



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE QUITO**

**CARRERA DE MECÁNICA**

**DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN EQUIPO PARA HIDROTERAPIA CANINA CON  
CAPACIDAD DE CARGA DE 100 kg y VELOCIDAD DE 0.3 A 12 km/h**

Trabajo de titulación previo a la obtención del  
Título de Ingenieros Mecánicos

**AUTORES: ARCOS PALA ROLANDO SEBASTIAN**  
**PÁRAMO MONTALVO RICARDO ROEL**

**TUTOR: ING.LEIVA GONZÁLEZ CRISTRIAN ANDRÉS**

Quito – Ecuador

2024

## **CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Nosotros, Rolando Sebastián Arcos Pala con documento de identificación N° 1725254948 y Ricardo Roel Páramo Montalvo con documento de identificación N° 1728733922; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 01 de abril del 2024

Atentamente,



---

Rolando Sebastian Arcos Pala.  
1725254948



---

Ricardo Roel Páramo Montalvo.  
1728733922

## **CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Rolando Sebastián Arcos Pala con documento de identificación No. 1725254948 y Ricardo Roel Paramo Montalvo con documento de identificación No. 1728733922 expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores de la Propuesta tecnológica: “Diseño y simulación de un equipo para hidroterapia canina con capacidad de carga de 100kg y velocidad de 0.3 a 12km/h”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Mecánico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 01 de abril del 2024

Atentamente,



---

Rolando Sebastian Arcos Pala.  
1725254948



---

Ricardo Roel Páramo Montalvo.  
1728733922

## CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Cristian Andrés Leiva González con documento de identificación N° 1716424476, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN EQUIPO PARA HIDROTERAPIA CANINA CON CAPACIDAD DE CARGA DE 100 kg y VELOCIDAD DE 0.3 A 12 km/h**, realizado por Rolando Sebastián Arcos Pala con documento de identificación N° 1725254948 Y Ricardo Roel Páramo Montalvo con documento de identificación N° 1728733922, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Propuesta tecnológica que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 01 de abril del año 2024.

Atentamente,

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'C. Leiva', with the identification number '1716424476' written in small text below the signature.

Ing. Cristian Andrés Leiva González, MSc.  
1716424476

## **DEDICATORIA**

Yo, Rolando Sebastián Arcos Pala, dedico el presente trabajo de titulación a mis padres, quienes siempre me impulsaron a culminar esta etapa de mi vida siendo mi apoyo de todas las maneras posibles. A mis hermanos, quienes con sus consejos y su cariño me motivaron a cumplir mis sueños. A mi hija que desde su llegada forjó mi carácter y me enseñó que la constancia vence lo que la dicha no alcanza. A mi novia Alisson, quien estuvo a mi lado con todo el cariño que podía darme, siempre paciente y firme a mi lado desde el inicio. Este logro es de todos ustedes por el apoyo incondicional.

***Rolando Sebastian***

Yo, Ricardo Roel Páramo Montalvo, dedico el presente trabajo de titulación a mi hermana Valeria Páramo, quien me ayudo proponiendo el tema de Tesis para así culminar esta etapa de mi vida apoyándome de todas las maneras posibles. A mis Padres, quienes me brindaron su apoyo incondicional en todo momento pese a las diversas circunstancias. A todos mis familiares, amigos que siempre creyeron en mí brindándome no solo la motivación sino también fuerzas para seguir a delante y nunca rendirme.

***Ricardo Páramo***

## **AGRADECIMIENTO**

Este trabajo es el resultado no solo de mi esfuerzo, sino también del apoyo invaluable y la guía de muchas personas a las que me gustaría expresar mi más profunda gratitud. Primero, mi sincero agradecimiento a mi asesor, Cristian Leiva, cuya experiencia, conocimiento y atención al detalle han sido cruciales en la conformación de este proyecto. Estoy profundamente agradecido con mi familia, cuyo amor incondicional, paciencia y creencia inquebrantable en mis capacidades me han sostenido en los momentos más desafiantes. Mis compañeros de estudios merecen un agradecimiento especial por su amistad, comprensión y valiosas discusiones que enriquecieron mi experiencia académica. También quisiera agradecer a La Universidad Politécnica Salesiana por proporcionar los recursos y el ambiente propicio para mi crecimiento académico. Cada uno de ustedes ha sido una parte esencial en este viaje y en la realización de este logro.

***Rolando Arcos***

Agradezco principalmente a mis padres Marcelo Páramo y Patricia Montalvo por todo el apoyo que me han brindado a lo largo de mi carrera, mostrándome que a pesar de las adversidades de la vida uno debe seguir adelante y nunca rendirse hasta cumplir sus sueños. Finalmente, agradezco al Ing. Cristian Leiva por impartirnos sus conocimientos a lo largo de este trayecto, además por guiar este proyecto de titulación.

***Ricardo Páramo***

## ÍNDICE GENERAL

<b>CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....</b>	<b>i</b>
<b>CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA .....</b>	<b>ii</b>
<b>CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN;</b> Error! Marcador no definido.	
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>iv</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>v</b>
<b>ÍNDICE GENERAL.....</b>	<b>vi</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>x</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>xi</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>xiii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xiv</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
Antecedentes.....	1
Justificación .....	1
Objetivos.....	2
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>4</b>
<b>ESTADO DEL ARTE.....</b>	<b>4</b>
1.1 Clasificación de la raza canina .....	4
1.2 Equipos para hidroterapia canina comerciales .....	5
1.3 Contextualización de fundamentos teóricos .....	5
1.3.1 Acero inoxidable .....	5
1.3.2 Propiedades del acero inoxidable.....	5
1.3.3 Acero AISI 304 .....	6

1.4 Acero AISI 1045.....	7
1.4.1 Acero galvanizado .....	7
1.4.2 Tipos de galvanizado .....	8
1.5 Simulación CAD.....	9
<b>CAPÍTULO II .....</b>	<b>10</b>
<b>EXPLORACIÓN DE LOS ELEMENTOS ESENCIALES PARA EL DISEÑO.....</b>	<b>10</b>
2.1 Situación actual del centro de rehabilitación Vet Therapy.....	10
2.2 Presentación de alternativas.....	11
2.2.1 Alternativa 1.....	11
2.2.2 Alternativa 2.....	12
2.2.3 Alternativa 3.....	12
2.3 Elección de alternativa.....	13
<b>CAPÍTULO III .....</b>	<b>15</b>
<b>DISEÑO DEL EQUIPO PARA HIDROTERAPIA CANINA .....</b>	<b>15</b>
3.1 Parámetros de diseño .....	15
3.2 Requerimientos del tanque .....	15
3.3 Presión hidrostática.....	16
3.4 Diseño estructural .....	19
3.5 Análisis para diseño de un eje .....	23
3.6 Análisis del eje motriz y rodillo .....	33
3.7 Evaluación de torque y potencia necesarios para la rotación de la banda.....	36
3.8 Selección de motor eléctrico.....	37
3.9 Diseño de polea motriz y conducida.....	37
3.10 Sistema de elevación de la caminadora .....	41
3.11 Selección del motor para la elevación de la caminadora.....	44
3.12 Selección del cable para el sistema de elevación .....	45



CAPÍTULO IV .....	47
SIMULACIