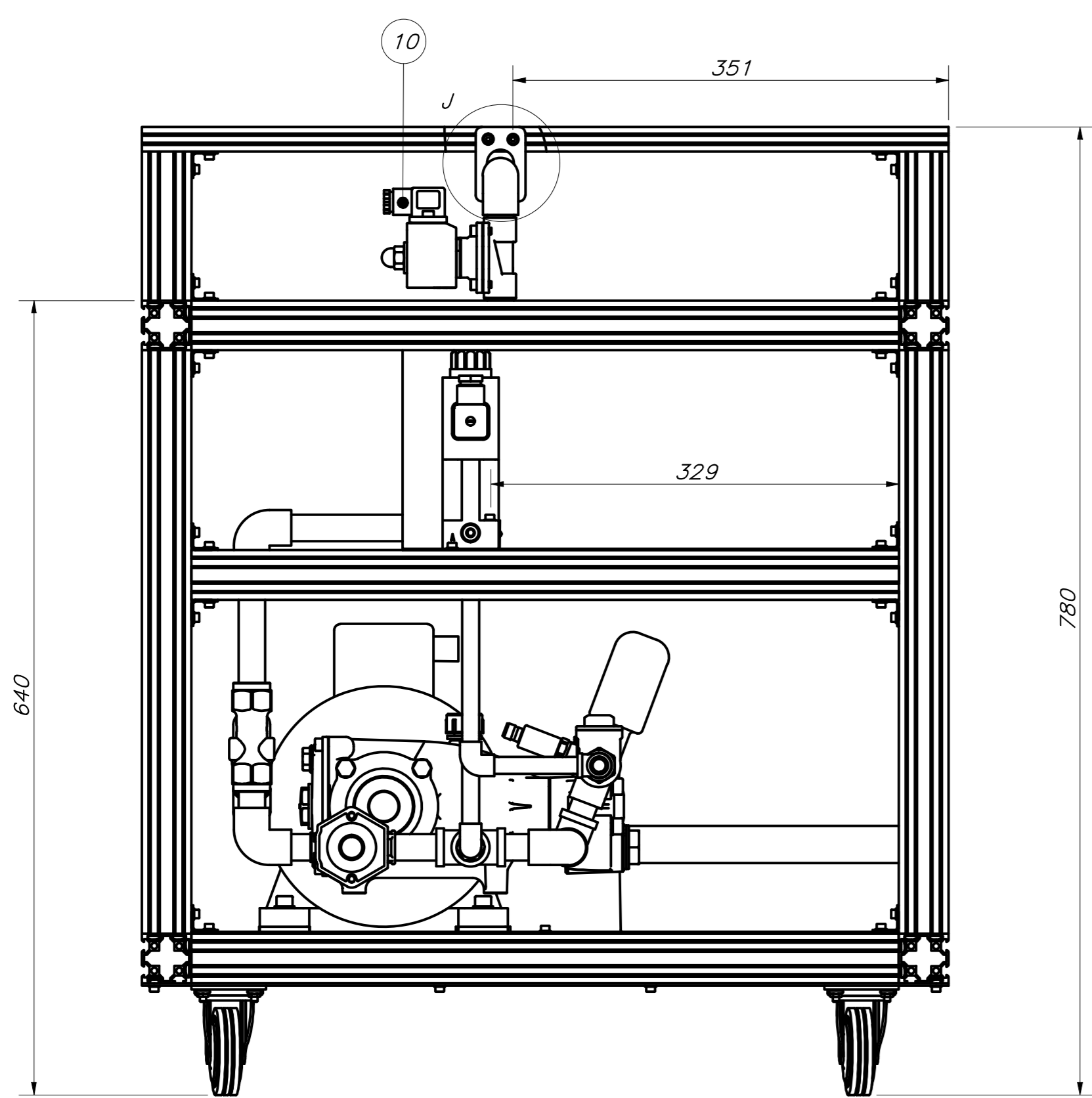
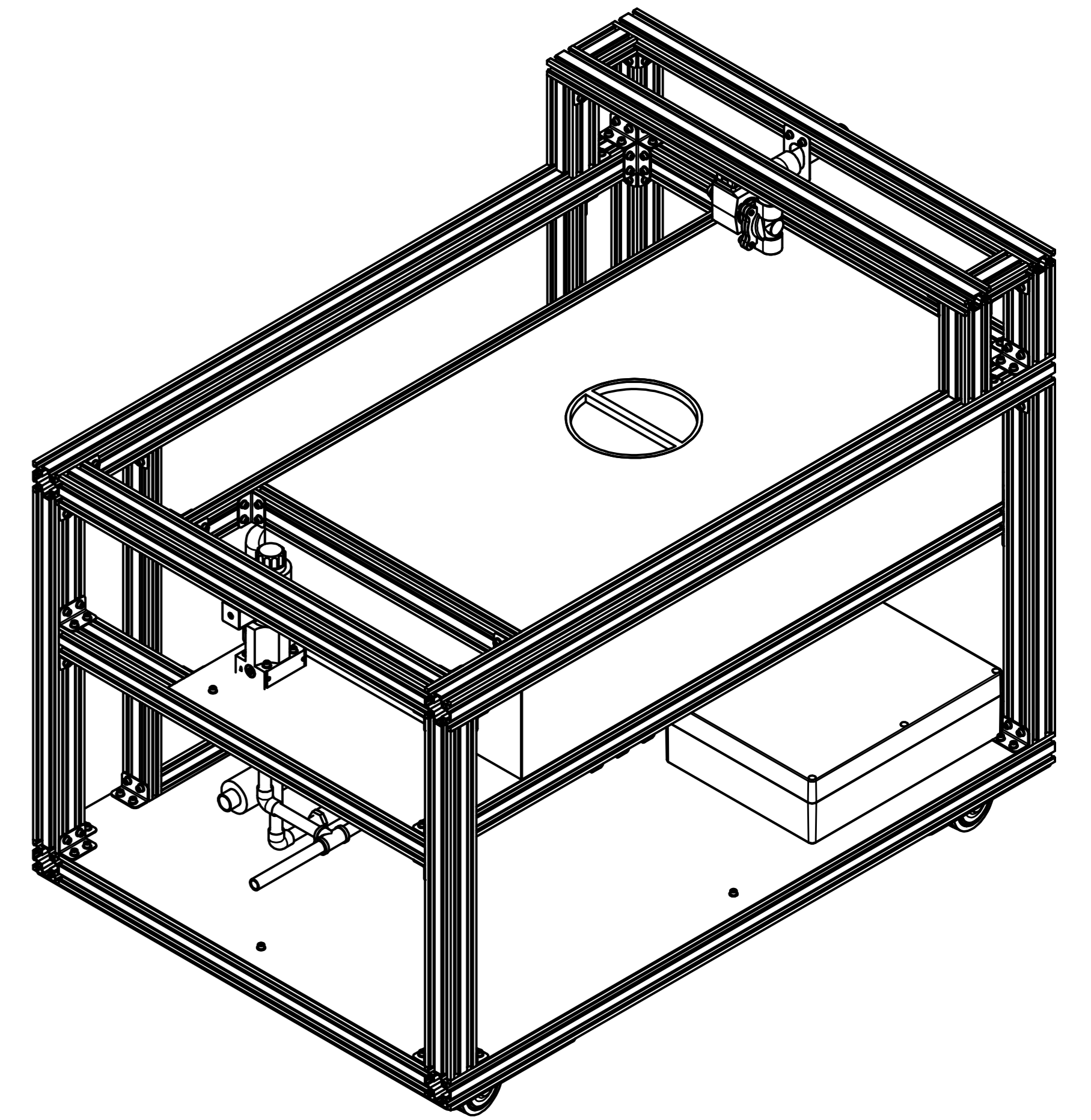
CORTE A-A



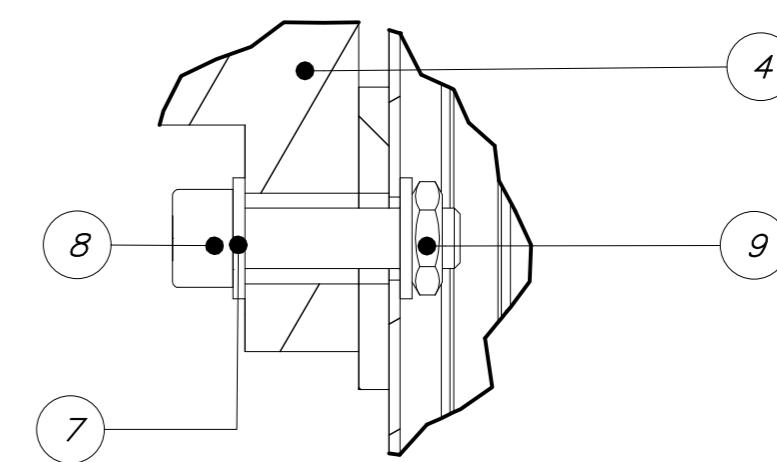
DETALLE H
ESCALA 1 : 1



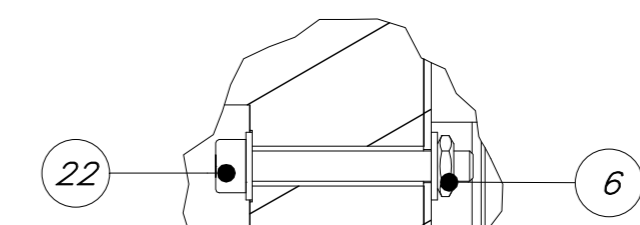
DETALLE J
ESCALA 1 : 2



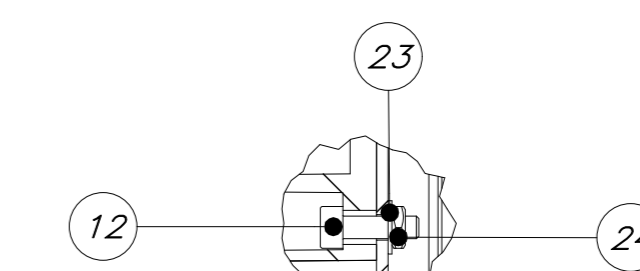
CORTE B-B



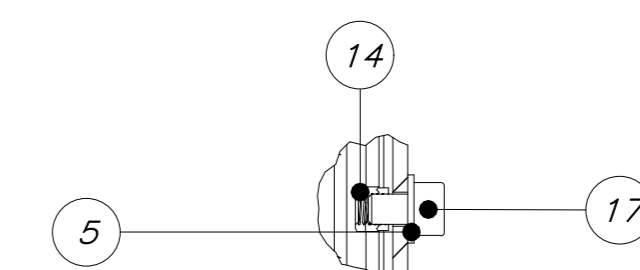
DETALLE D
ESCALA 1 : 1



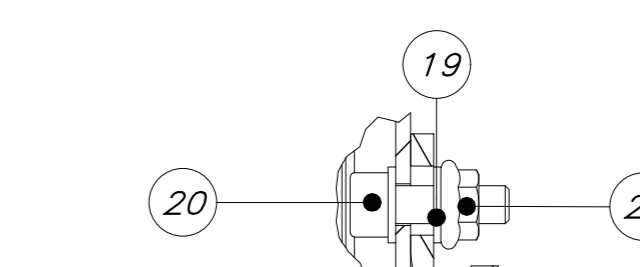
DETALLE E
ESCALA 1 : 1



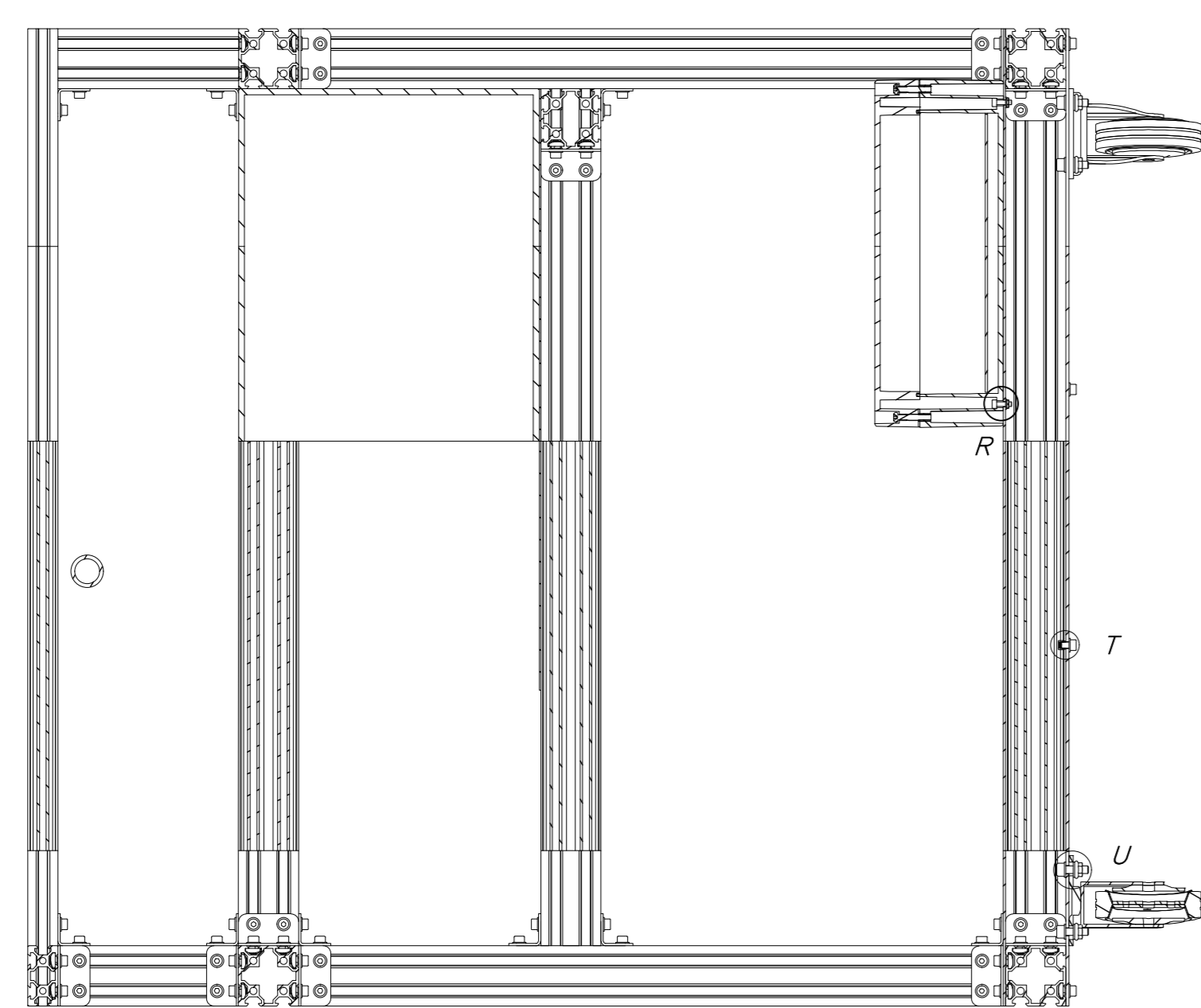
DETALLE R
ESCALA 1 : 1



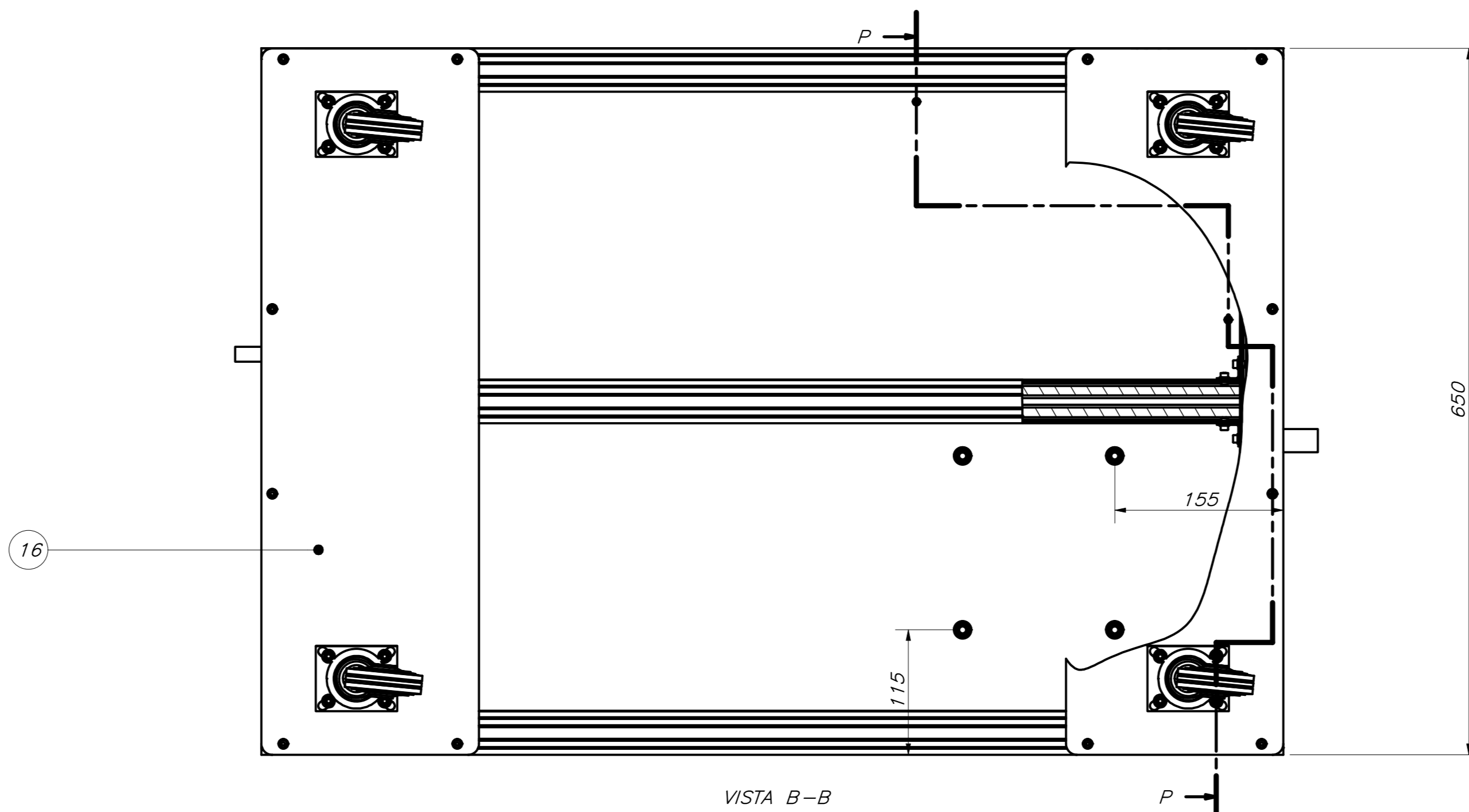
DETALLE T
ESCALA 1 : 1



DETALLE U
ESCALA 1 : 1



CORTE P-P

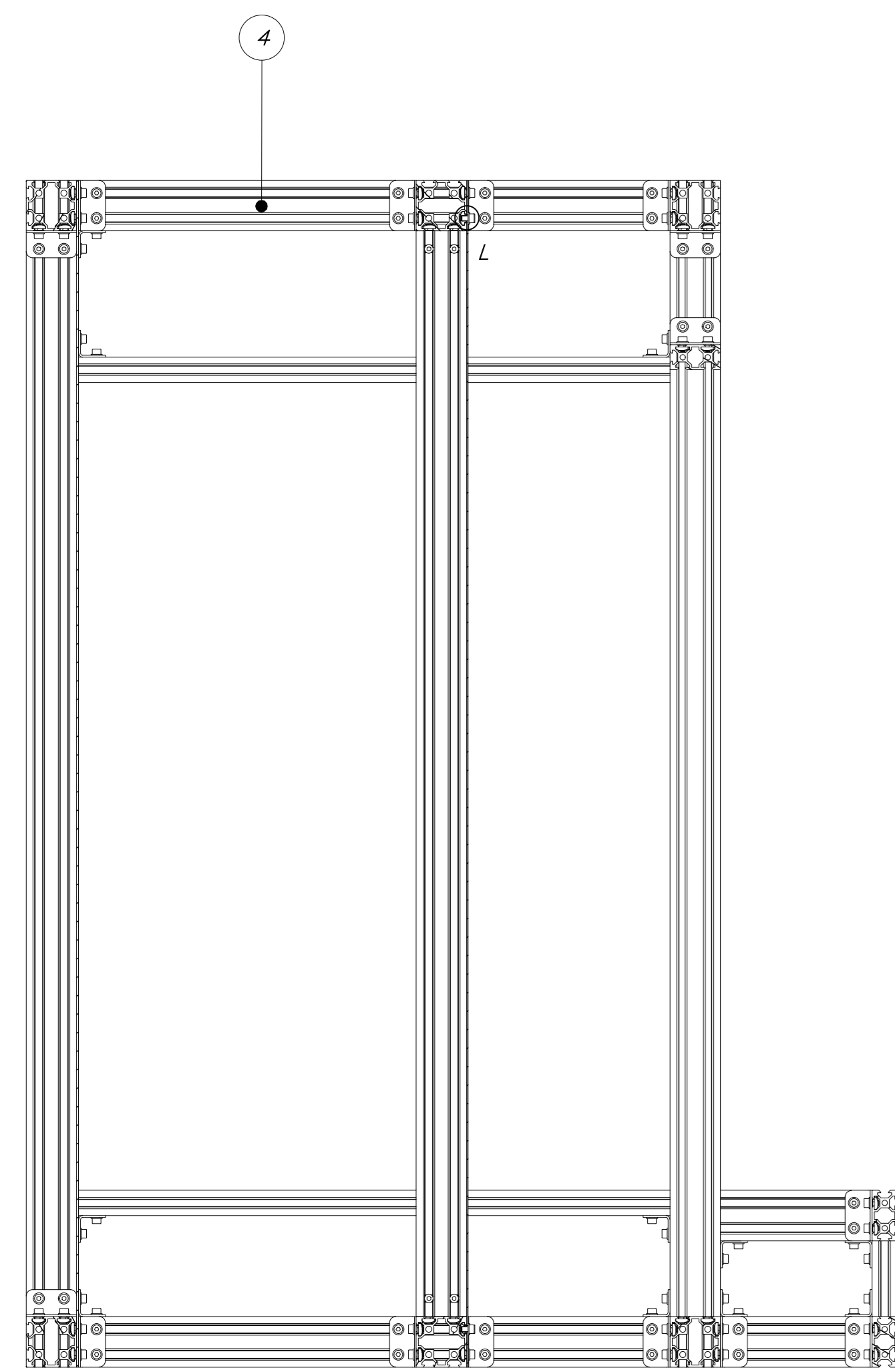


VISTA B-B

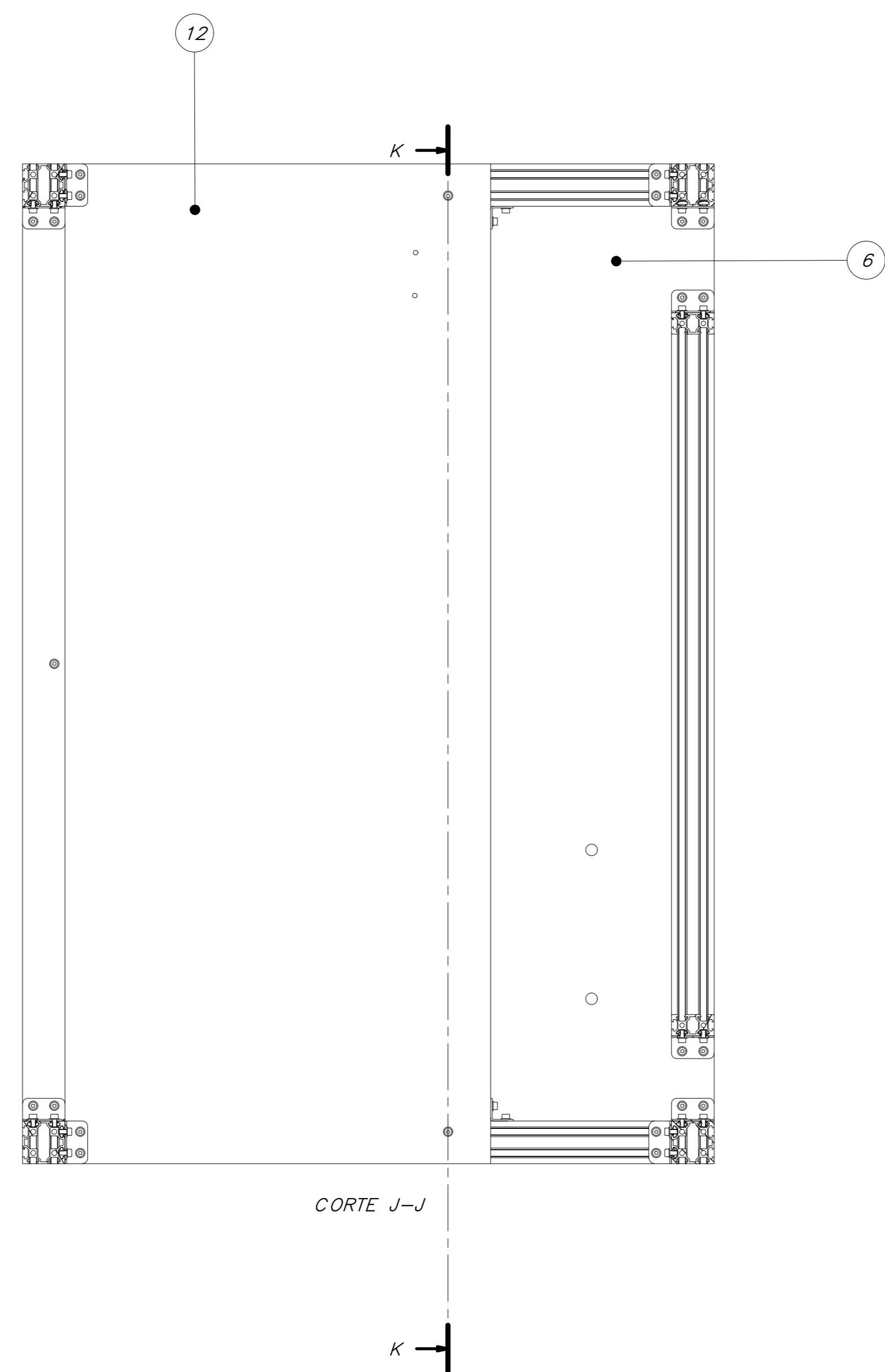
PARTS LIST					
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
24	2	ISO 4035 - M3	ISO 4035	Stainless Steel, 440C	
23	2	ISO 7089 - 3	ISO 7089	Stainless Steel	
22	2	ISO 4762 - M4 x 30	ISO 4762	Stainless Steel, 440C	
21	16	ISO 4161 - M5	ISO 4161	Stainless Steel	
20	16	ISO 4762 - M5 x 16	ISO 4762	Stainless Steel, 440C	
19	32	ISO 7089 - 5	ISO 7089	Stainless Steel	
18	4	RUEDAS CASTOR			
17	14	ISO 4762 - M4 x 6	ISO 4762	Stainless Steel, 440C	
16	2	PLANCHA DE SOPORTE DE LAS RUEDAS (EA)		Aluminum 6061	
14	14	ISO 299	ISO 299	Stainless Steel, 440C	
13	1	SOPORTE DEL TUBO DE SUMINISTRO (EA)		Steel, Mix, Welded	
12	2	ISO 4762 - M3 x 10	ISO 4762	Stainless Steel, 440C	
11	1	CAJA ELECTRONICA WC-42			
10	1	SISTEMA DE SUMINISTRO DE AGUA			
9	4	ISO 4035 - M8	ISO 4035	Stainless Steel, 440C	
8	4	ISO 4762 - M8 x 30	ISO 4762	Stainless Steel, 440C	
7	8	ISO 7089 - 8	ISO 7089	Stainless Steel	
6	2	ISO 4035 - M4	ISO 4035	Stainless Steel, 440C	
5	18	ISO 7089 - 4	ISO 7089	Stainless Steel	
4	4	PROTECCIÓN DE CAUCHO		Rubber	
3	1	SISTEMA DE PROPULSIÓN DE AGUA			
2	1	TANQUE DE AGUA			
1	1	ESTRUCTURA (EA)			

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA			
METODO DE PROYECCIÓN	ESTRUCTURA	ESCALA	1:4
20163239	LEMA EROS, RAFAEL WILLIAMS	FECHA:	2020.11.24
		LÁMINA:	AO

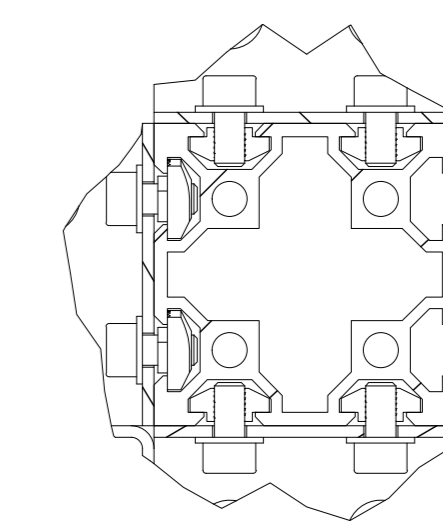
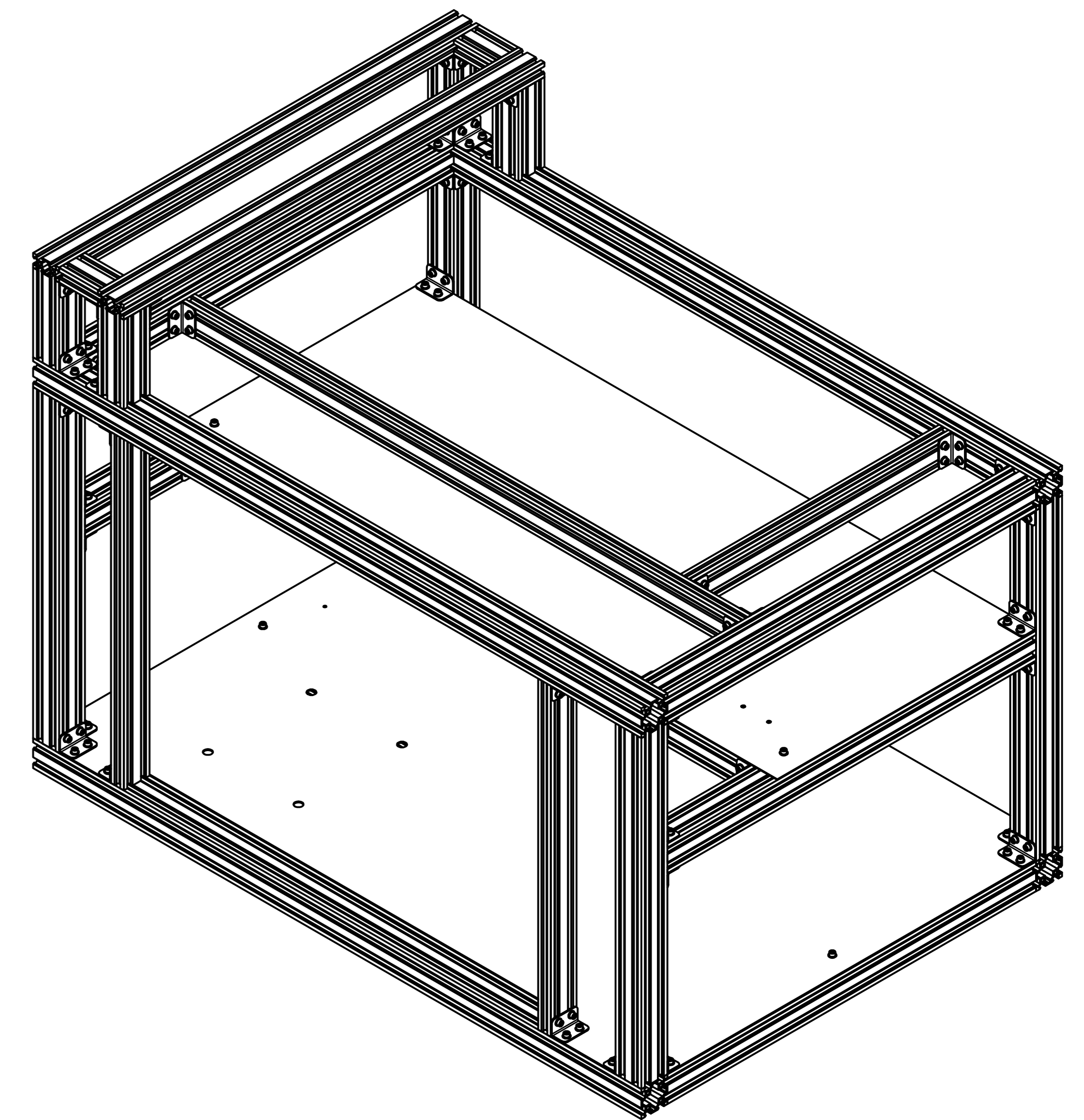
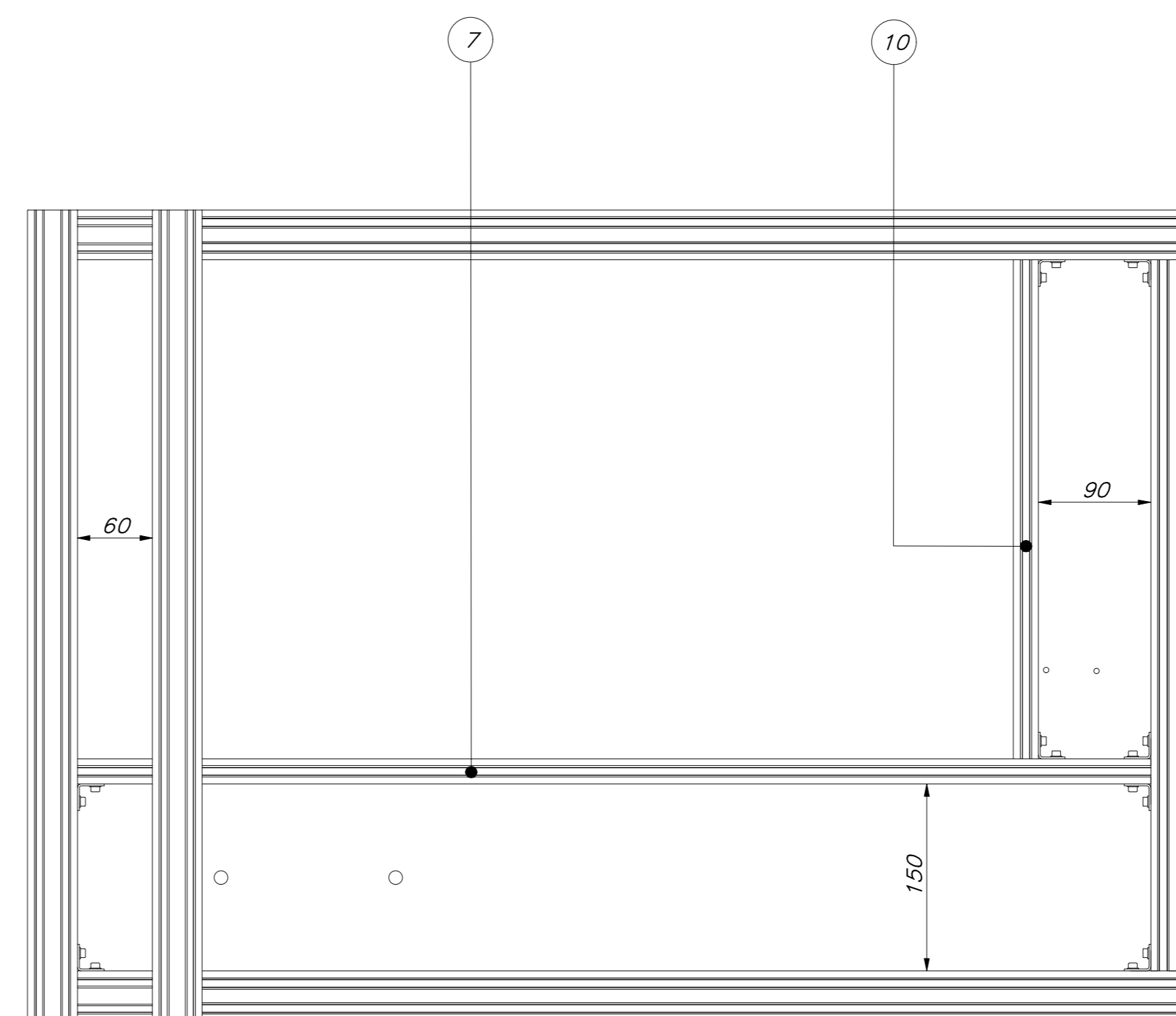
COTA NOMINAL COTA REAL COTA REAL



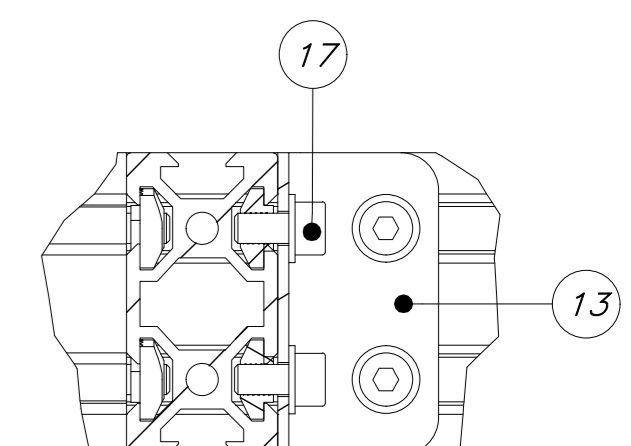
CORTE K-K



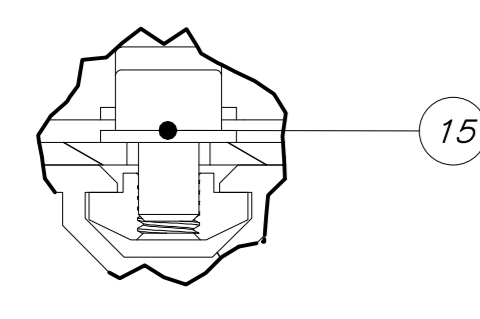
CORTE J-J



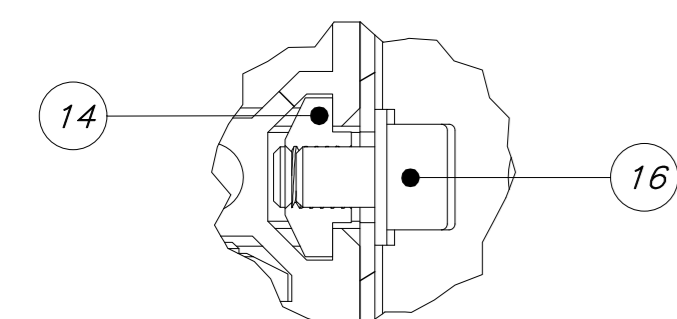
DETALLE G
ESCALA 1 : 1



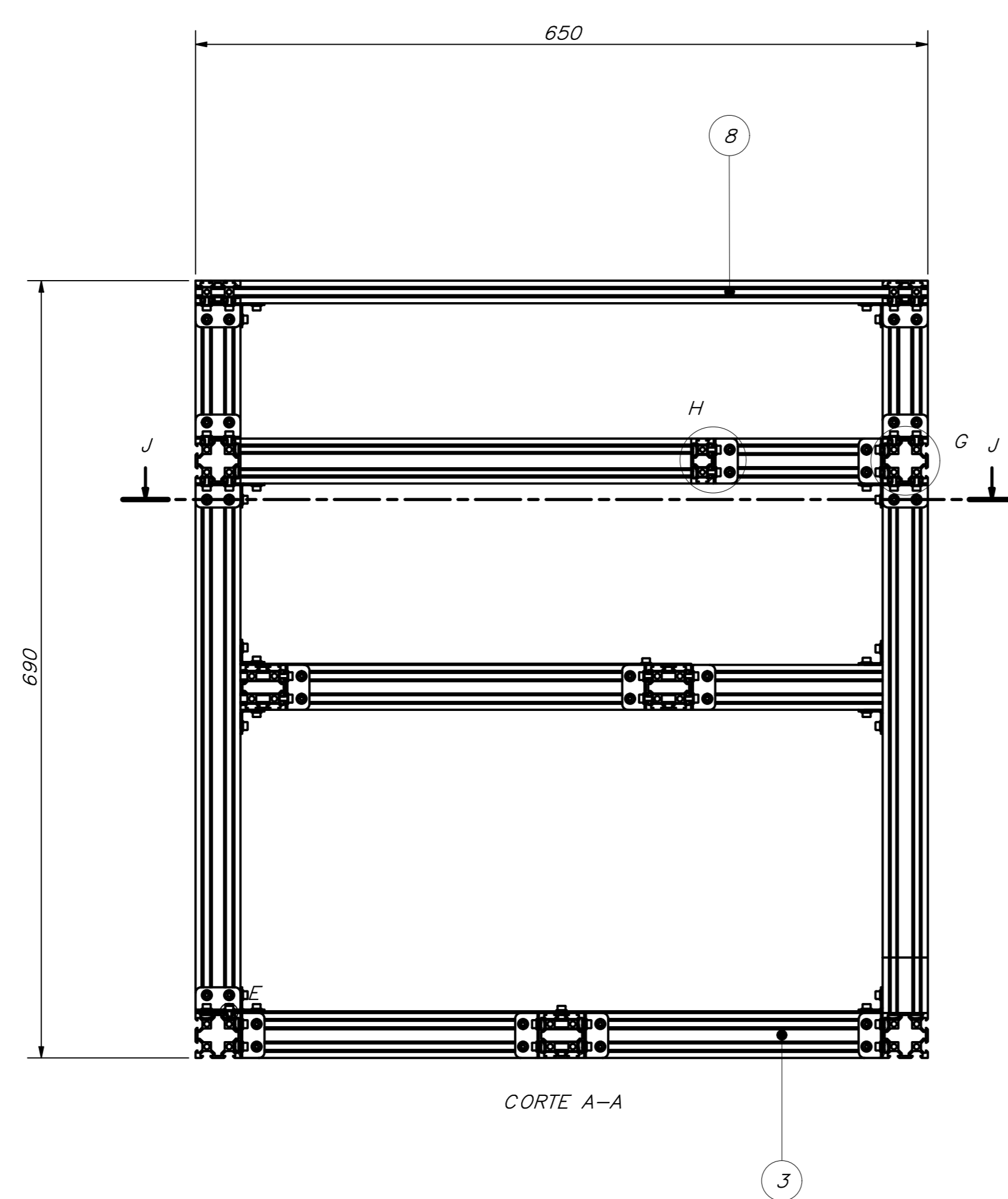
DETALLE H
ESCALA 1 : 1



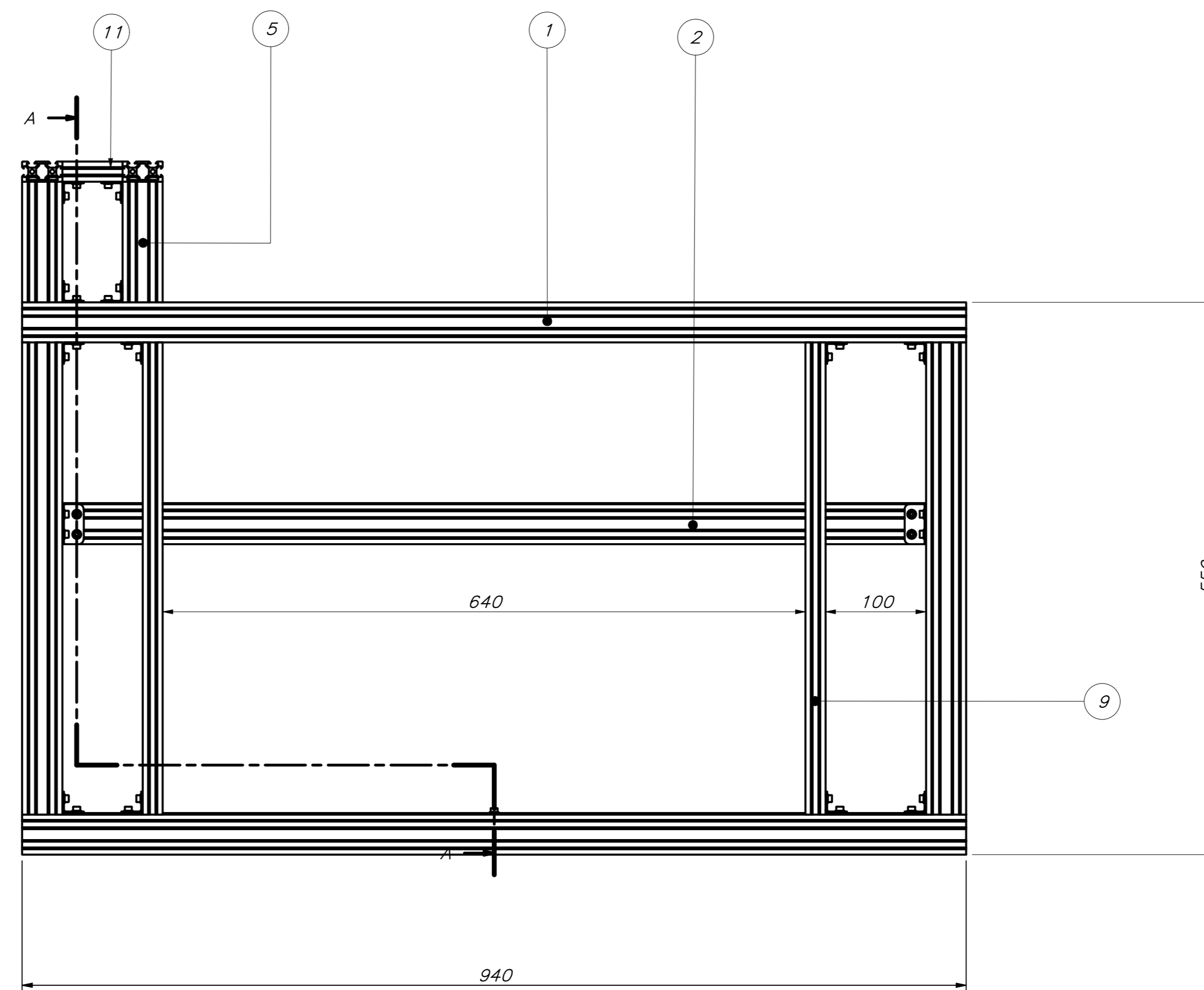
DETALLE E
ESCALA 2 : 1



DETALLE L
ESCALA 2 : 1



CORTE A-A

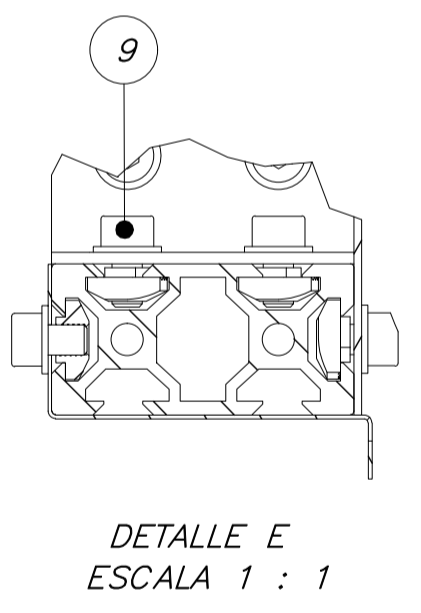
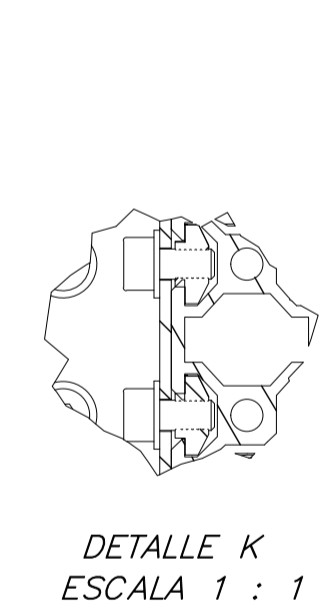
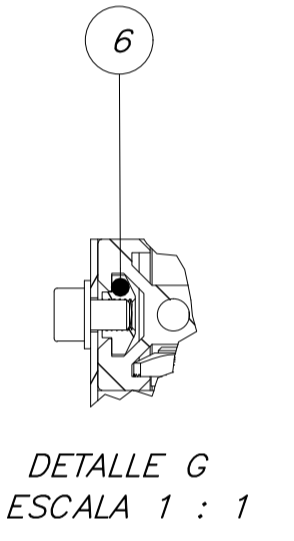
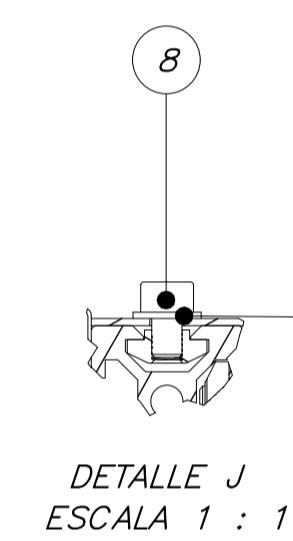
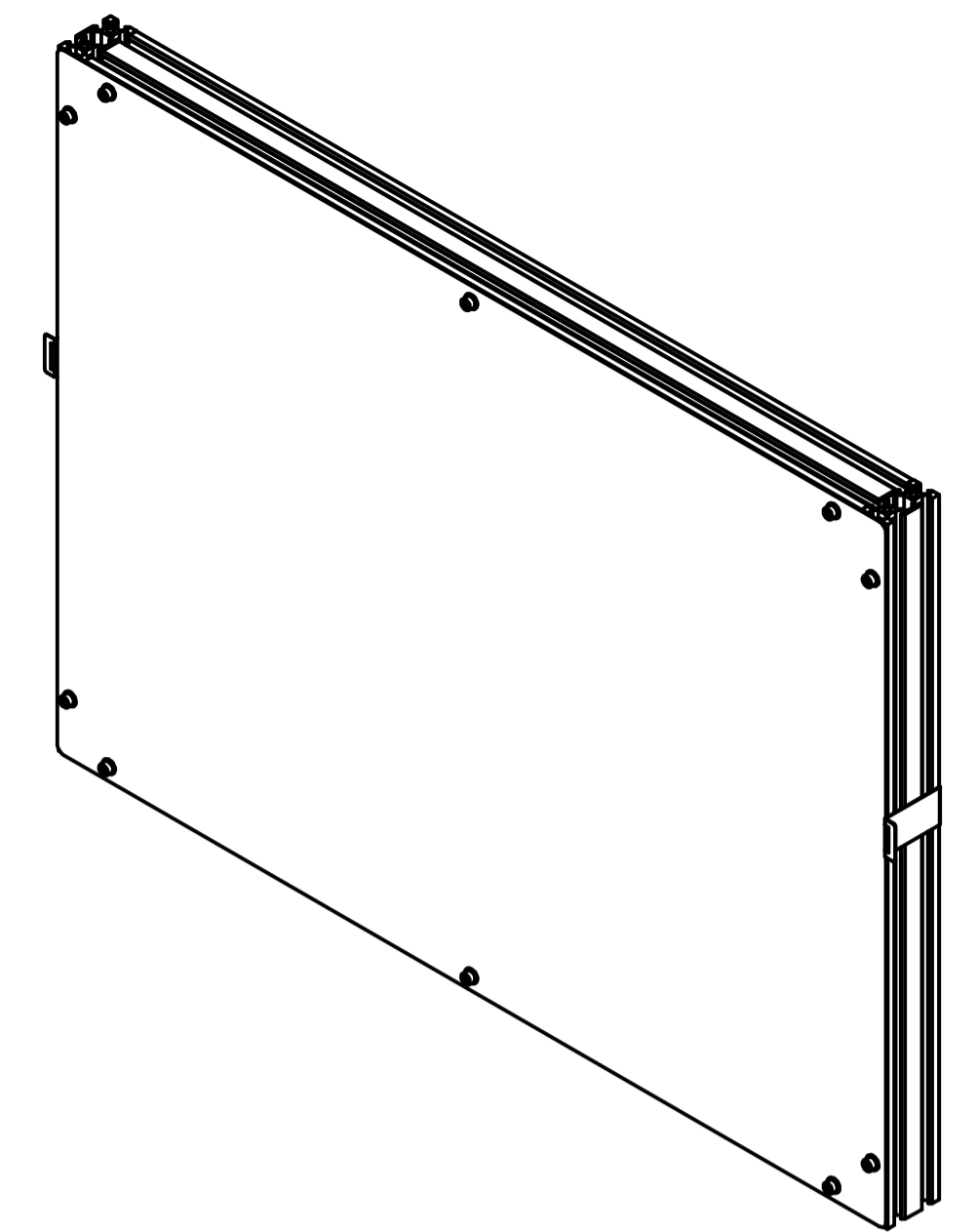
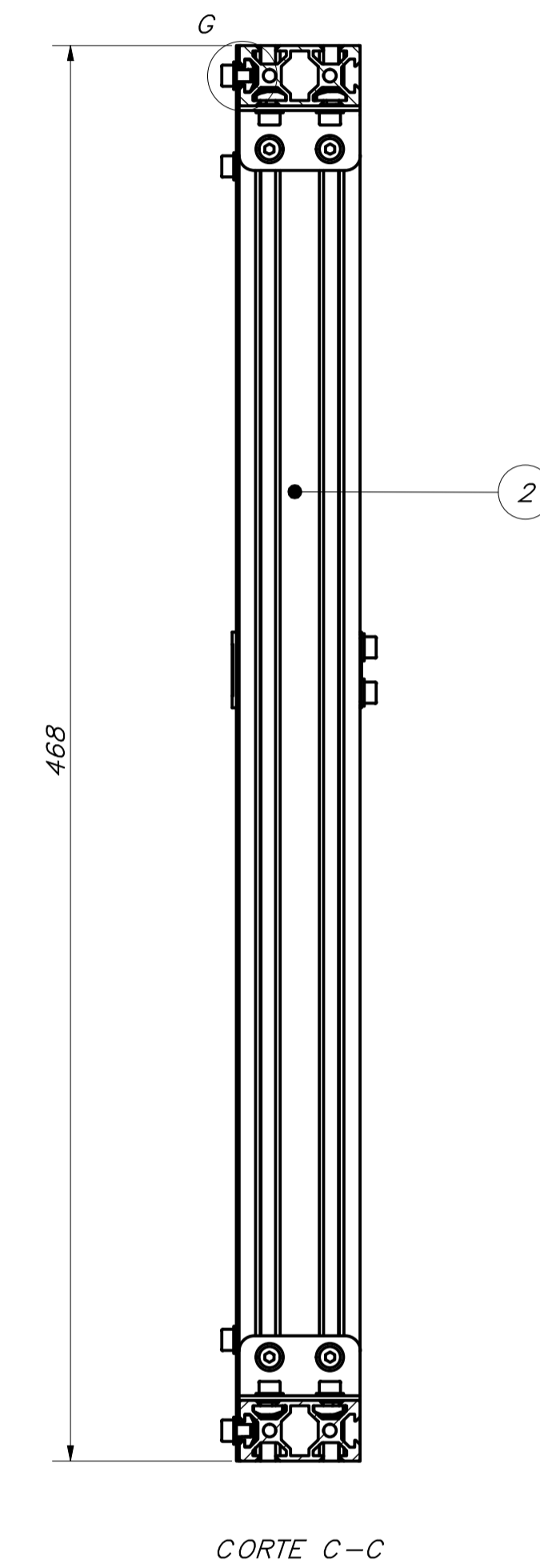
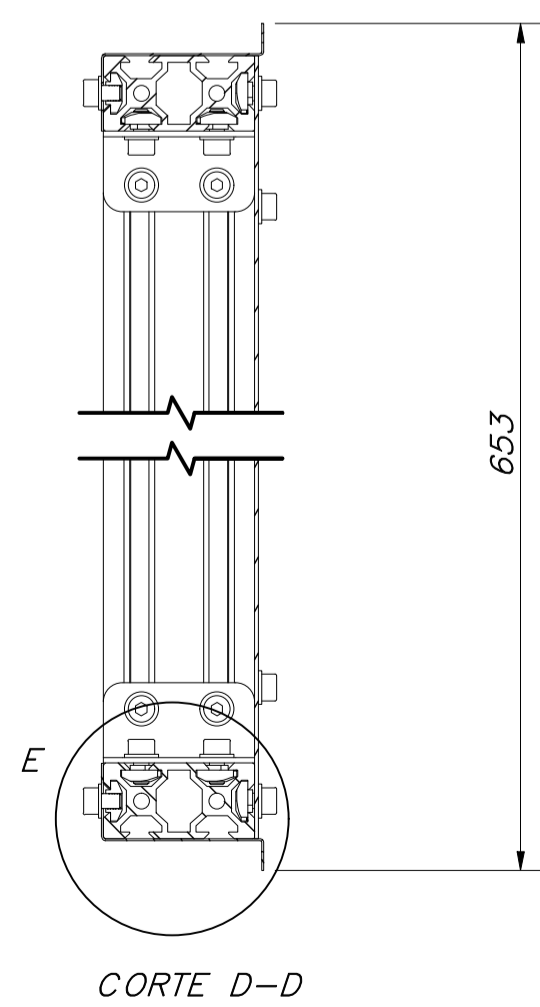
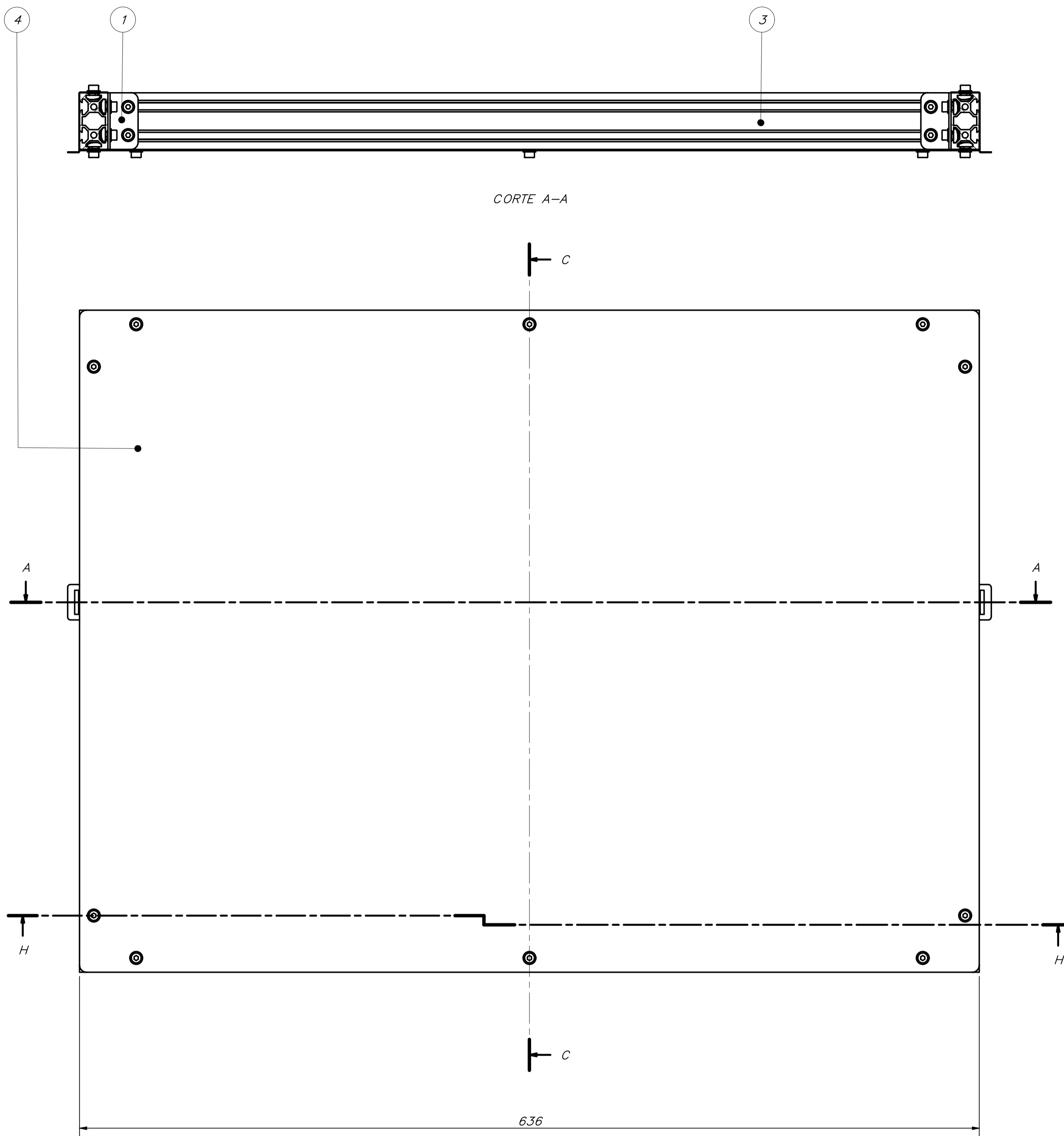
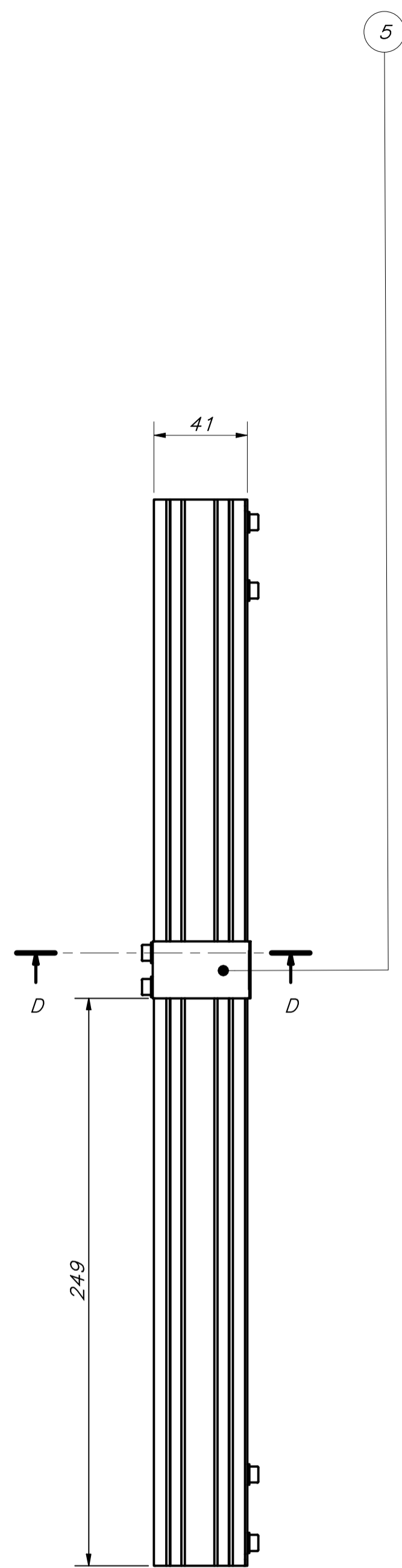


POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
17	252	ISO 4762 - M4 x 8	ISO 4762	Stainless Steel, 440C	
16	5	ISO 4762 - M4 x 6	ISO 4762	Stainless Steel, 440C	
15	257	ISO 7089 - 4	ISO 7089	Stainless Steel, 440C	
14	257	ISO 299 - M4	ISO 299	Stainless Steel, 440C	
13	63	CONEXION EN L		Stainless Steel	
12	1	PLANCHA DE SOPORTE DEL TANQUE (EA)		Aluminum 6061	
11	2	YSLOT 40x20 - 60mm		Aluminum 6061	
10	1	YSLOT 40x20 - 400mm		Aluminum 6061	
9	2	YSLOT 40x20 - 470mm		Aluminum 6061	
8	2	YSLOT 40x20 - 650mm		Aluminum 6061	
7	1	YSLOT 40x20 - 860mm		Aluminum 6061	
6	1	PLANCHA INFERIOR (EA)		Aluminum 6061	
5	4	YSLOT 40x40 - 120mm		Aluminum 6061	
4	4	YSLOT 40x40 - 470mm		Aluminum 6061	
3	6	YSLOT 40x40 - 570mm		Aluminum 6061	
2	3	YSLOT 40x40 - 860mm		Aluminum 6061	
1	4	YSLOT 40x40 - 940mm		Aluminum 6061	

PARTS LIST		
ISO 4762	Stainless Steel, 440C	
ISO 4762	Stainless Steel, 440C	
ISO 7089	Stainless Steel, 440C	
ISO 299	Stainless Steel, 440C	
CONEXION EN L	Stainless Steel	
PLANCHA DE SOPORTE DEL TANQUE (EA)	Aluminum 6061	
YSLOT 40x20 - 60mm	Aluminum 6061	
YSLOT 40x20 - 400mm	Aluminum 6061	
YSLOT 40x20 - 470mm	Aluminum 6061	
YSLOT 40x20 - 650mm	Aluminum 6061	
YSLOT 40x20 - 860mm	Aluminum 6061	
PLANCHA INFERIOR (EA)	Aluminum 6061	
YSLOT 40x40 - 120mm	Aluminum 6061	
YSLOT 40x40 - 470mm	Aluminum 6061	
YSLOT 40x40 - 570mm	Aluminum 6061	
YSLOT 40x40 - 860mm	Aluminum 6061	
YSLOT 40x40 - 940mm	Aluminum 6061	

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ		
CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
METODO DE PROYECCION	TRABAJO DE FIN DE CARRERA 2 - TOMA	ESCALA
	ESTRUCTURA (EA)	1:4
20163239	LEMA EROS, RAFAEL WILLIAMS	FECHA: 2020.11.23
		LÁMINA: AO

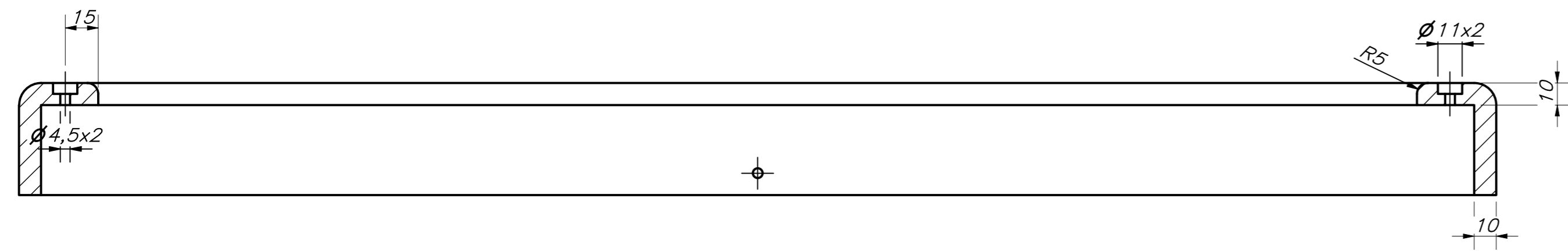
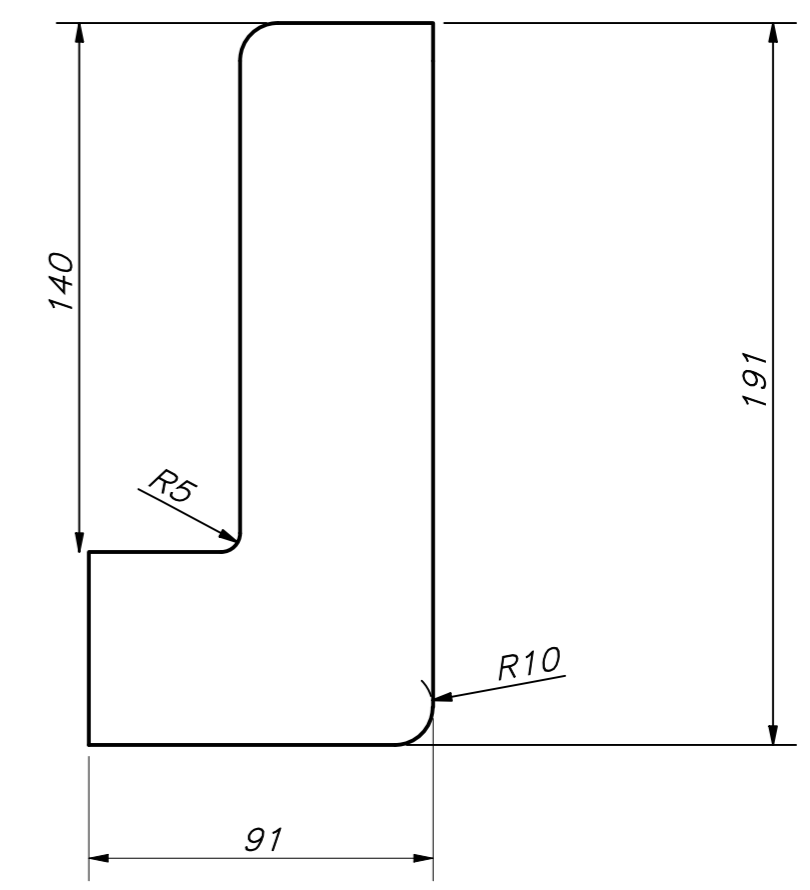
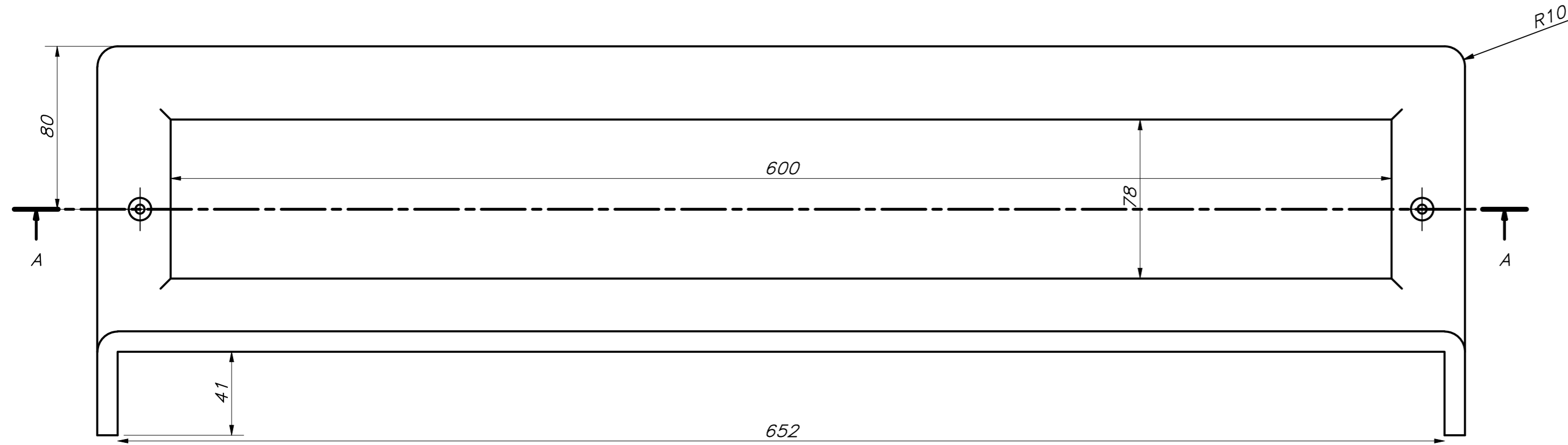
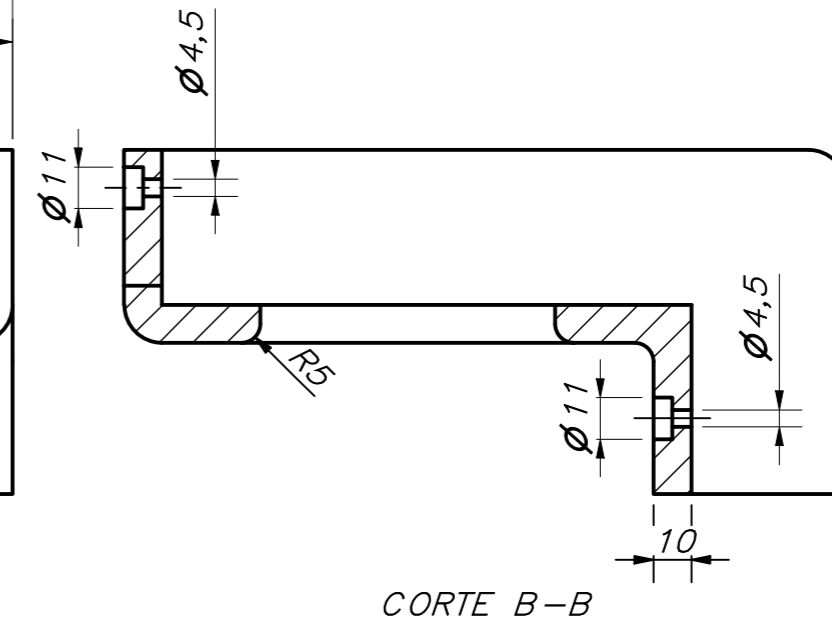
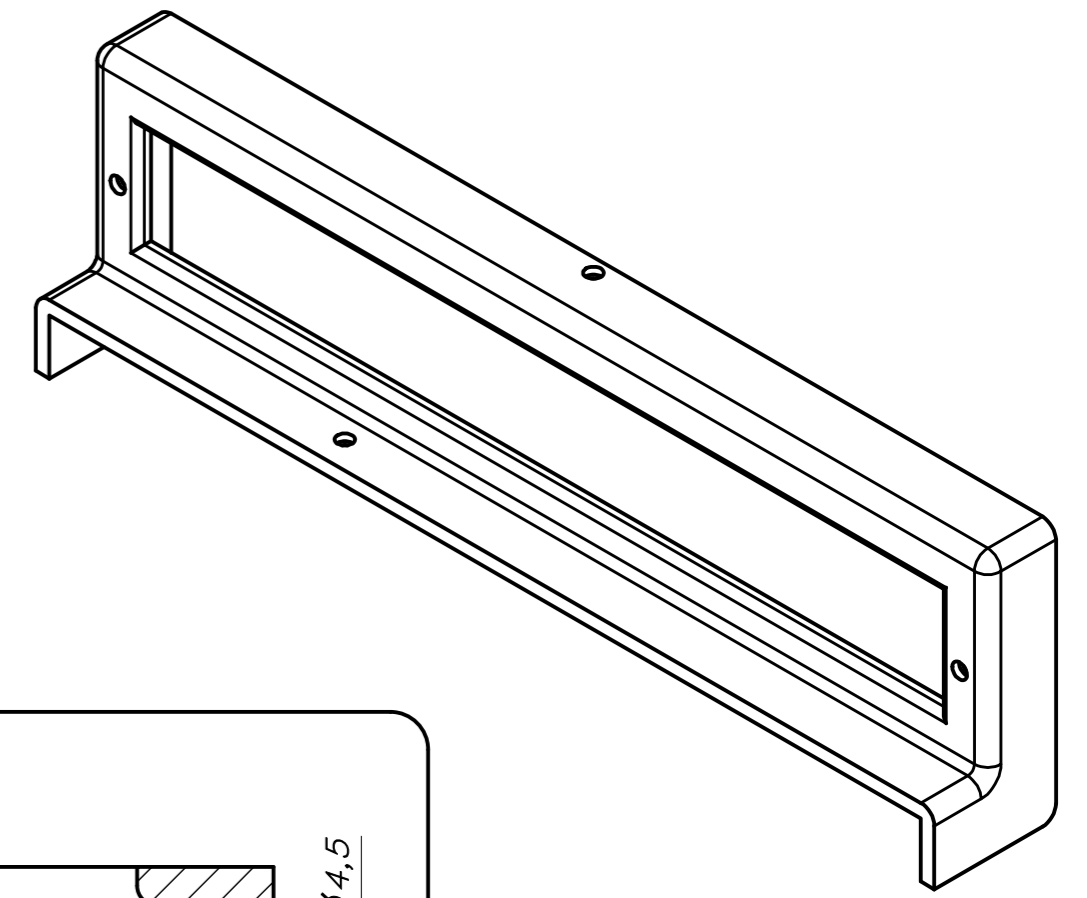
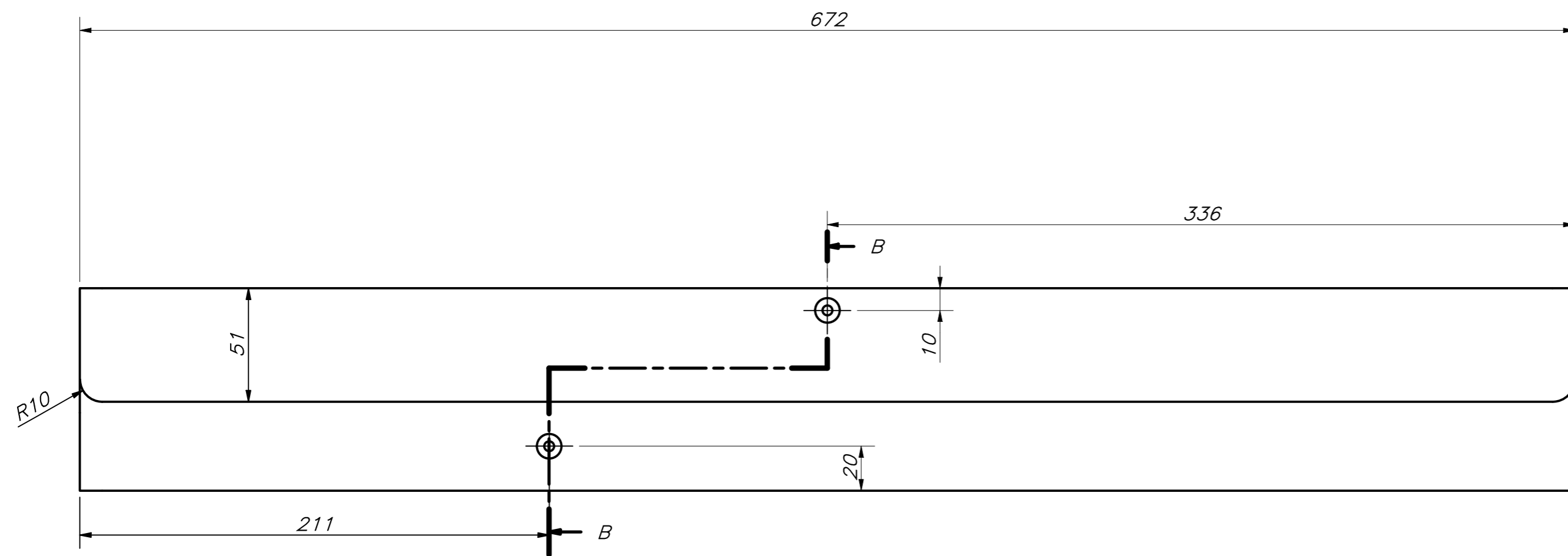
COTA NOMINAL COTA REAL COTA REAL



PARTS LIST					
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
9	16	ISO 4762 - M4 x 8	ISO 4762	Stainless Steel, 440C	
8	14	ISO 4762 - M4 x 6	ISO 4762	Stainless Steel, 440C	
7	30	ISO 7089 - 4	ISO 7089	Stainless Steel, 440C	
6	30	ISO 299 - M4	ISO 299	Stainless Steel, 440C	
5	2	SEGURO - LADO PUERTA (EA)		Steel, Mild, Welded	
4	1	PLANCHA DE LA PUERTA (EA)		Aluminum 6061	
3	1	V-SLOT 40x40 - 596mm		Aluminum 6061	
2	4	V-SLOT 40x40 - 468mm		Aluminum 6061	
1	4	CONECTOR EN L		Aluminum 6061	

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN	TRABAJO DE FN DE CARRERA 2 - 10M4	ESCALA
	PUERTA (EA)	1:2
20163239	LEMA EROS, RAFAEL WILLIAMS	FECHA: 2020.12.02
		LÁMINA: A1

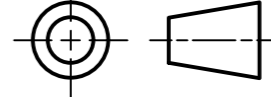
COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA
--------------	-------------	-------------

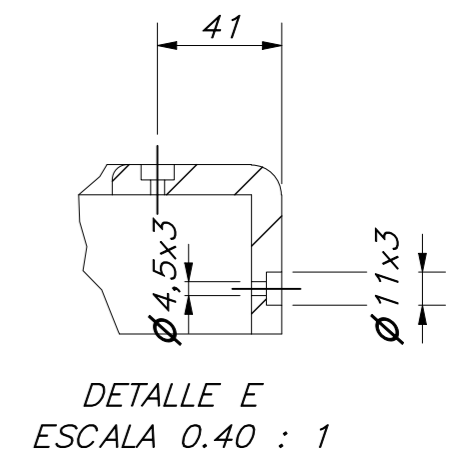
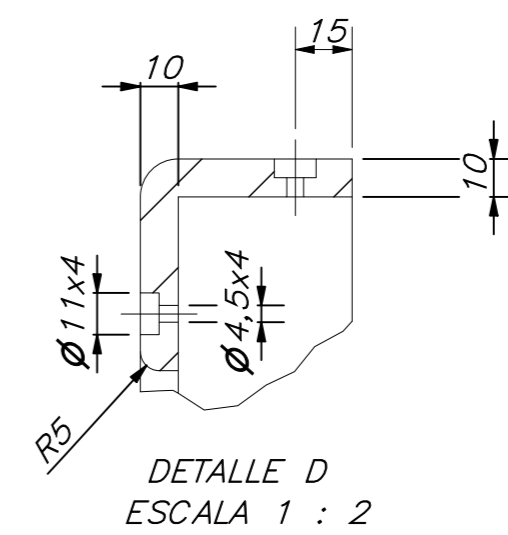
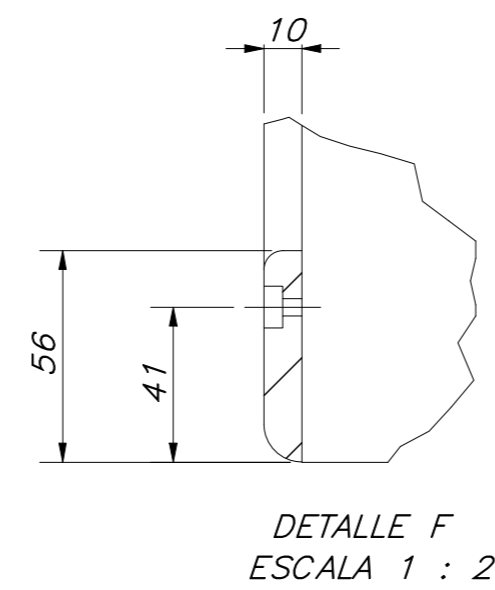
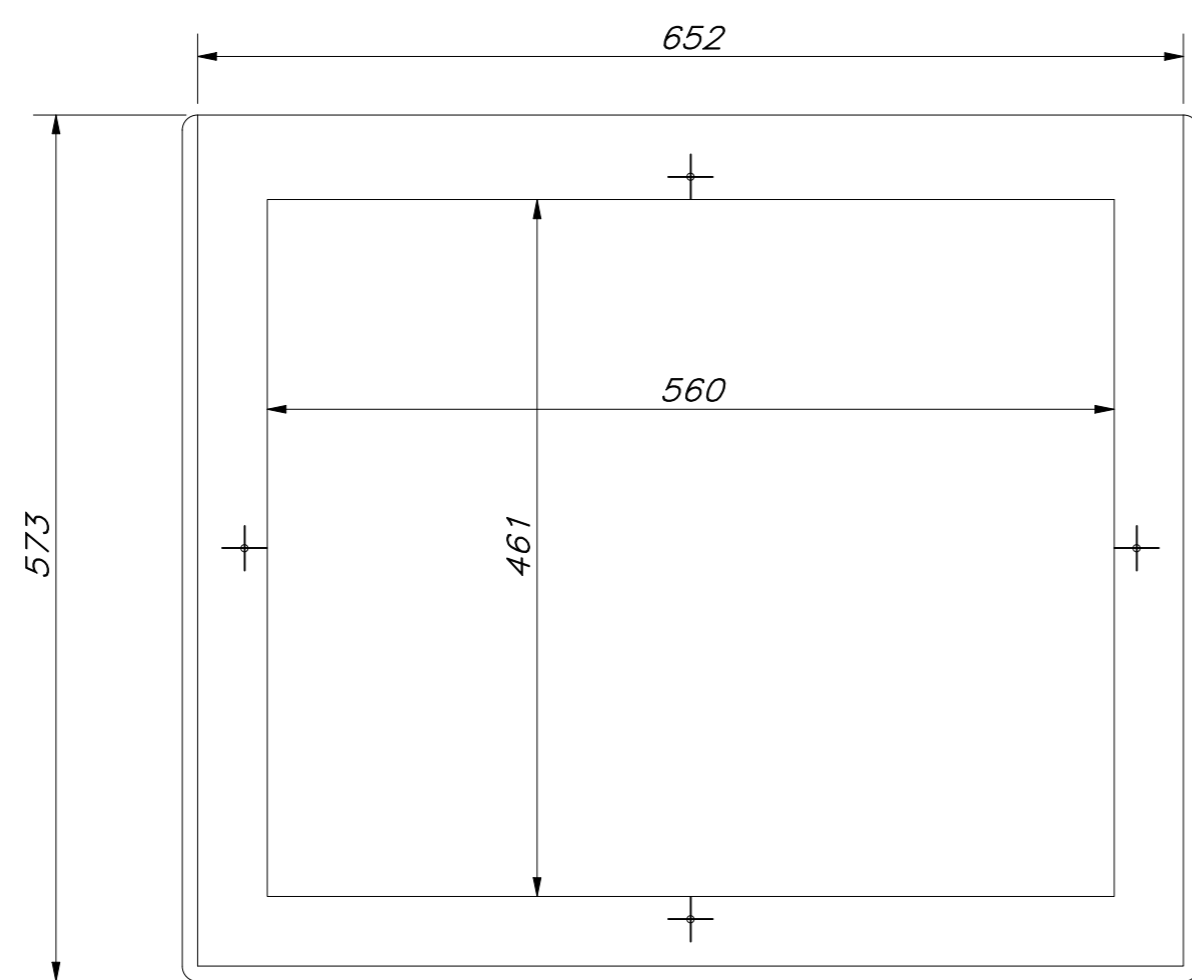
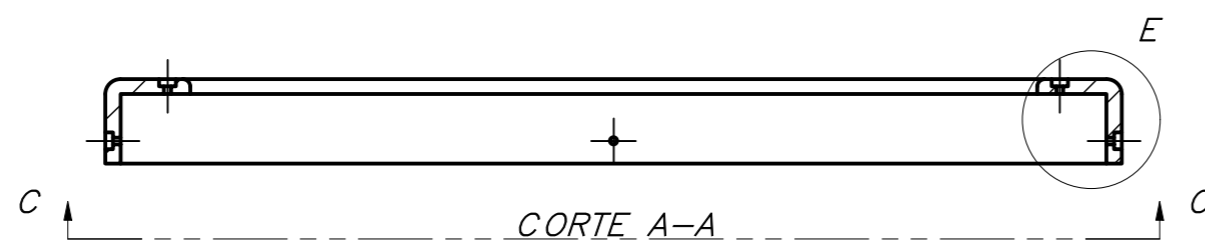
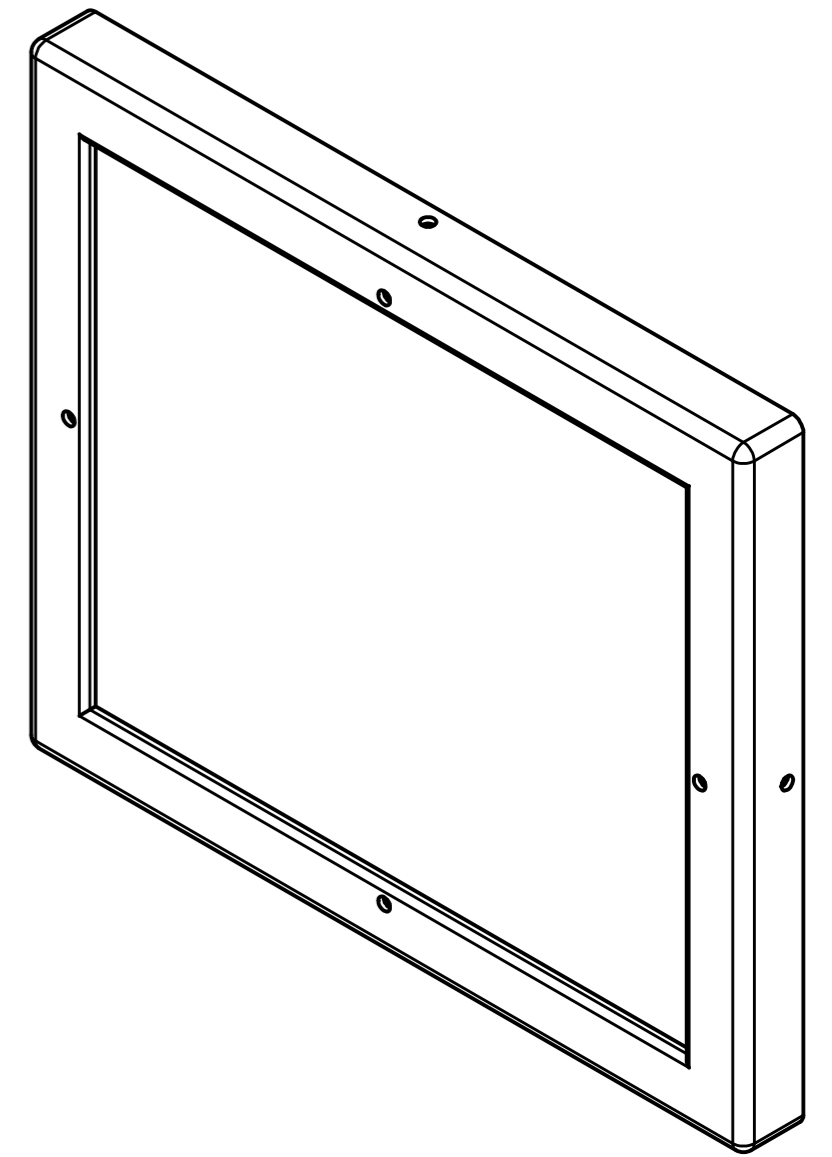
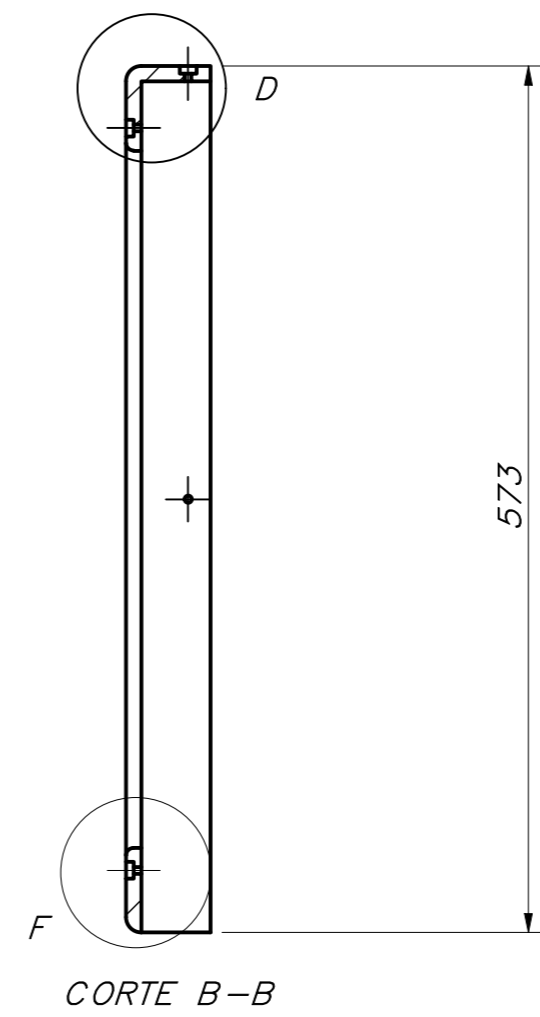
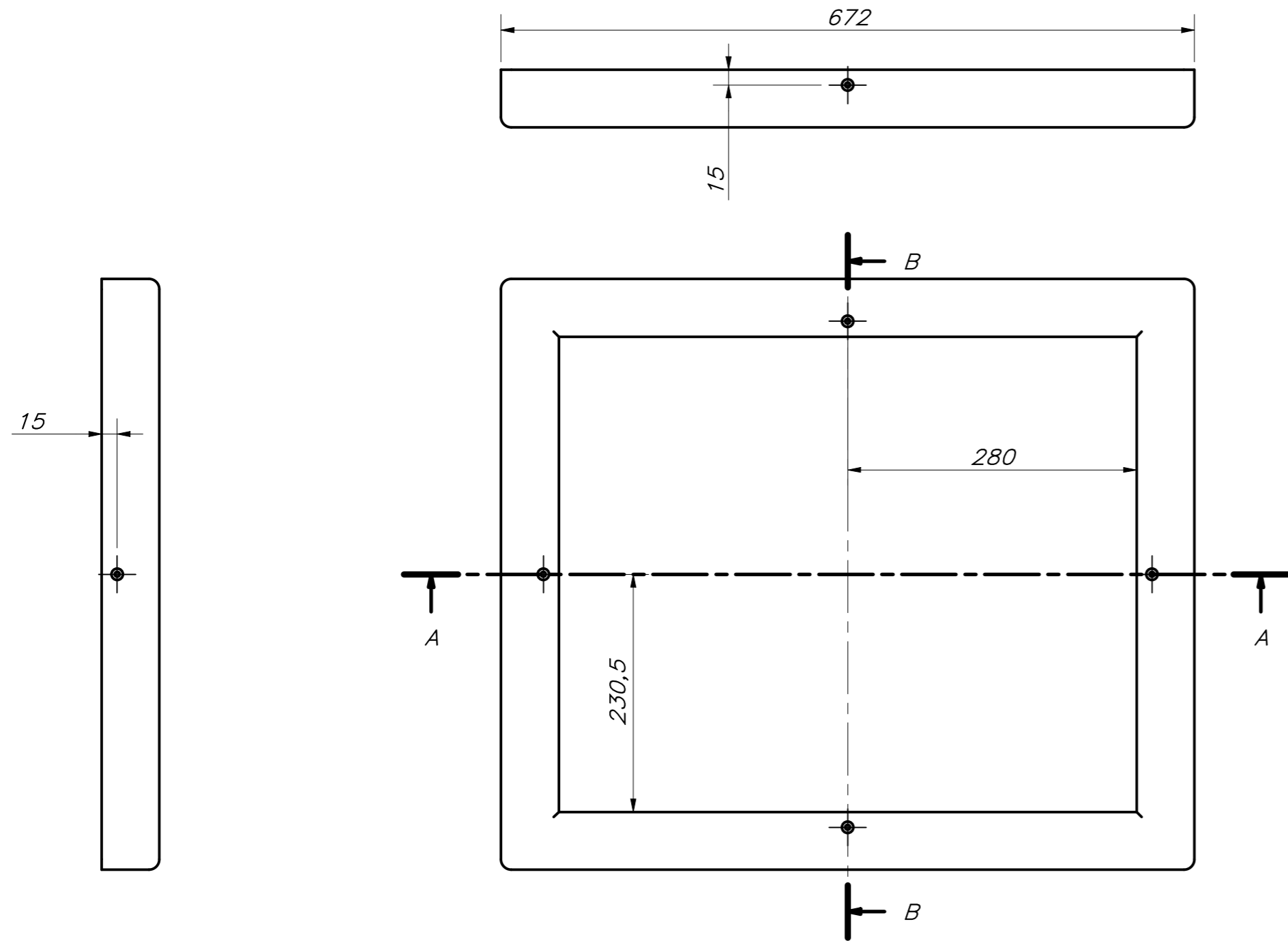


CORTE A-A

TOLERANCIAS DIMENSIONALES SEGÚN DIN ISO 2768-1						
GRADO DE EXACTITUD	Más de 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	Más de 120 hasta 400	Más de 400 hasta 1000
BASTO	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±3

COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA
--------------	-------------	-------------

ACABADO SUPERFICIAL 3.2	TOLERANCIA GENERAL DIN 2768 - 1	MATERIAL FIBRA DE VIDRIO
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIA E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	TRABAJO DE FIN DE CARRERA 2 - 10M4 MARCO FRONTAL SUPERIOR (EA)	ESCALA 1:4
20163239	LEMA EROS, RAFAEL WILLIAMS	FECHA: 2020.11.29
		LÁMINA: A3

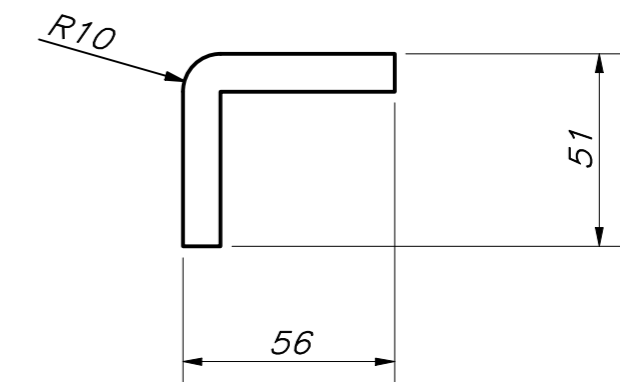
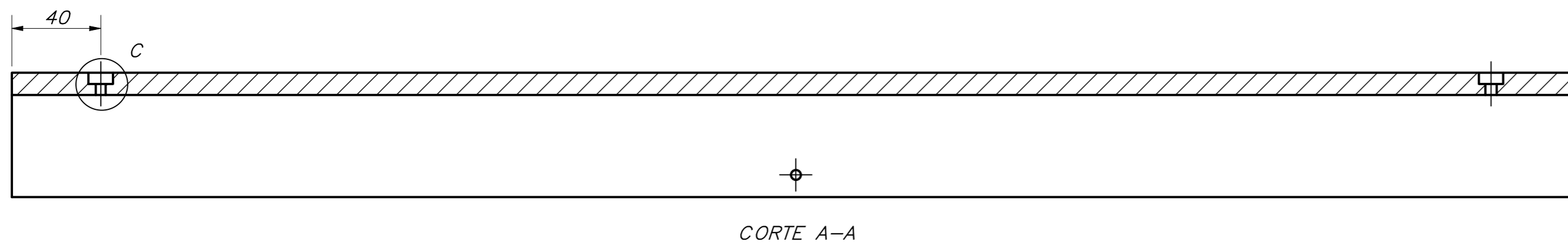
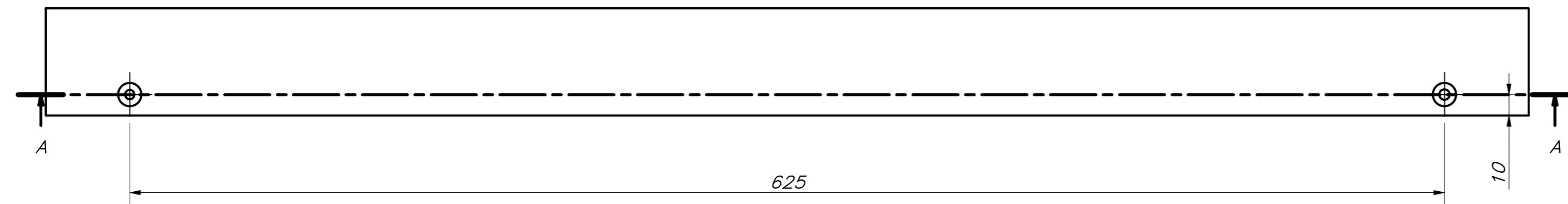
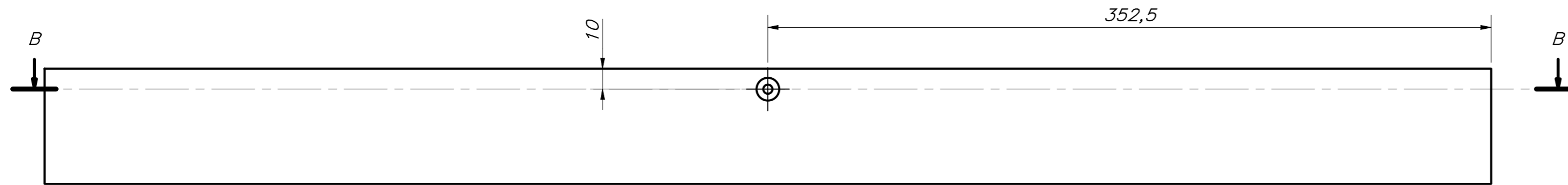
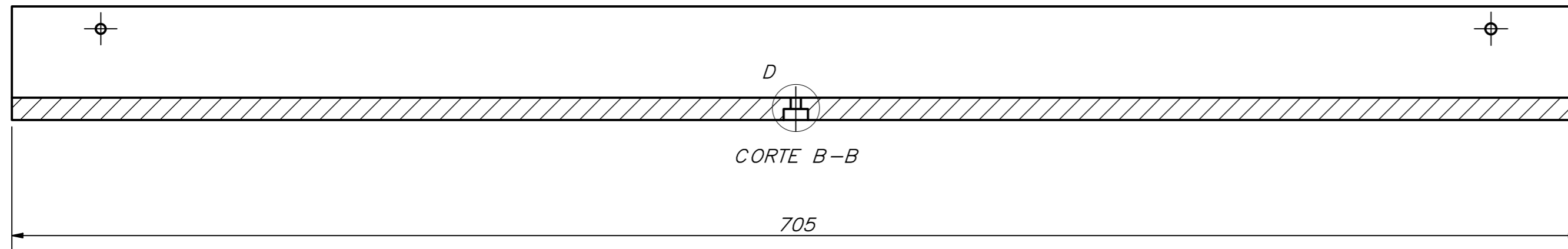
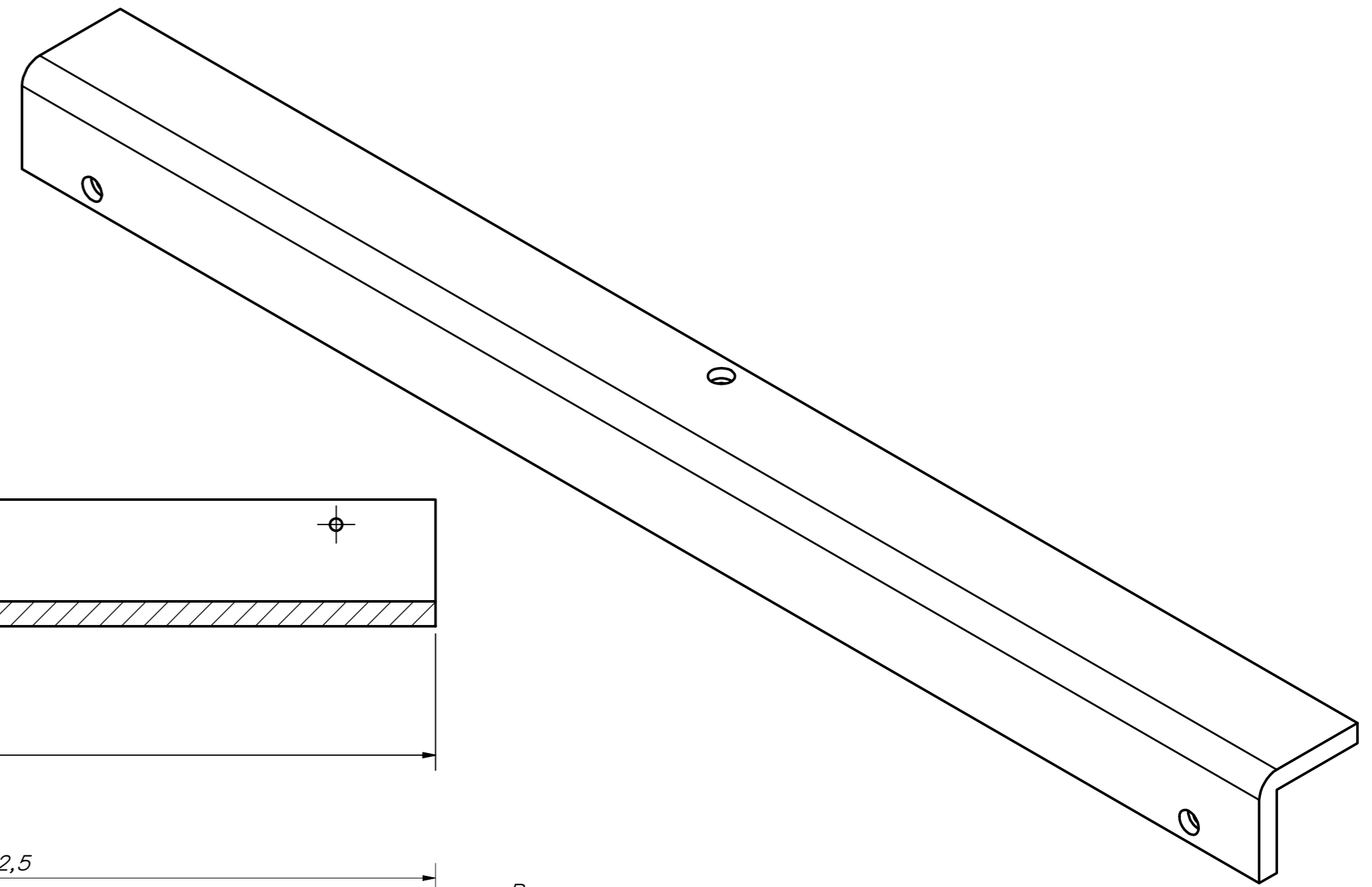
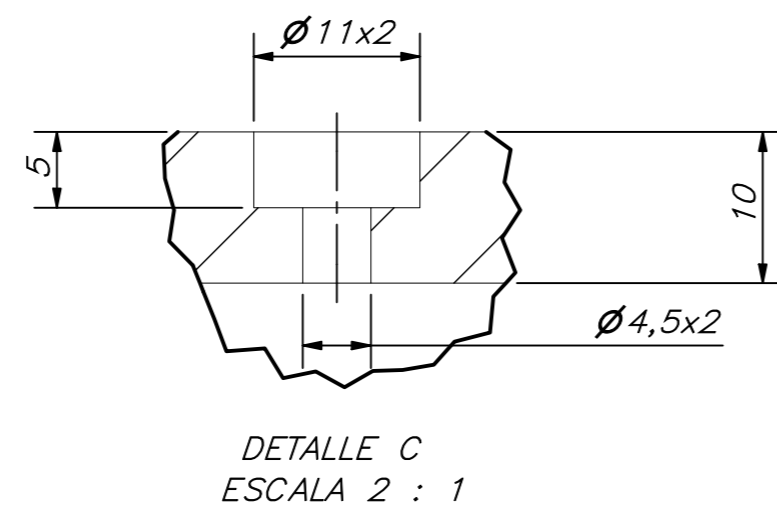
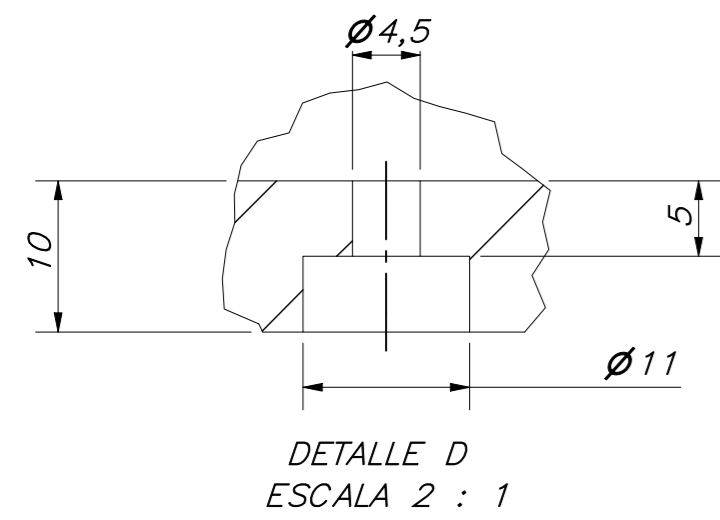


TOLERANCIAS DIMENSIONALES SEGÚN DIN ISO 2768-1

GRADO DE EXACTITUD	Más de 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	Más de 120 hasta 400	Más de 400 hasta 1000	Más de 1000 hasta 2000
BASTO	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2	±3

COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA
--------------	-------------	-------------

ACABADO SUPERFICIAL 3,2/√	TOLERANCIA GENERAL DIN 2768 - 1	MATERIAL FIBRA DE VIDRIO
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN [Symbol]	TRABAJO DE FIN DE CARRERA 2 MARCO FRONTAL INFERIOR (EA)	ESCALA 1:5
20163239	LEMA EROS, RAFAEL WILLIAMS	FECHA: 2020.11.29
		LÁMINA: A2

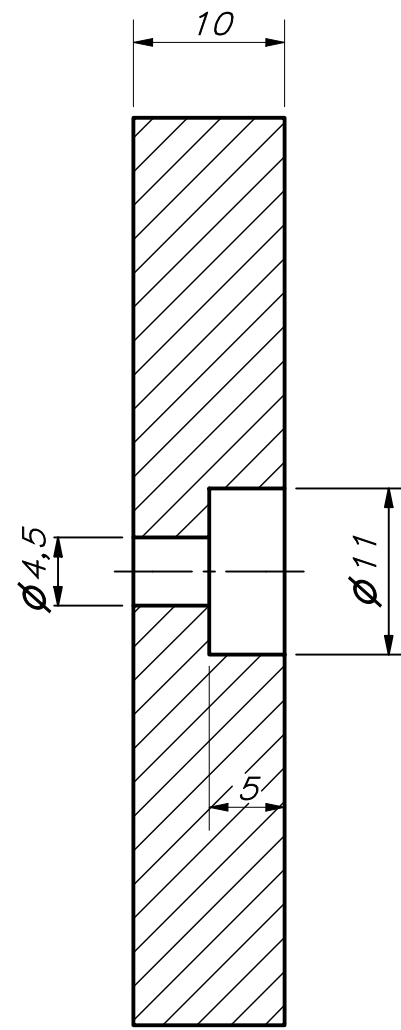
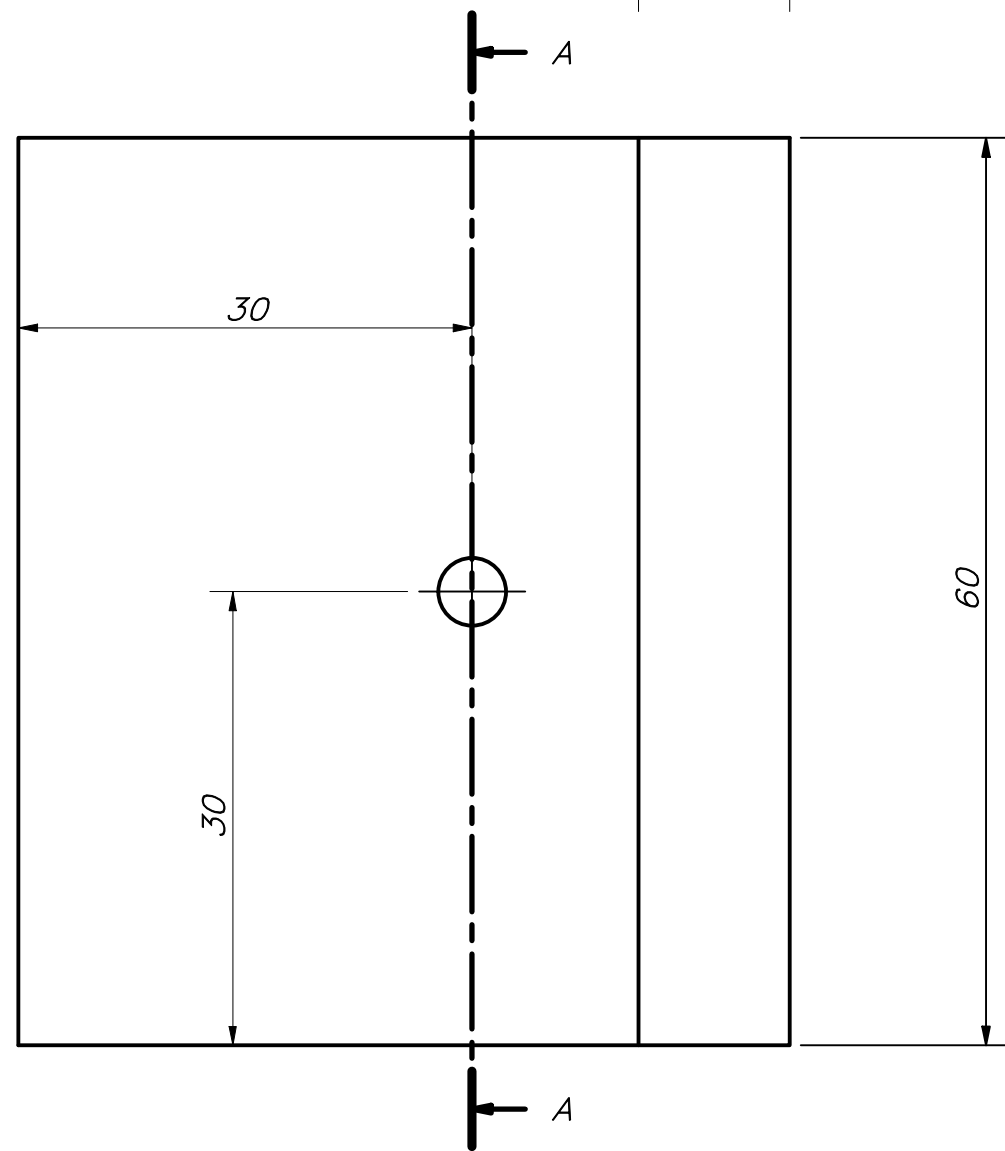
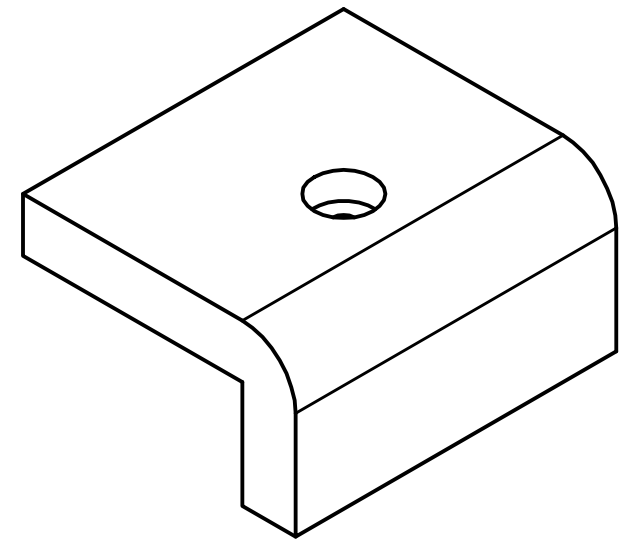
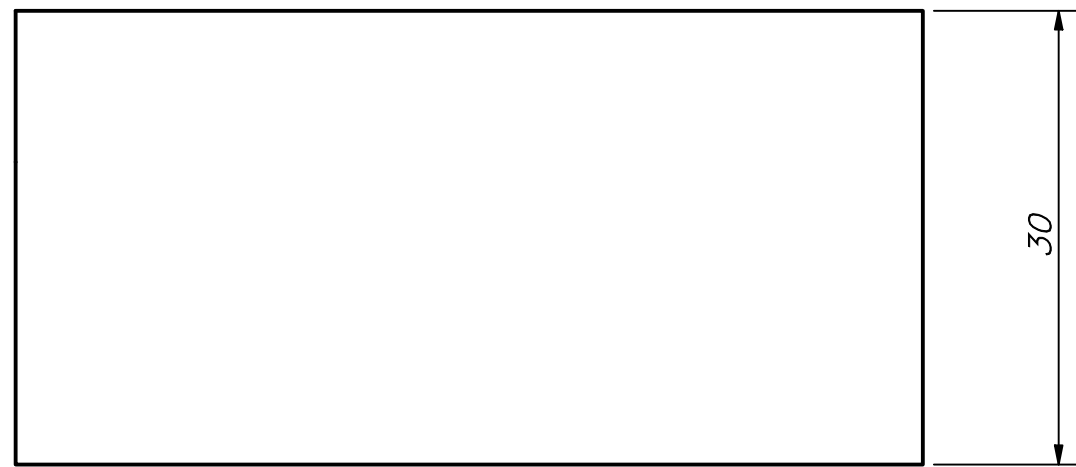
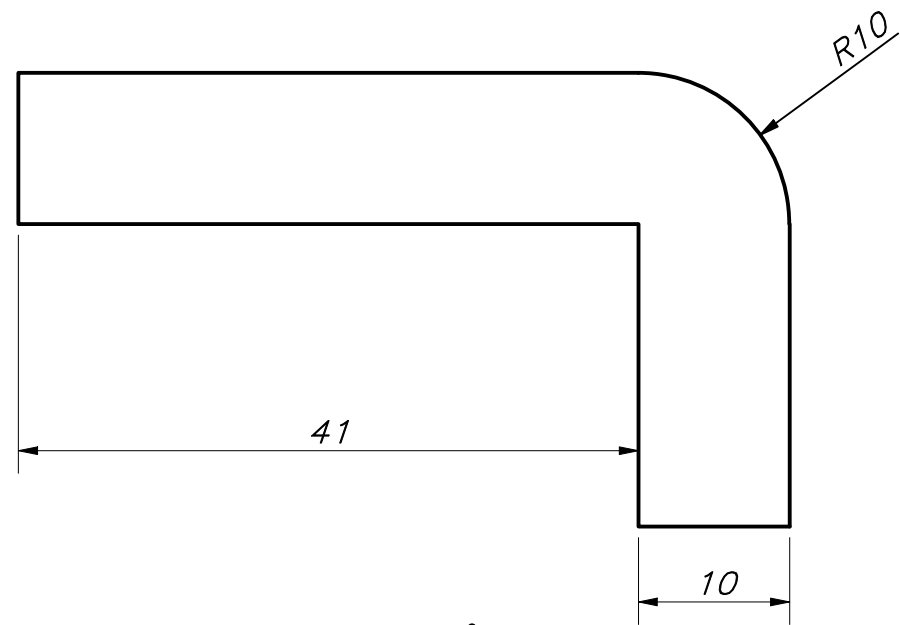


**TOLERANCIAS DIMENSIONALES
SEGÚN DIN ISO 2768-1**

GRADO DE EXACTITUD	Más de 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	Más de 120 hasta 400	Más de 400 hasta 1000	Más de 1000 hasta 2000
BASTO	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2	±3

COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA

ACABADO SUPERFICIAL 3.2/	TOLERANCIA GENERAL DIN 2768 - 1	MATERIAL FIBRA DE VIDRIO
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	TRABAJO DE FIN DE CARRERA 2 - 10M4 MARCO LATERAL DELANTERO (EA)	ESCALA 1:2
20163239	LEMA EROS, RAFAEL WILLIAMS	FECHA: 2020.11.29
		LÁMINA: A2



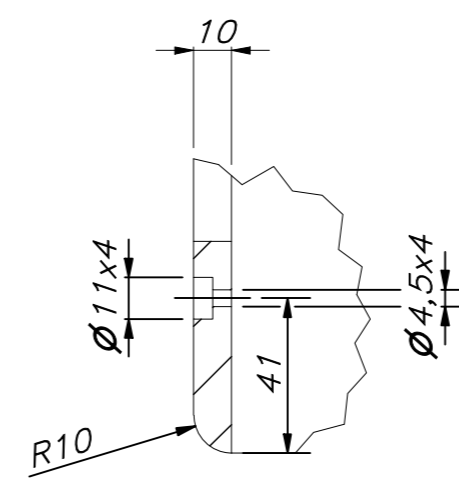
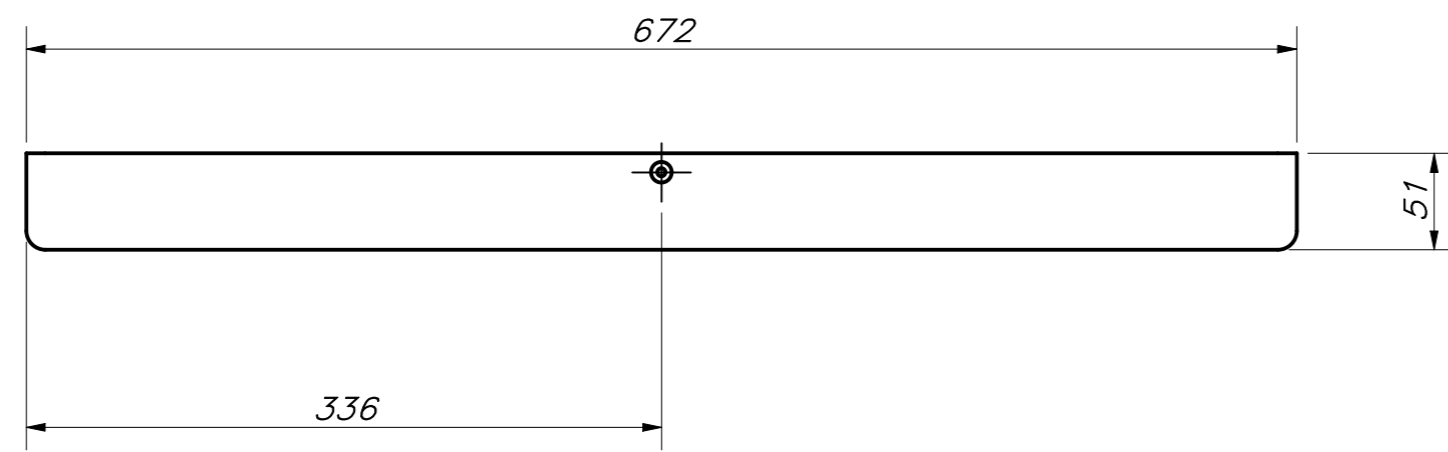
CORTE A-A

ACABADO SUPERFICIAL 3.2/	TOLERANCIA GENERAL DIN 2768 - 1	MATERIAL FIBRA DE VIDRIO
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	TRABAJO DE FIN DE CARRERA 2 - 10M4 MARCO LATERAL TRASERO (EA)	ESCALA 1:1
20163239	LEMA EROS, RAFAEL WILLIAMS	FECHA: 2020.11.29
		LÁMINA: A3

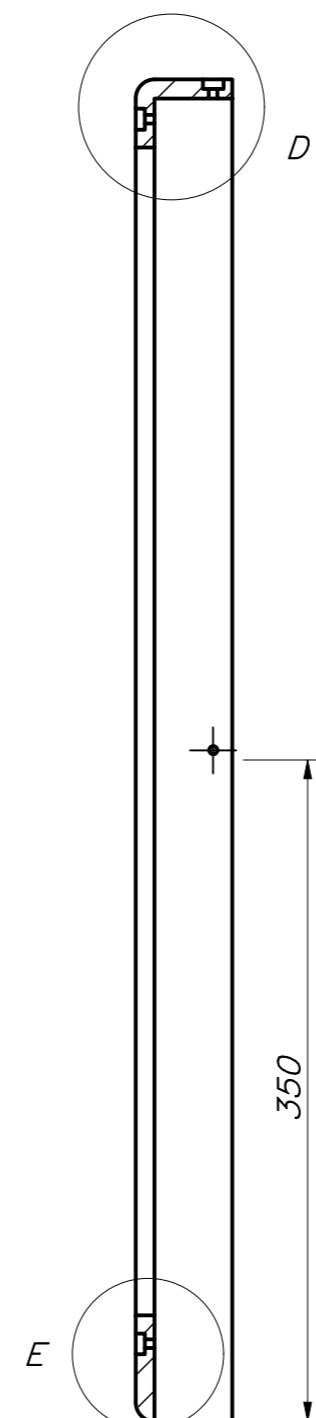
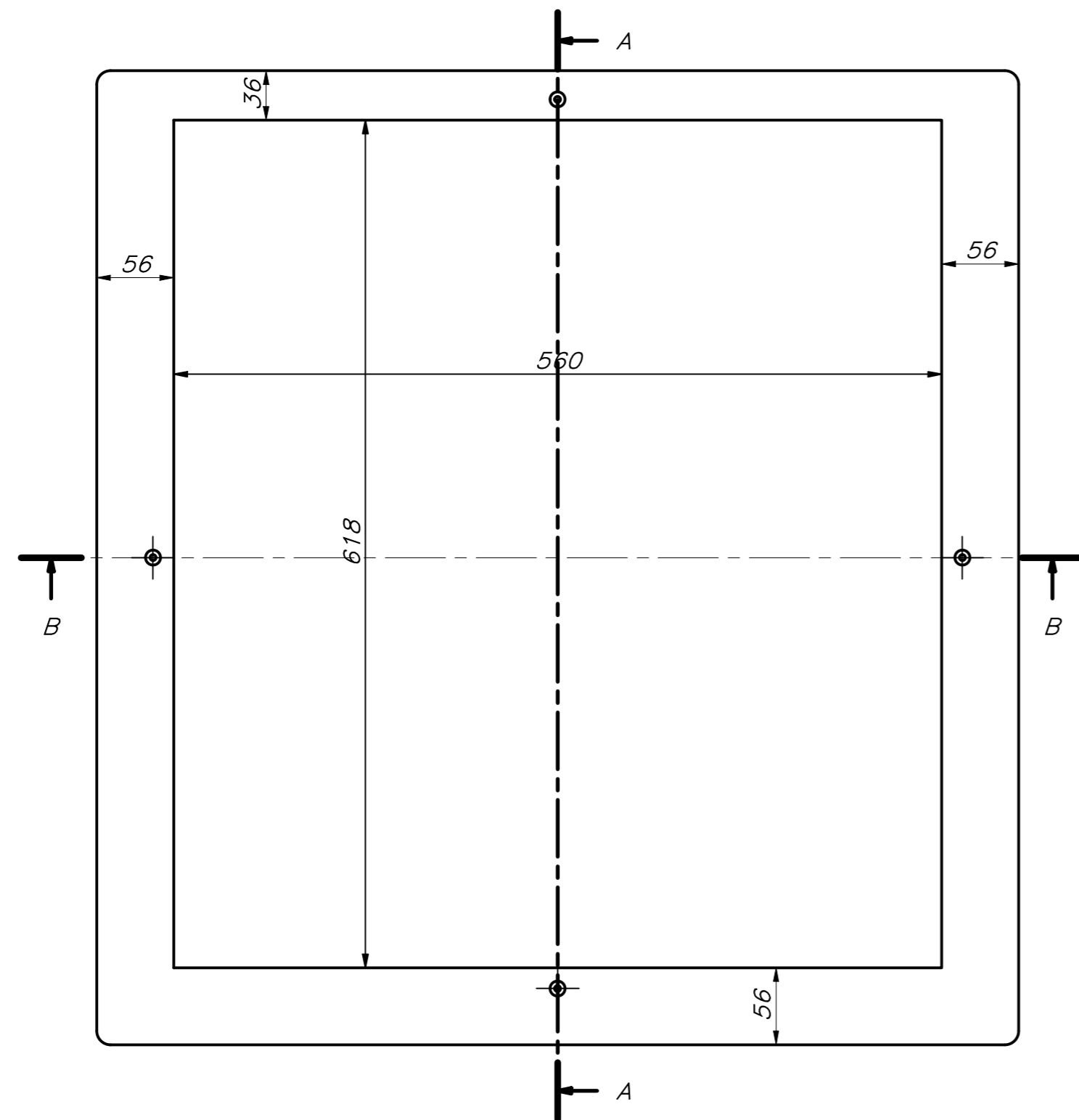
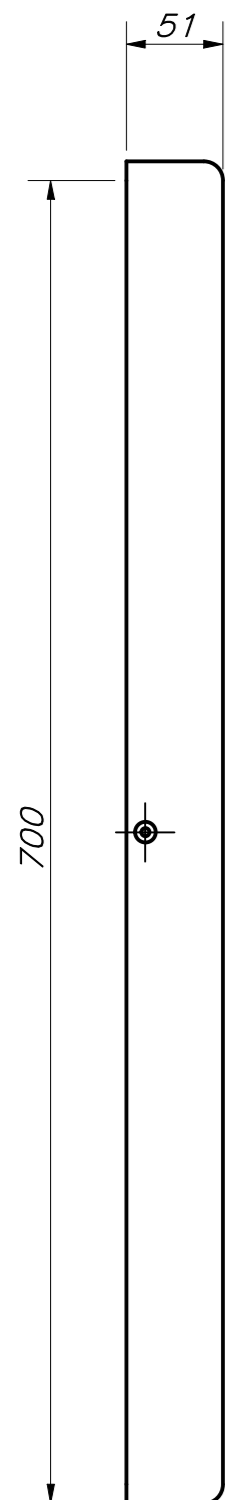
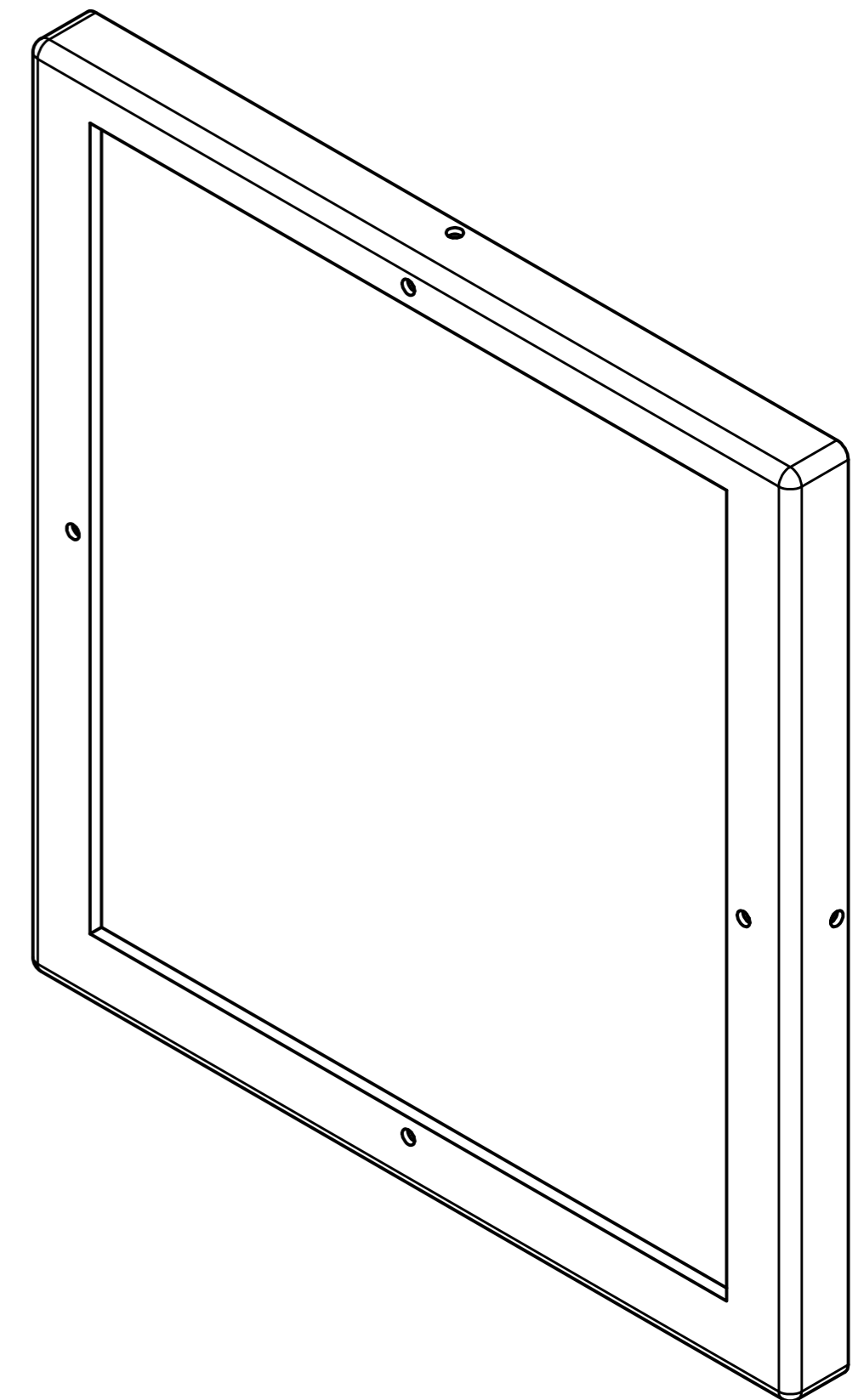
TOLERANCIAS DIMENSIONALES
SEGÚN DIN ISO 2768-1

GRADO DE EXACTITUD	Más de 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	Más de 120 hasta 400	Más de 400 hasta 1000	Más de 1000 hasta 2000
BASTO	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2	±3

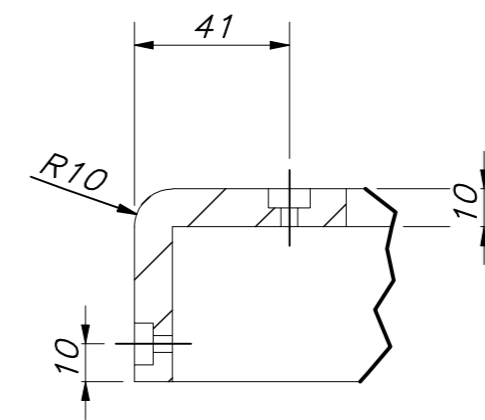
COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA



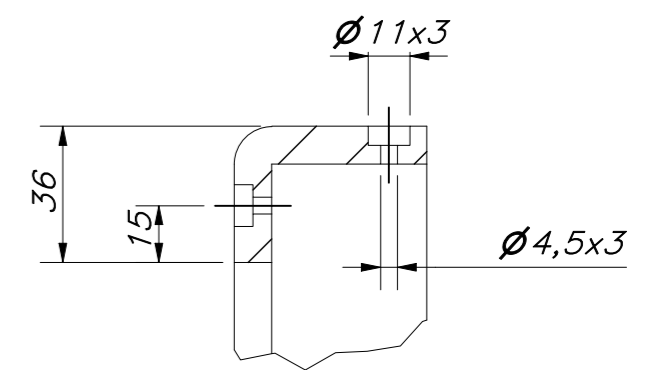
DETALLE E
ESCALA 1 : 2



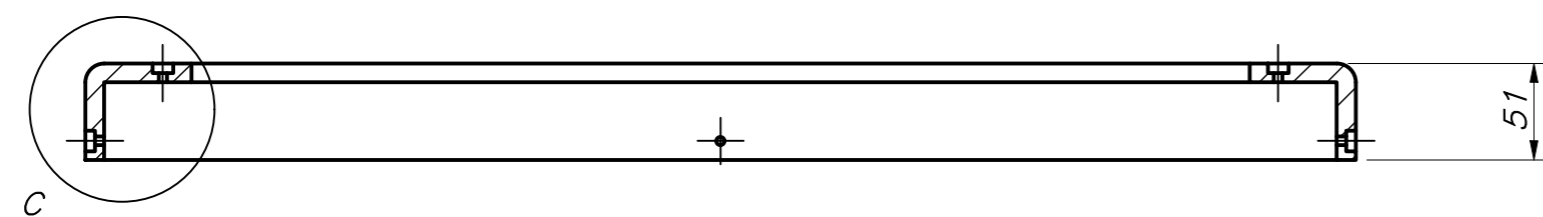
CORTE A-A



DETALLE C
ESCALA 1 : 2



DETALLE D
ESCALA 1 : 2



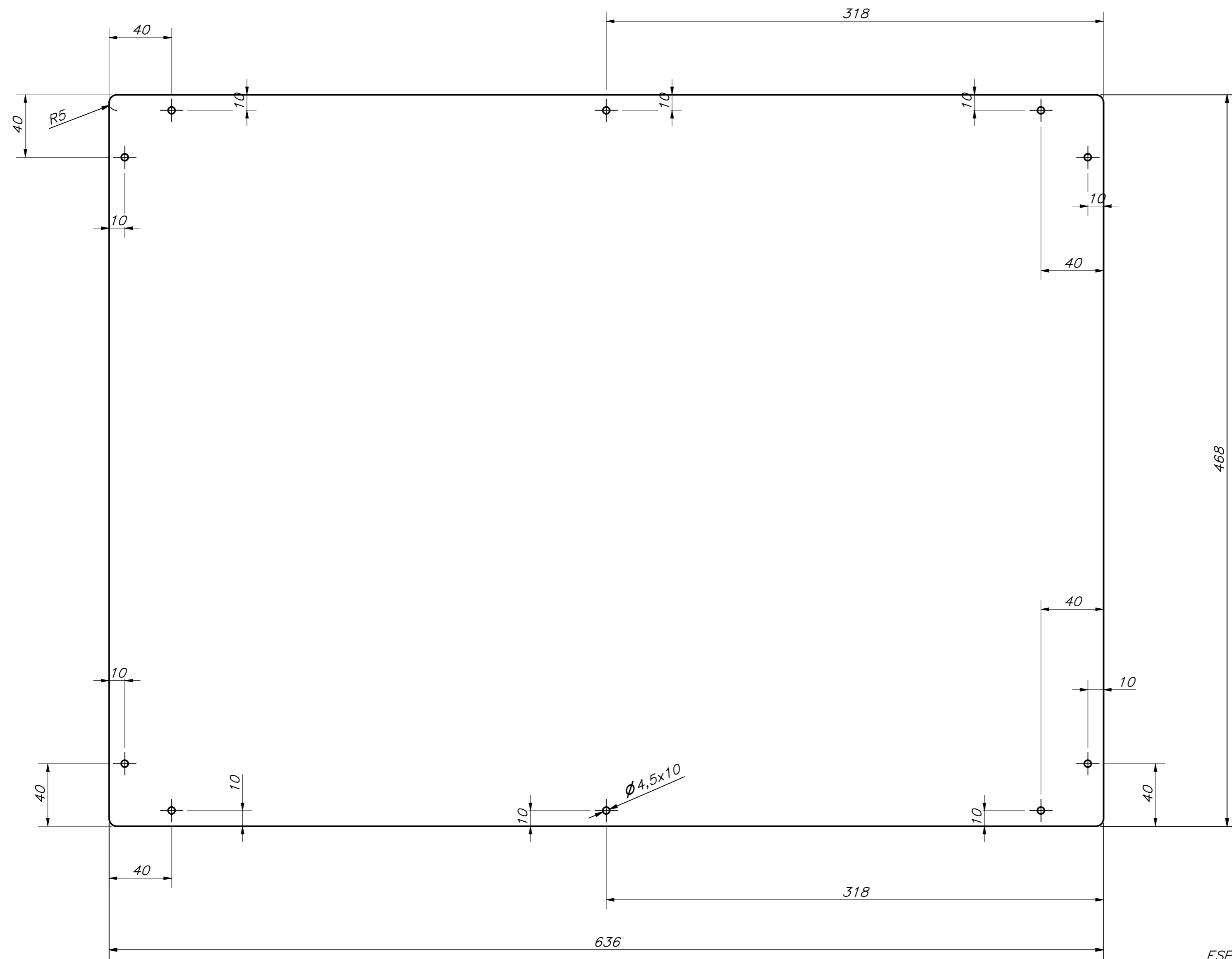
CORTE B-B

TOLERANCIAS DIMENSIONALES
SEGÚN DIN ISO 2768-1

GRADO DE EXACTITUD	Más de 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	Más de 120 hasta 400	Más de 400 hasta 1000	Más de 1000 hasta 2000
BASTO	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2	±3

COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA

ACABADO SUPERFICIAL 3.2/√	TOLERANCIA GENERAL DIN 2768 - 1	MATERIAL FIBRA DE VIDRIO
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN ⊕ □	TRABAJO DE FIN DE CARRERA 2 - 10M4 MARCO POSTERIOR (EA)	ESCALA 1:4
20163239	LEMA EROS, RAFAEL WILLIAMS	FECHA: 2020.11.29
		LÁMINA: A2



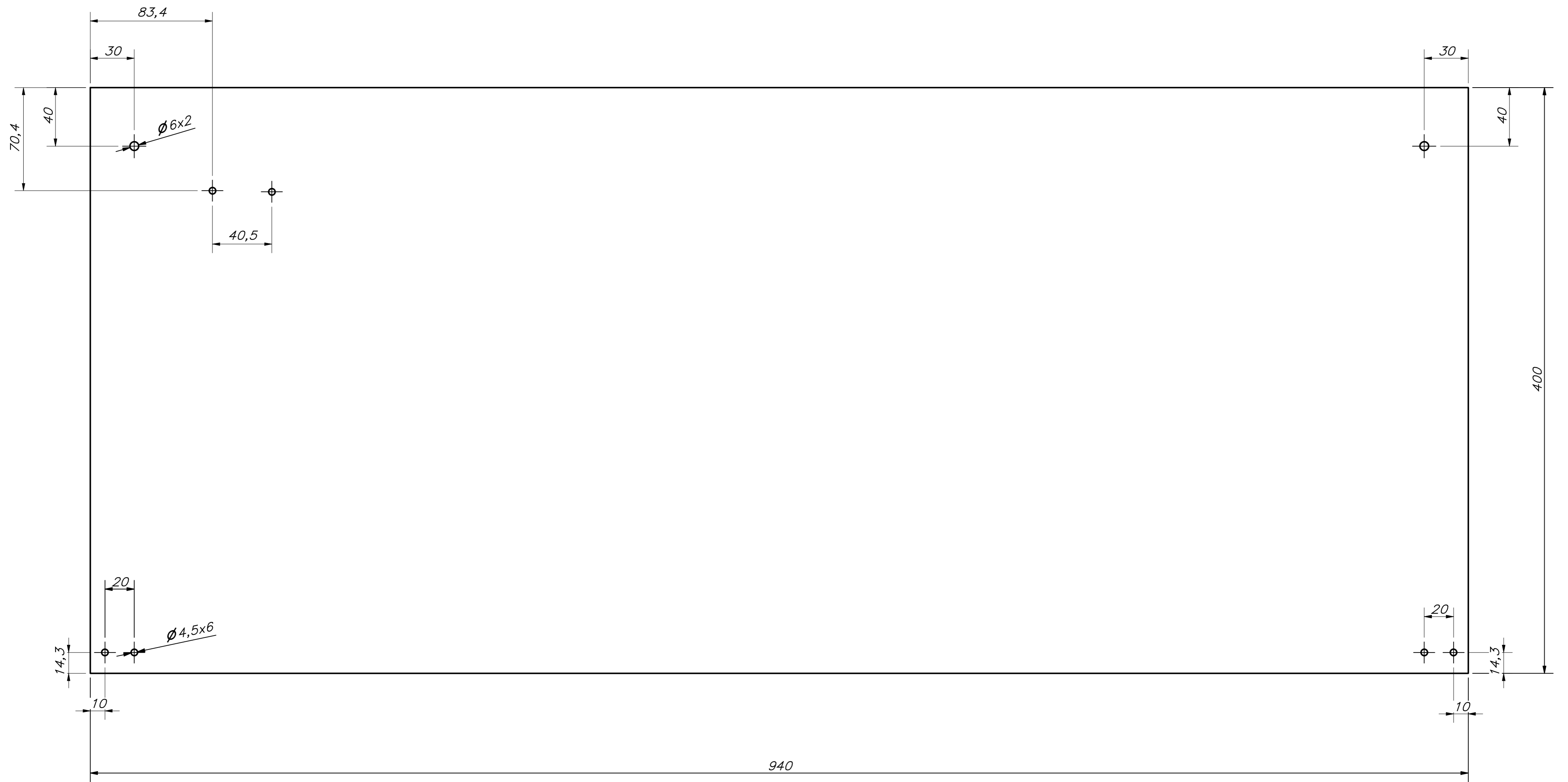
ESPESOR 1mm

ACABADO SUPERFICIAL 3.2/√	TOLERANCIA GENERAL DIN 2768 - 1	MATERIAL ALUMINIO 6061
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN [First Angle Projection Symbols]	TARABAJO DE FIN DE CARRERA 2 - 10M4	ESCALA 1:2
20163239	LEMA EROS, RAFAEL WILLIAMS	FECHA: 2020.12.10
		LÁMINA: A2

TOLERANCIAS DIMENSIONALES
SEGÚN DIN ISO 2768-1

GRADO DE EXACTITUD	Más de 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	Más de 120 hasta 400	Más de 400 hasta 1000	Más de 1000 hasta 2000
MEDIO	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2

COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA
--------------	-------------	-------------



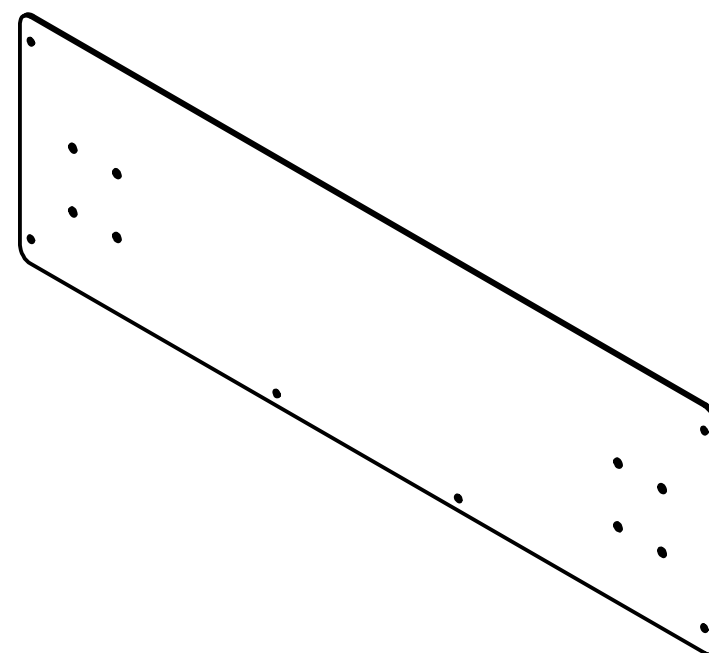
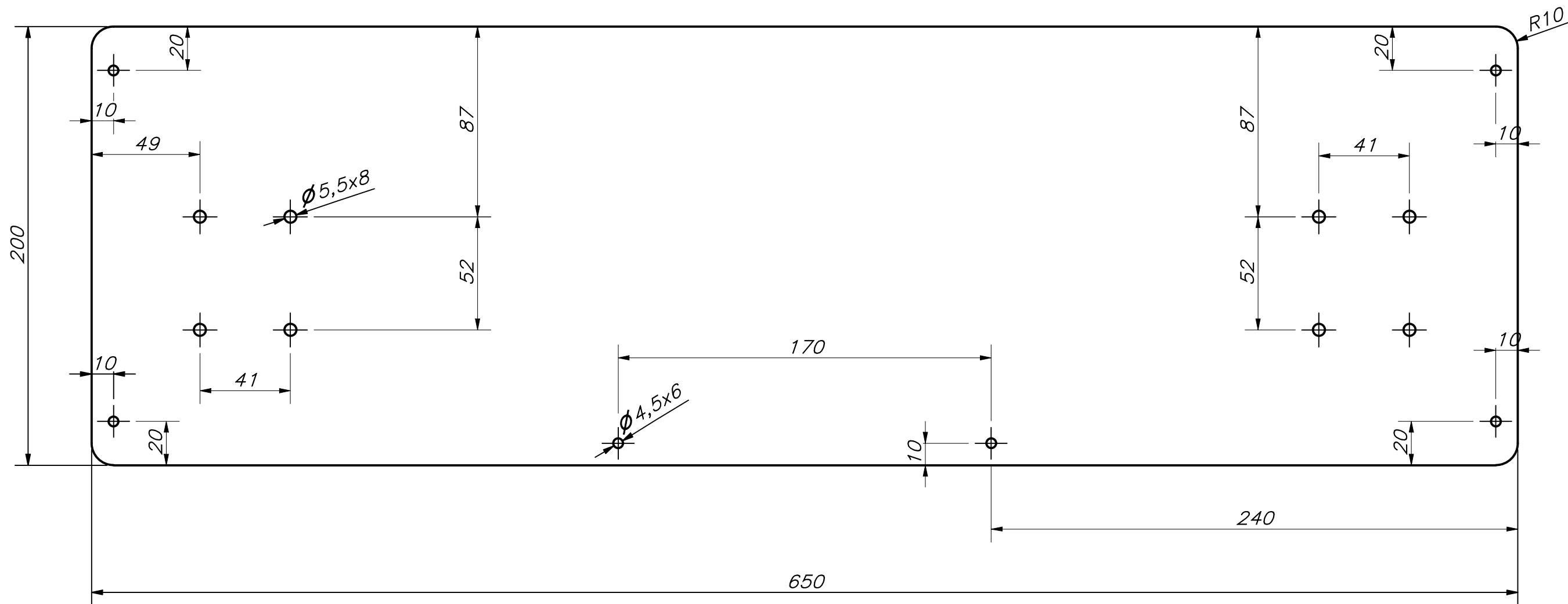
ESPESOR 2mm

ACABADO SUPERFICIAL 3.2/ √	TOLERANCIA GENERAL DIN 2798 - 1	MATERIAL ALUMINIO 6061
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN ⊕	TRABAJO DE FIN DE CARRERA 2 - 10M4 PLANCHA DE SOPORTE DEL TANQUE (EA)	ESCALA 1:2
20163239	LEMA EROS, RAFAEL WILLIAMS	FECHA: 2020.12.14
		LÁMINA: A2

TOLERANCIAS DIMENSIONALES
SEGÚN DIN ISO 2768-1

GRADO DE EXACTITUD	Más de 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	Más de 120 hasta 400	Más de 400 hasta 1000	Más de 1000 hasta 2000
MEDIO	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2

COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA
--------------	-------------	-------------



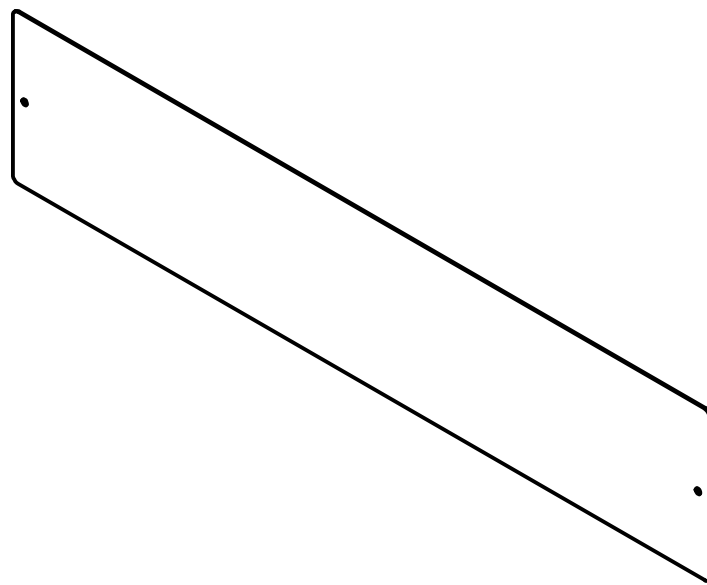
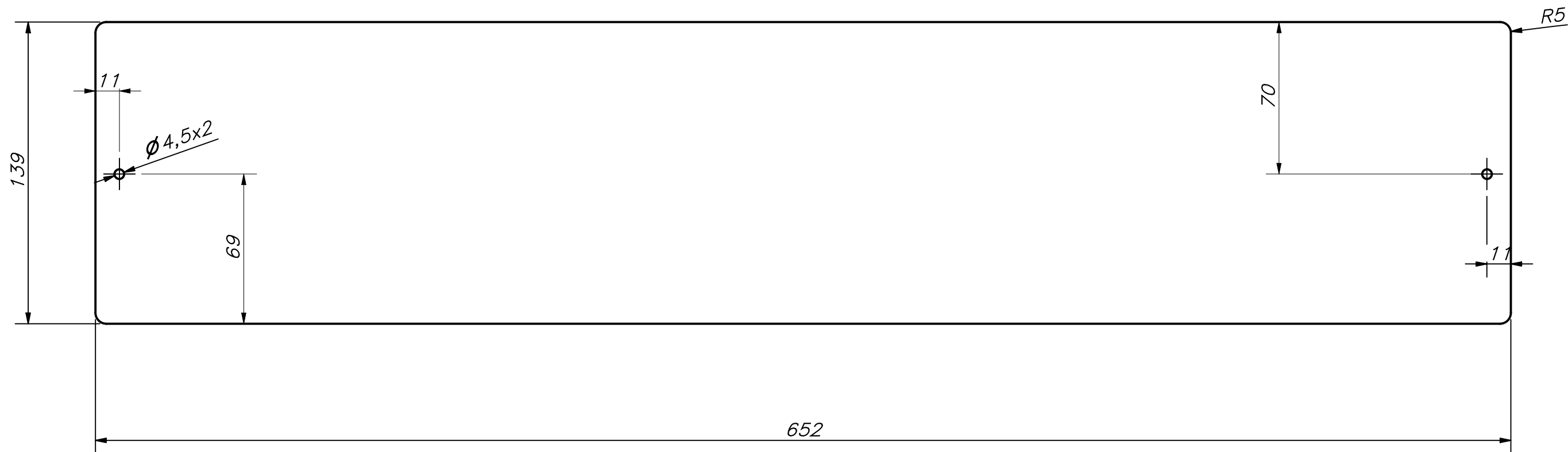
ESPESOR 3mm

ACABADO SUPERFICIAL 3.2/√	TOLERANCIA GENERAL DIN 2768 - 1	MATERIAL ALUMINIO 6061
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN ⊕	TRABAJO DE FIN DE CARRERA 2 - 10M4 PLANCHA DE SOPORTE DE LAS RUEDAS (EA)	ESCALA 1:2
20163239	LEMA EROS, RAFAEL WILLIAMS	FECHA: 2020.12.10
COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA
		LÁMINA: A3

TOLERANCIAS DIMENSIONALES
SEGÚN DIN ISO 2768-1

GRADO DE EXACTITUD	Más de 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	Más de 120 hasta 400	Más de 400 hasta 1000	Más de 1000 hasta 2000
MEDIO	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2

COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA



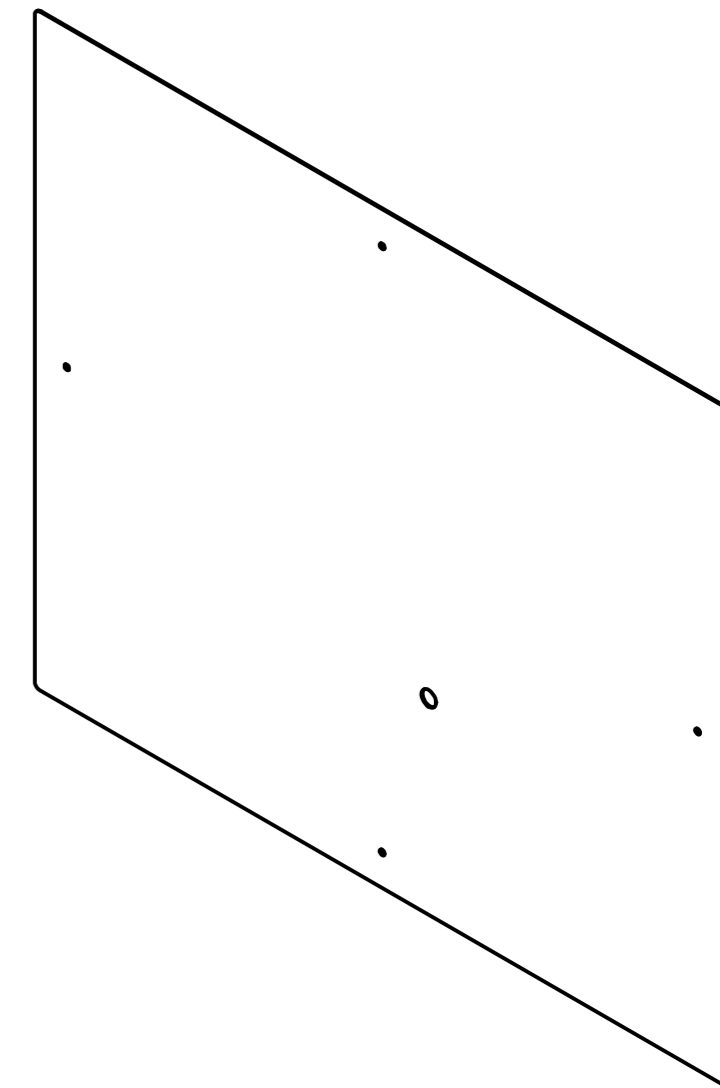
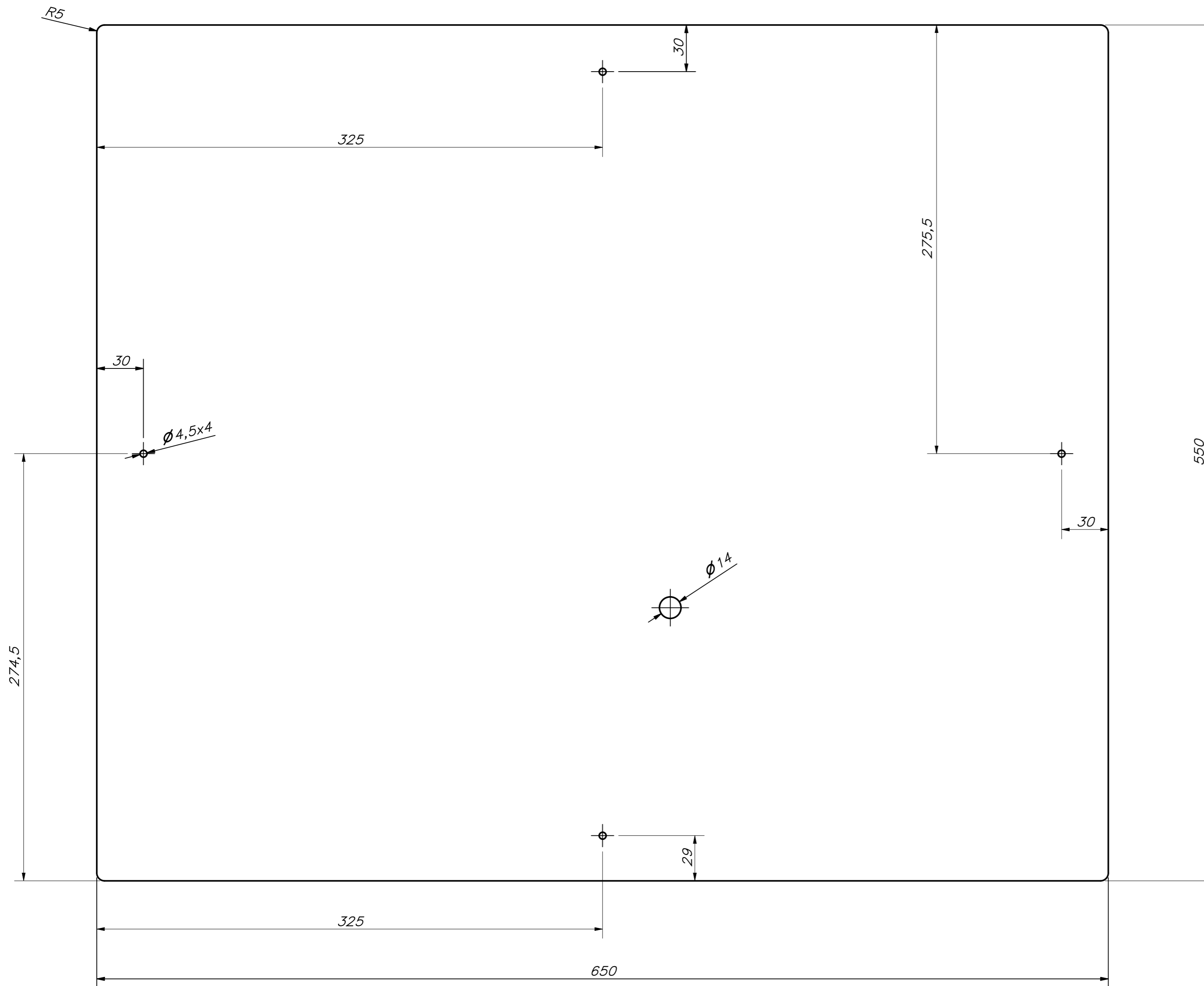
ESPESOR 1mm

ACABADO SUPERFICIAL 3.2/√	TOLERANCIA GENERAL DIN 2768 - 1	MATERIAL ALUMINIO 6061
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN ⊕ ⊞	TRABAJO DE FIN DE CARRERA 2 - 10M4 PLANCHA FRONTAL SUPERIOR (EA)	ESCALA 1:2
20163239	LEMA EROS, RAFAEL WILLIAMS	FECHA: 2020.12.10
		LÁMINA: A3

TOLERANCIAS DIMENSIONALES
SEGÚN DIN ISO 2768-1

GRADO DE EXACTITUD	Más de 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	Más de 120 hasta 400	Más de 400 hasta 1000	Más de 1000 hasta 2000
MEDIO	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2

COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA



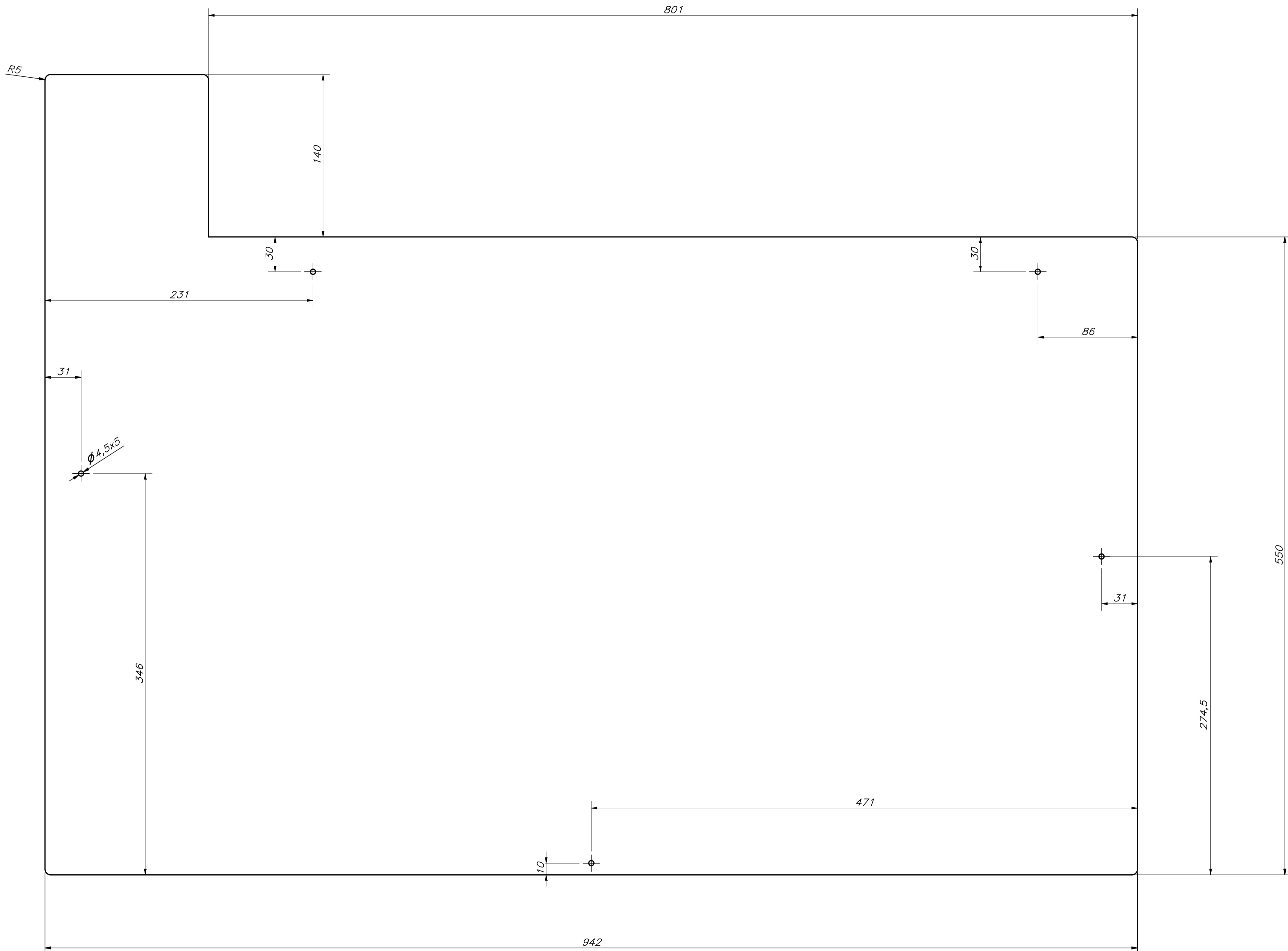
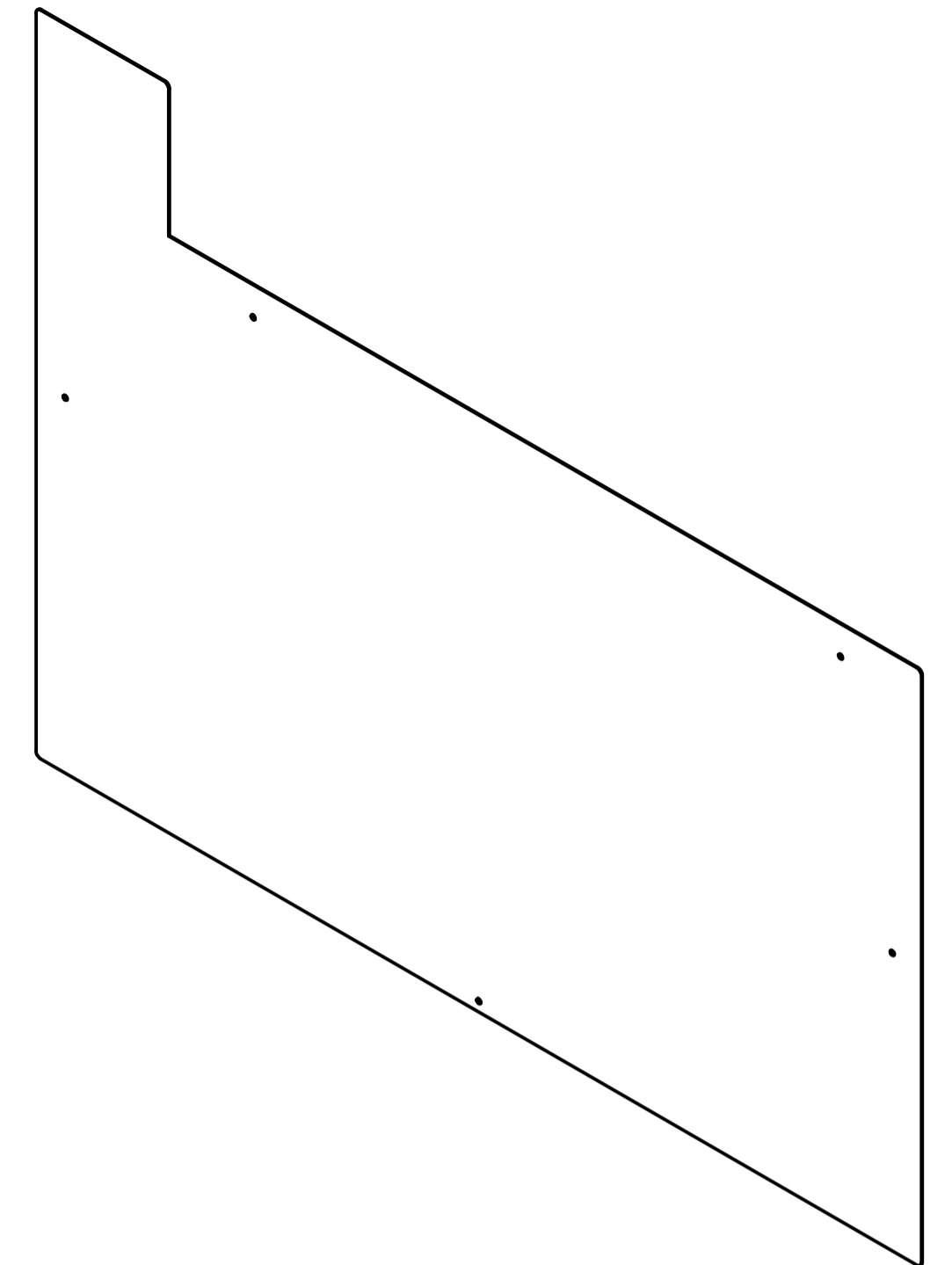
ESPEJOR 1mm

ACABADO SUPERFICIAL 3.2/ ▽	TOLERANCIA GENERAL DIN 2768 - 1	MATERIAL ALUMINIO 6061
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN ⊕ ⊞	TRABAJO DE FIN DE CARRERA 2 PLANCHA FRONTAL INFERIOR (EA)	ESCALA 1:2
20163239	LEMA EROS, RAFAEL WILLIAMS	FECHA: 2020.12.14
		LÁMINA: A2

TOLERANCIAS DIMENSIONALES
SEGÚN DIN ISO 2768-1

GRADO DE EXACTITUD	Más de 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	Más de 120 hasta 400	Más de 400 hasta 1000	Más de 1000 hasta 2000
MEDIO	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2

COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA
--------------	-------------	-------------

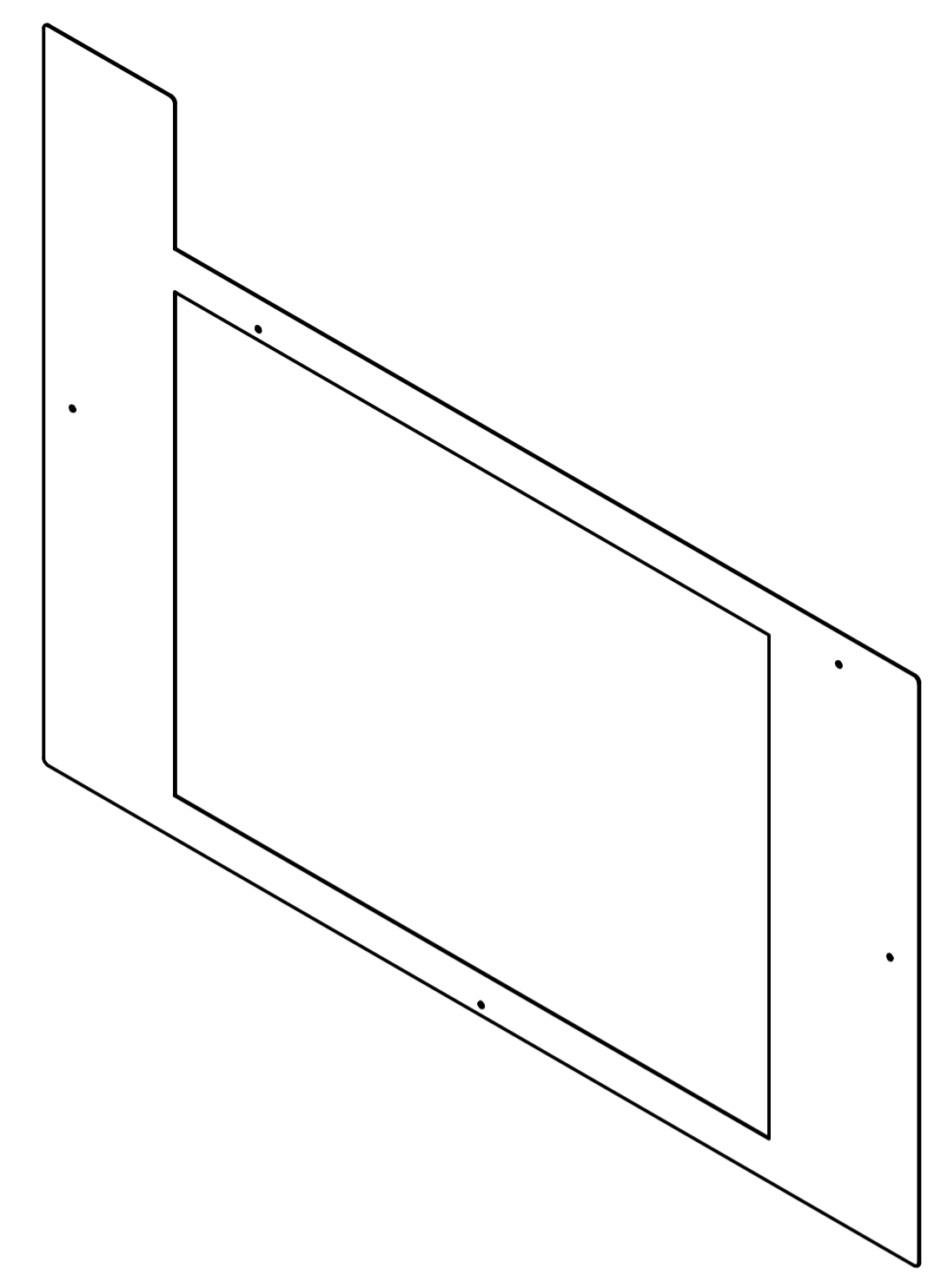
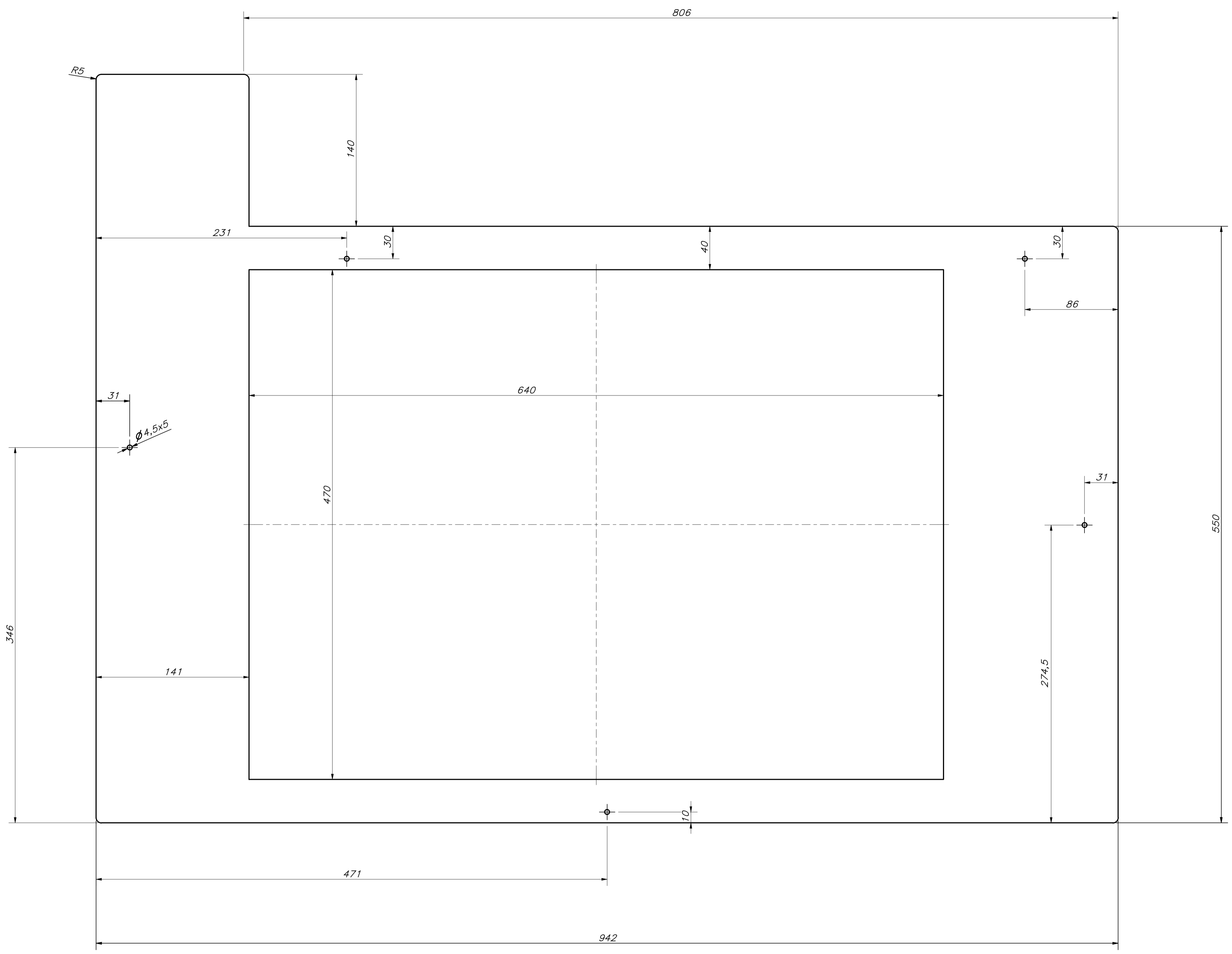


TOLERANCIAS DIMENSIONALES
SEGÚN DIN ISO 2768-1

GRADO DE EXACTITUD	Más de 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	Más de 120 hasta 400	Más de 400 hasta 1000	Más de 1000 hasta 2000
MEDIO	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2

ESPESOR 1mm

ACABADO SUPERFICIAL 3,2	TOLERANCIA GENERAL DIN 2768 - 1	MATERIAL ALUMINIO 6061
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	TRABAJO DE FIN DE CARRERA 2 - 10M4 PLANCHA LATERAL IZQUIERDA (EA)	ESCALA 1:2
20163239	LEMA EROS, RAFAEL WILLIAMS	FECHA: 2020.12.14
COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA
		LÁMINA: A1

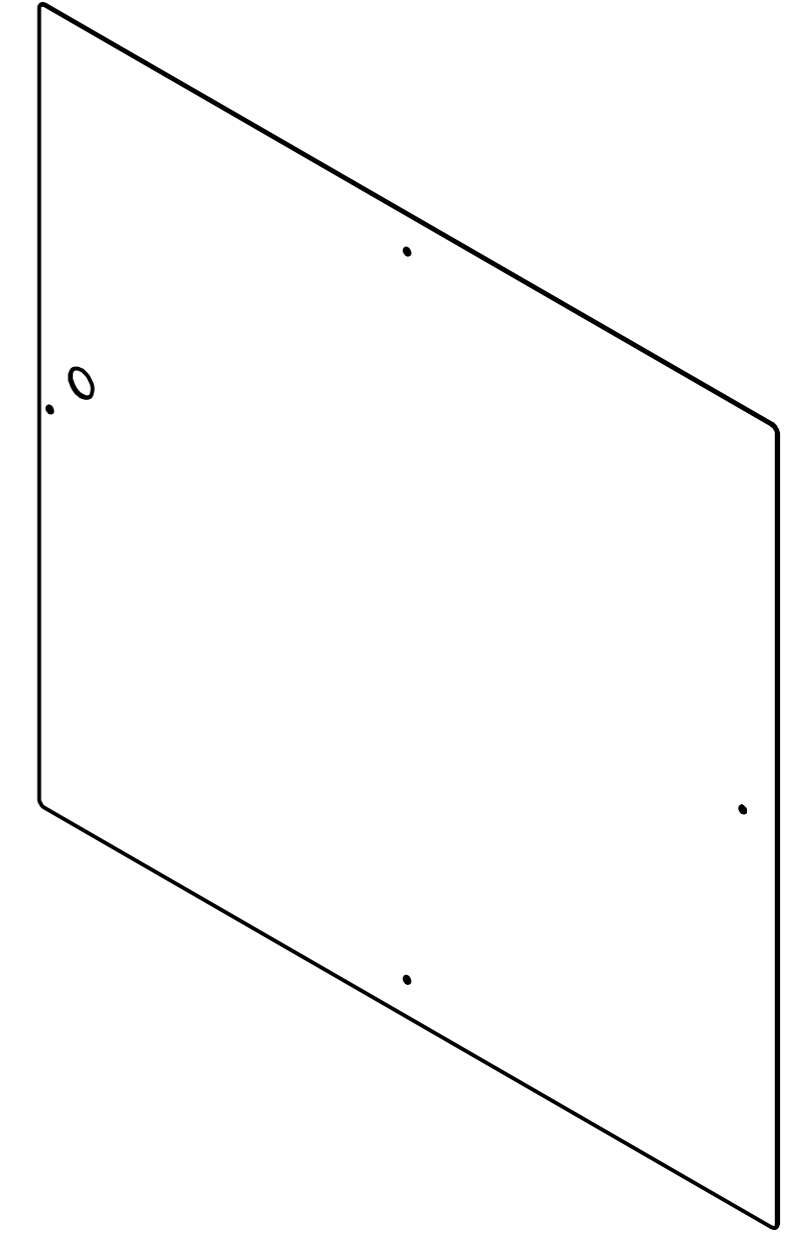
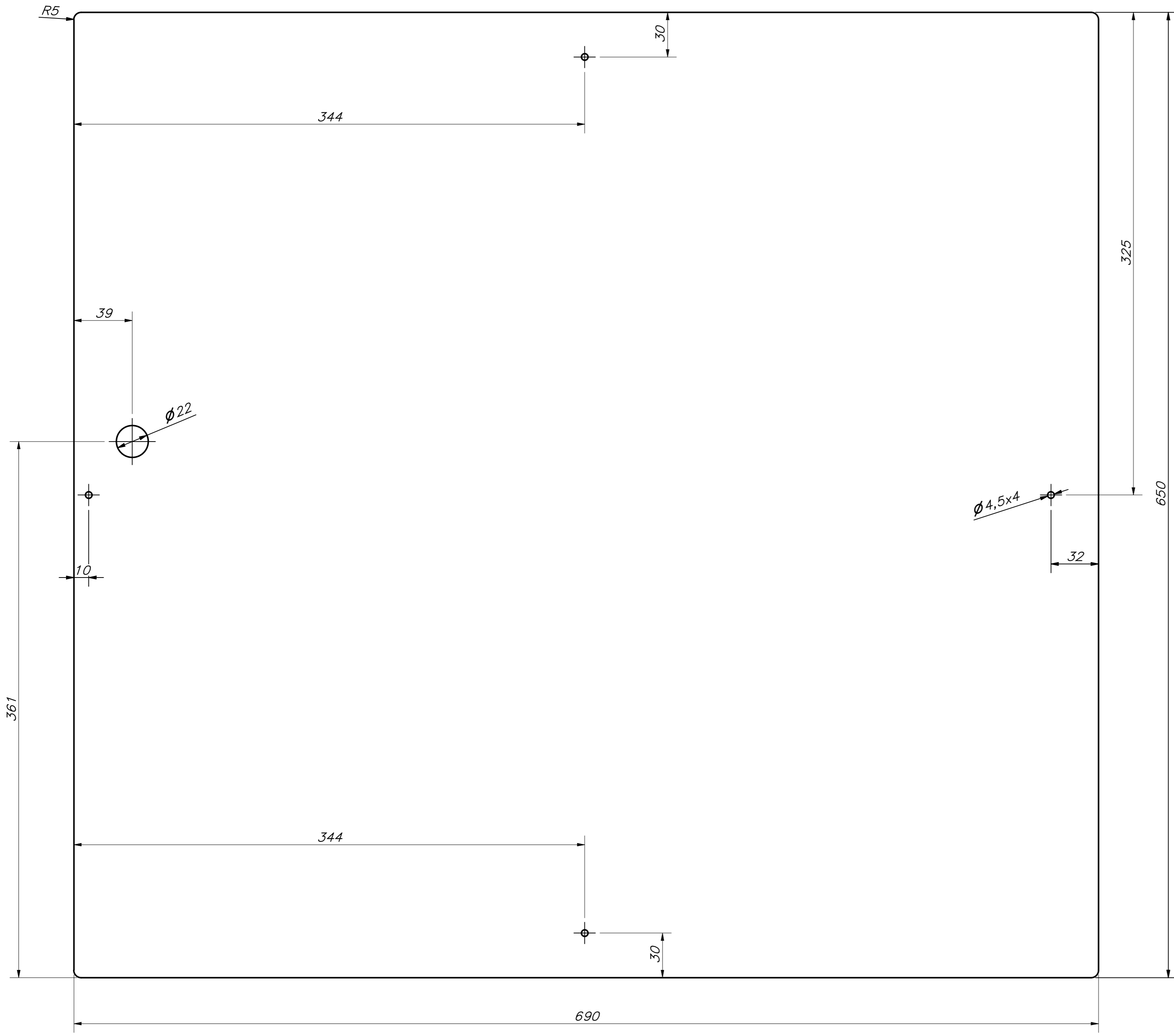


TOLERANCIAS DIMENSIONALES
SEGÚN DIN ISO 2768-1

GRADO DE EXACTITUD	Más de 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	Más de 120 hasta 400	Más de 400 hasta 1000	Más de 1000 hasta 2000
MEDIO	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2

ESPESOR 1mm

ACABADO SUPERFICIAL 3.2	TOLERANCIA GENERAL DIN 2768 - 1	MATERIAL ALUMINIO 6061
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA + INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN	TRABAJO DE FIN DE CARRERA 2 - 10M4 PLANCHA LATERAL DERECHA (EA)	ESCALA 1:2
20163239	LEMA EROS, RAFAEL WILLIAMS	FECHA: 2020.12.10
COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA
		LÁMINA: A1



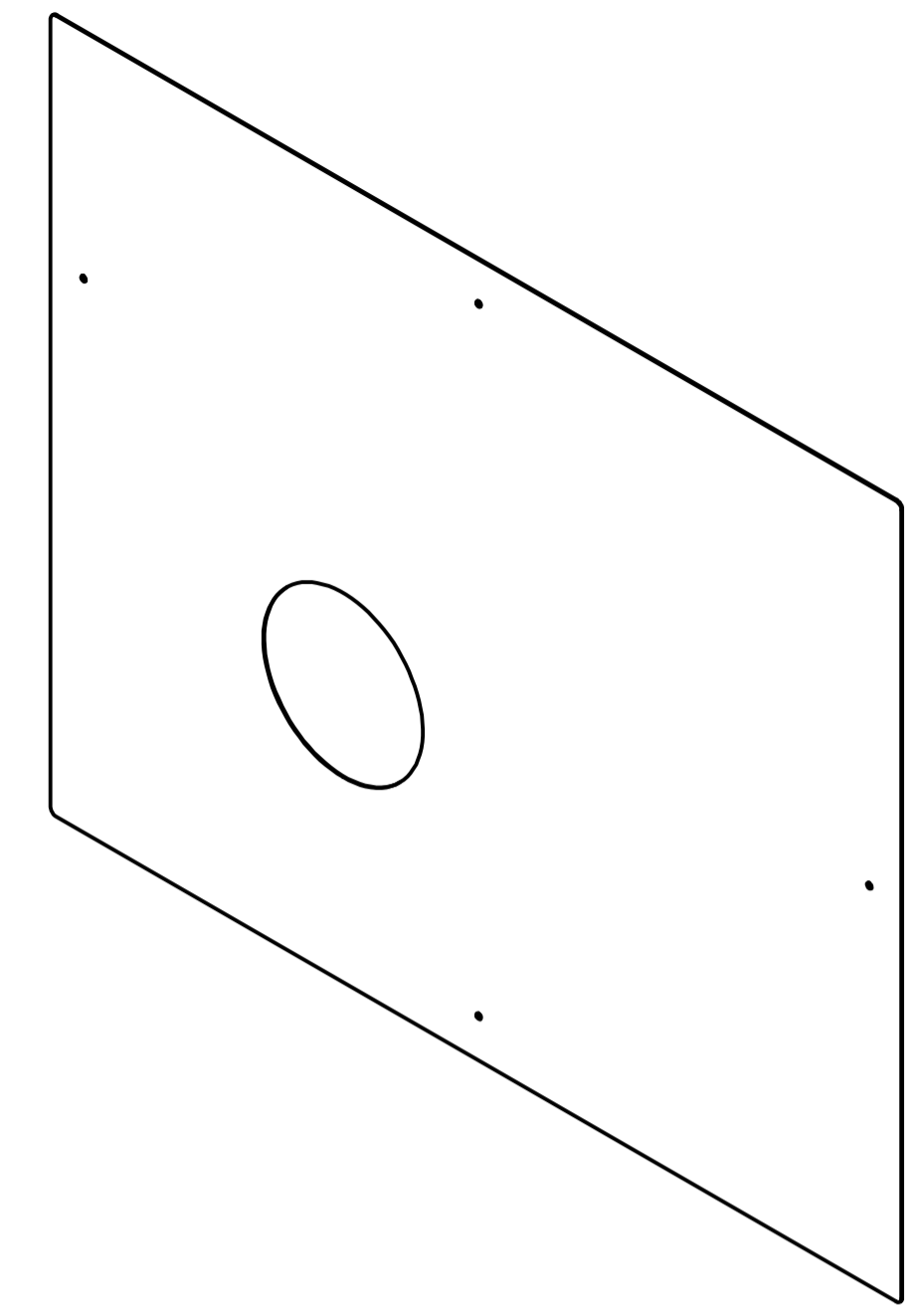
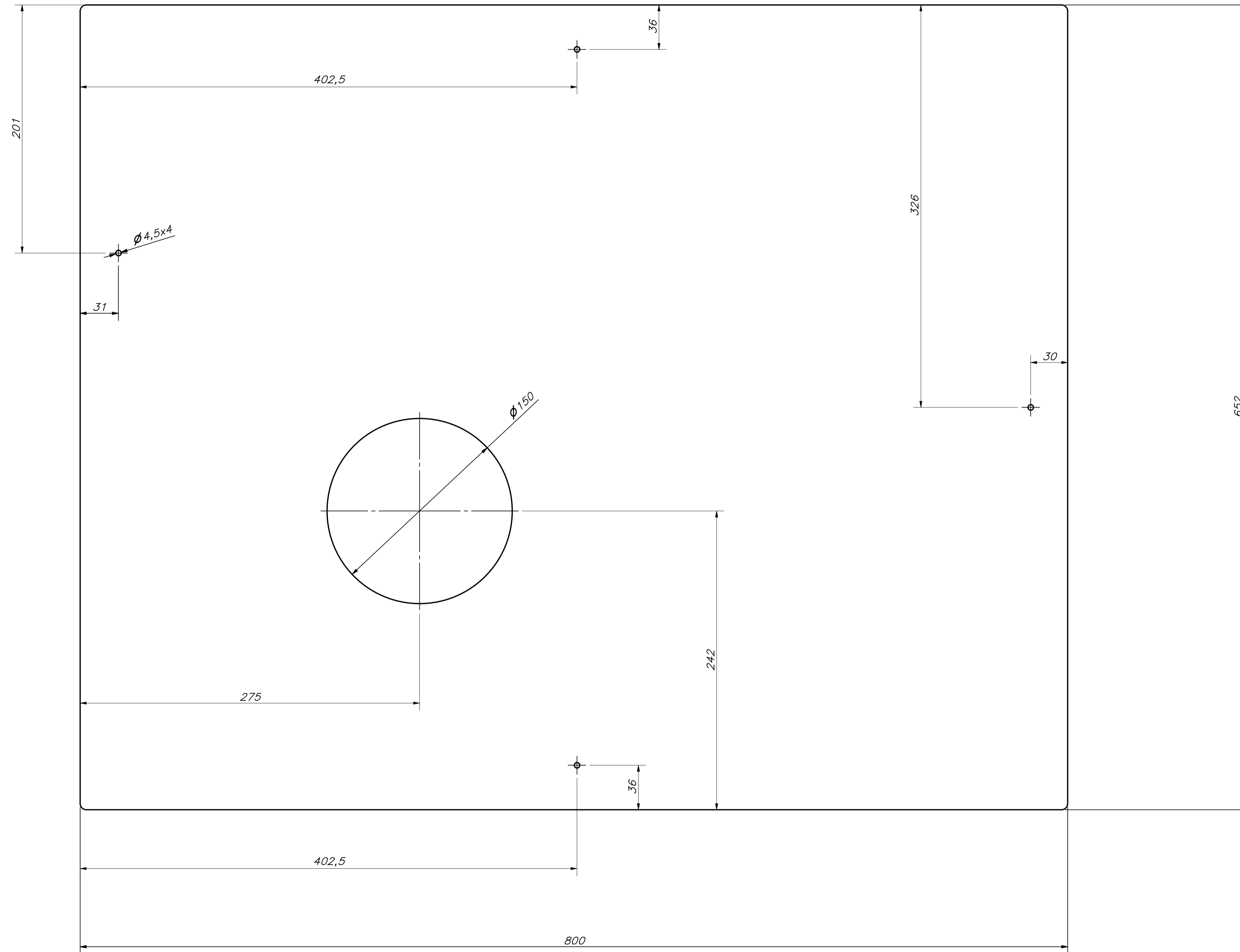
TOLERANCIAS DIMENSIONALES
SEGÚN DIN ISO 2768-1

GRADO DE EXACTITUD	Más de 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	Más de 120 hasta 400	Más de 400 hasta 1000	Más de 1000 hasta 2000
MEDIO	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2

COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA

ESPESOR 1mm

ACABADO SUPERFICIAL 3.2/	TOLERANCIA GENERAL DIN 2768 - 1	MATERIAL ALUMINIO 6061
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	TRABAJO DE FIN DE CARRERA 2 - 10M4 PLANCHA POSTERIOR (EA)	ESCALA 1:2
20163239	LEMA EROS, RAFAEL WILLIAMS	FECHA: 2020.12.14
		LÁMINA: A2

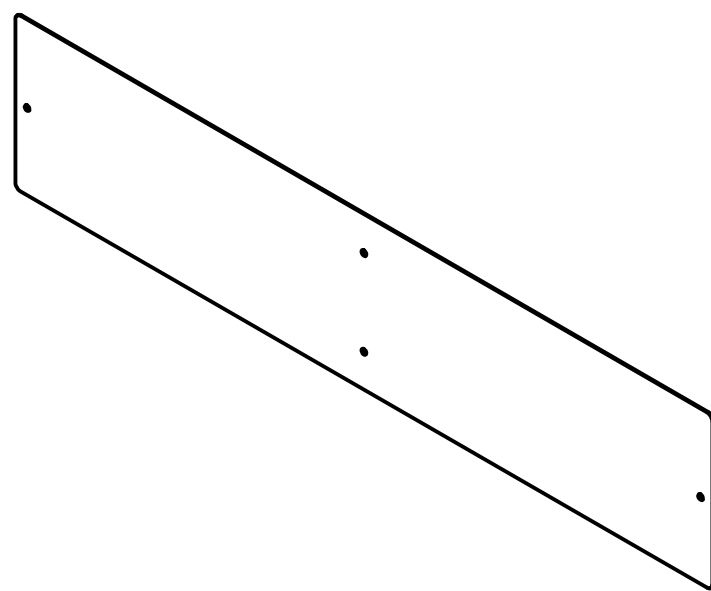
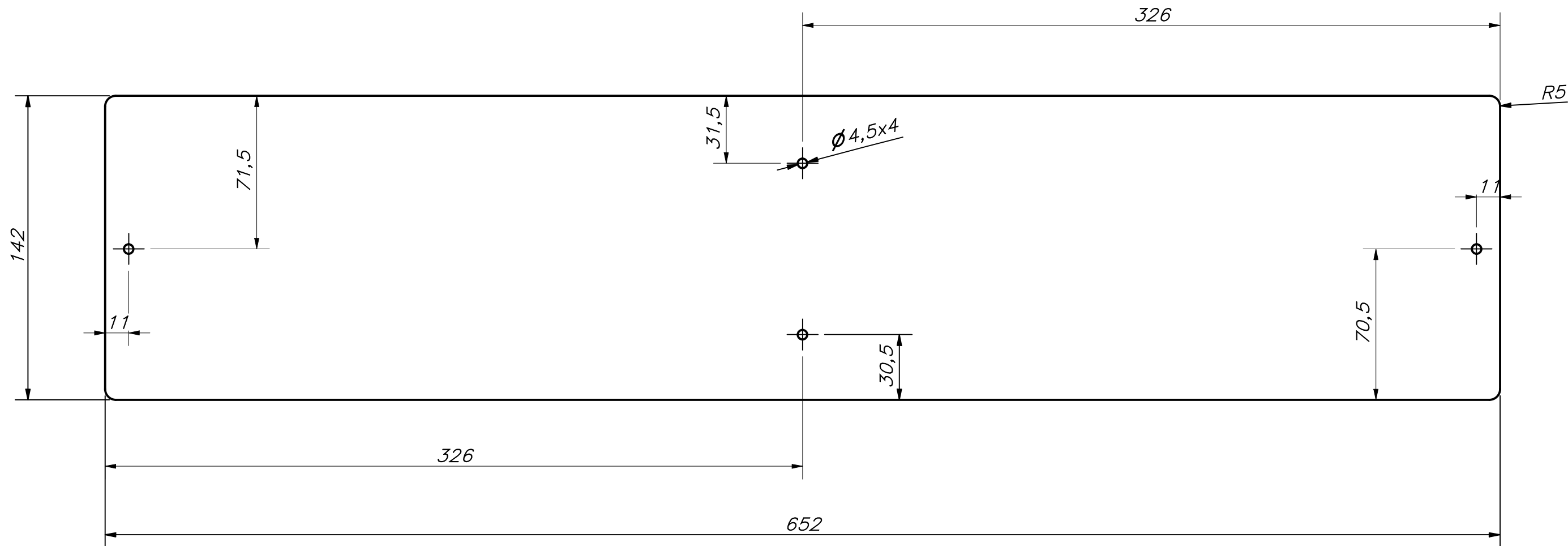


TOLERANCIAS DIMENSIONALES
SEGÚN DIN ISO 2768-1

GRADO DE EXACTITUD	Más de 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	Más de 120 hasta 400	Más de 400 hasta 1000	Más de 1000 hasta 2000
MEDIO	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2

ESPESOR 1mm

ACABADO SUPERFICIAL 3,2/	TOLERANCIA GENERAL DIN 2768 - 1	MATERIAL ALUMINIO 6061
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA * INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	TRABAJO DE FIN DE CARRERA 2 - 10M4 PLANCHA SUPERIOR DELANTERA (EA)	ESCALA 1:2
20163239	LEMA EROS, RAFAEL WILLIAMS	FECHA: 2020.12.14
COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA
		LÁMINA: A1



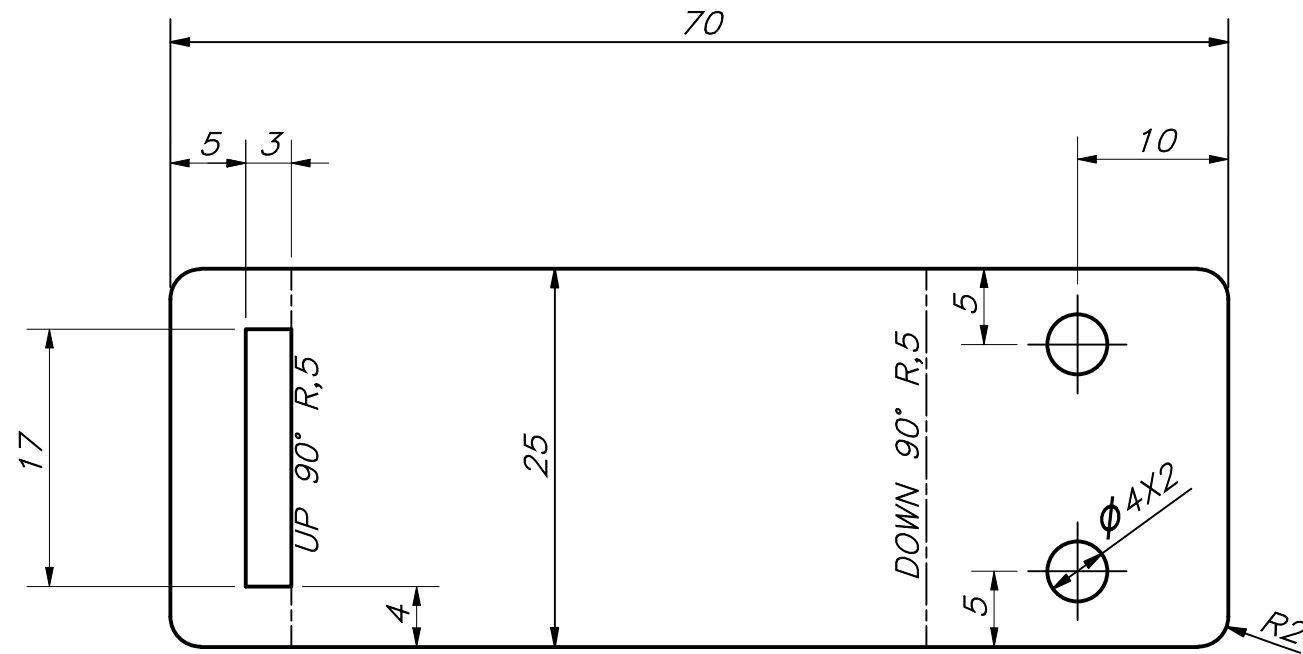
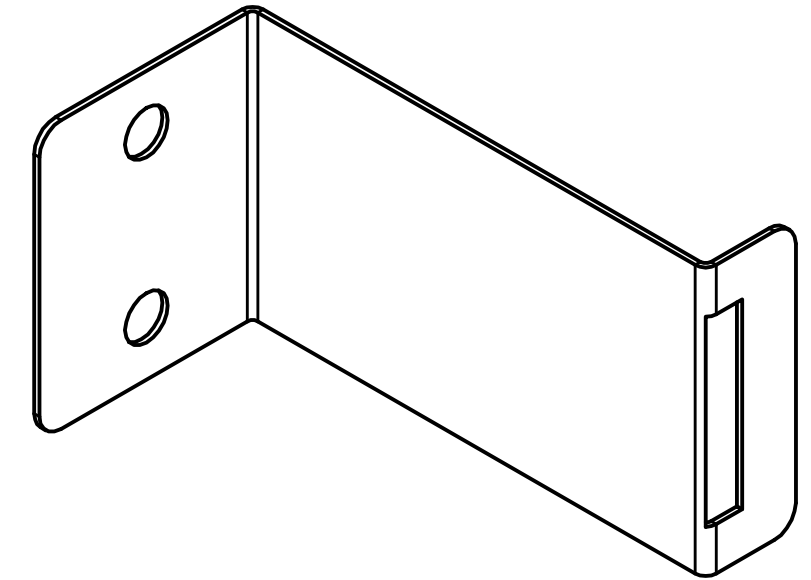
ESPESOR 1mm

ACABADO SUPERFICIAL 3.2/√	TOLERANCIA GENERAL DIN 2768 - 1	MATERIAL ALUMINIO 6061
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN ⊕ ⊞	TRABAJO DE FIN DE CARRERA 2 - 10M4 PLANCHA SUPERIOR TRASERA (EA)	ESCALA 1:2
20163239	LEMA EROS, RAFAEL WILLIAMS	FECHA: 2020.12.10
		LÁMINA: A3

TOLERANCIAS DIMENSIONALES
SEGÚN DIN ISO 2768-1

GRADO DE EXACTITUD	Más de 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	Más de 120 hasta 400	Más de 400 hasta 1000	Más de 1000 hasta 2000
MEDIO	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2

COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA



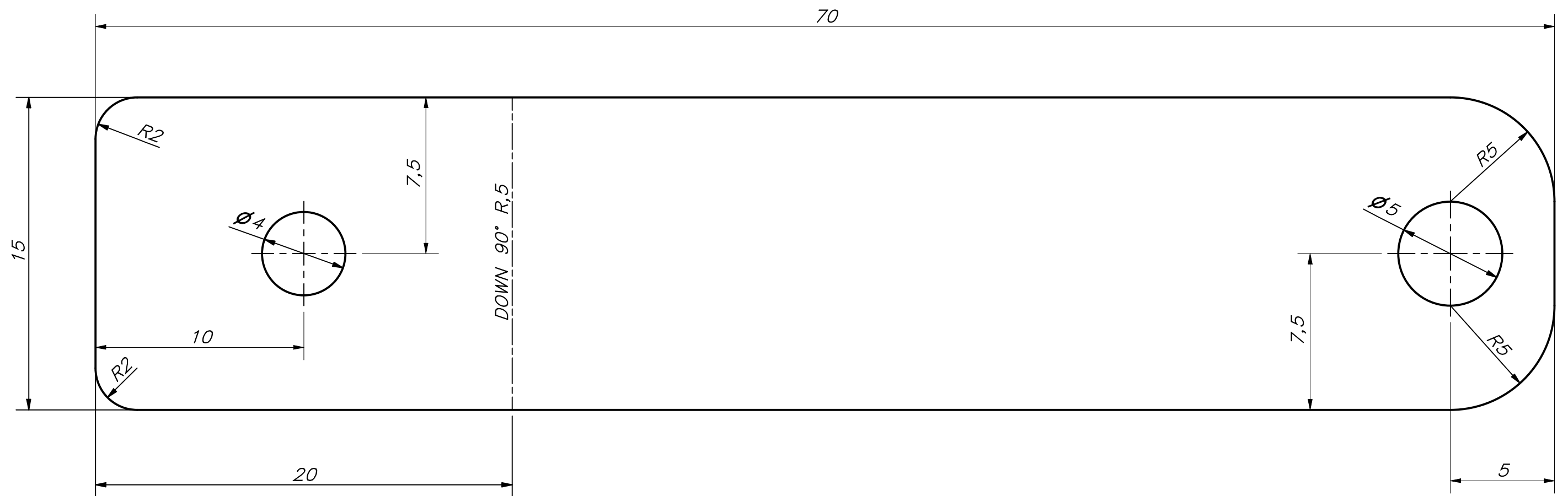
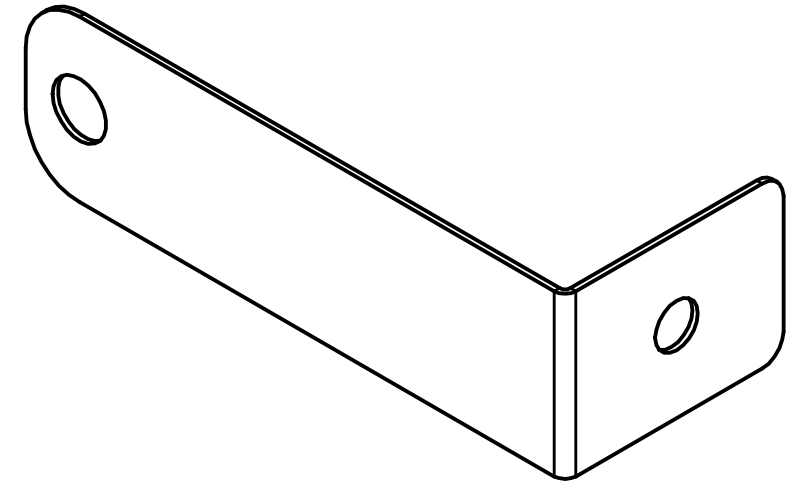
ESPESOR 0.5mm

ACABADO SUPERFICIAL 3.2/√	TOLERANCIA GENERAL DIN 2768 - 1	MATERIAL ACERO INOXIDABLE 440C
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	TRABAJO DE FIN DE CARRERA 2 - 10M4 SEGURO - LADO PUERTA (EA)	ESCALA 2:1
20163239	LEMA EROS, RAFAEL WILLIAMS	FECHA: 2020.12.10
TRABAJO DE FIN DE CARRERA 2 - 10M4		LÁMINA: A3

TOLERANCIAS DIMENSIONALES
SEGÚN DIN ISO 2768-1

GRADO DE EXACTITUD	Más de 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	Más de 120 hasta 400	Más de 400 hasta 1000	Más de 1000 hasta 2000
MEDIO	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2

COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA
--------------	-------------	-------------



ESPESOR 0.5mm

ACABADO SUPERFICIAL 3.2/ ▽	TOLERANCIA GENERAL DIN 2768 - 1	MATERIAL ACERO INOXIDABLE 440C
----------------------------------	------------------------------------	--------------------------------------

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA

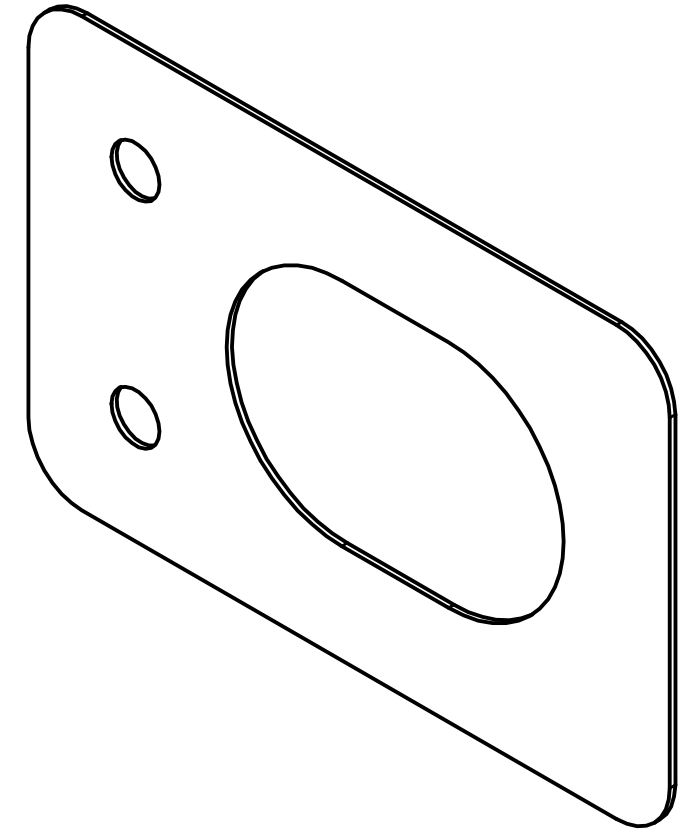
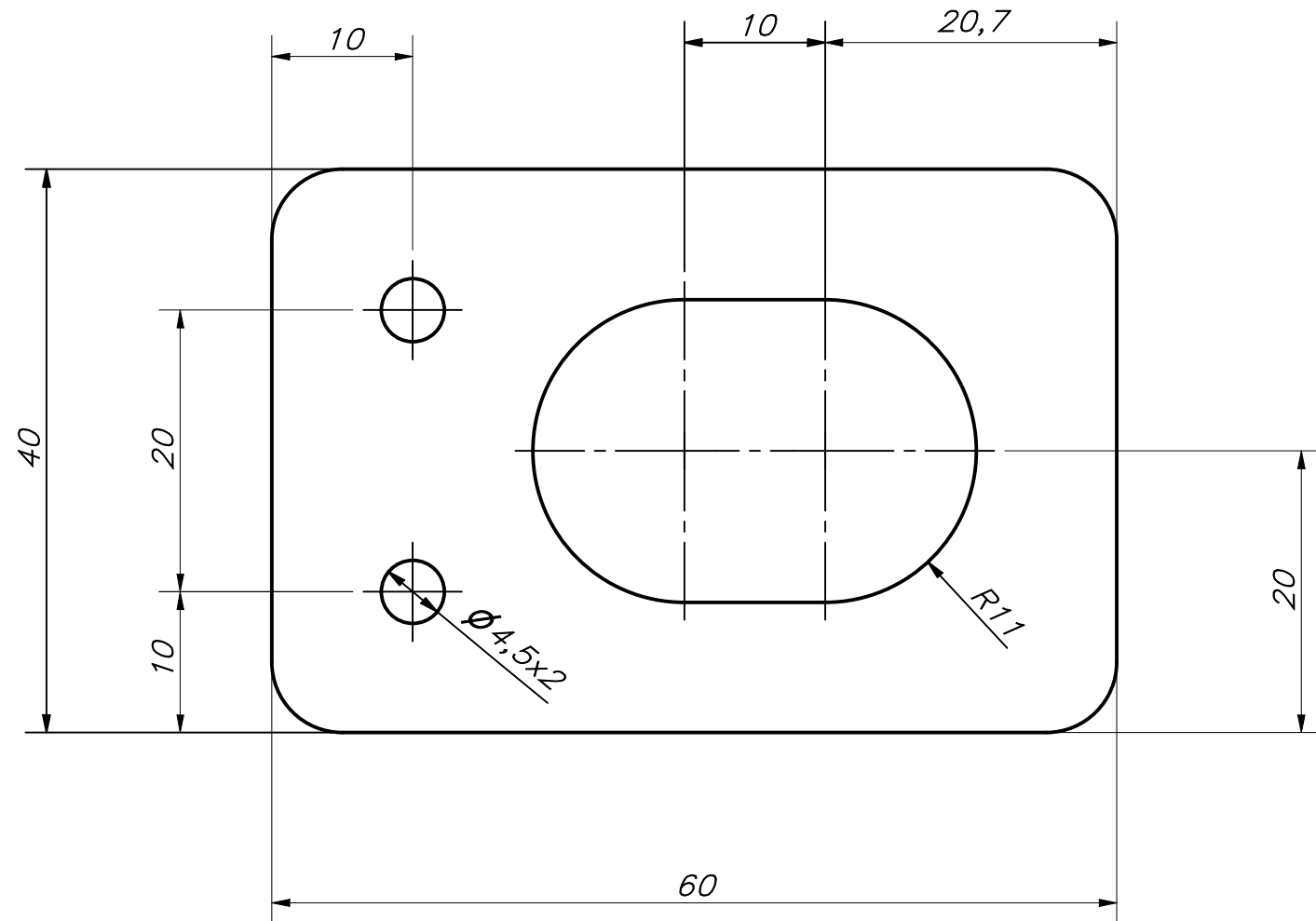
MÉTODO DE PROYECCIÓN ⊕ ▭	TRABAJO DE FINDE CARRERA 2 - 10M4 SEGURO - LADO ESTACIÓN (EA)	ESCALA 2:1
--------------------------------	---	---------------

20163239	LEMA EROS, RAFAEL WILLIAMS	FECHA: 2020.12.10
----------	----------------------------	----------------------

		LÁMINA: A4
--	--	---------------

TOLERANCIAS DIMENSIONALES SEGÚN DIN ISO 2768-1							
GRADO DE EXACTITUD	Más de 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	Más de 120 hasta 400	Más de 400 hasta 1000	Más de 1000 hasta 2000
MEDIO	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2

COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA
--------------	-------------	-------------



ESPESOR 0.5mm

ACABADO SUPERFICIAL 3.2/√	TOLERANCIA GENERAL DIN 2768 - 1	MATERIAL ACERO INOXIDABLE 440C
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	TARBAJO DE FIN DE CARRERA 2 - 10M4 SOPORTE DEL TUBO DE SUMINISTRO (EA)	ESCALA 2:1
20163239	LEMA EROS, RAFAEL WILLIAMS	FECHA: 2020.12.10
		LÁMINA: A3

TOLERANCIAS DIMENSIONALES
SEGÚN DIN ISO 2768-1

GRADO DE EXACTITUD	Más de 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	Más de 120 hasta 400	Más de 400 hasta 1000	Más de 1000 hasta 2000
MEDIO	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2

COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA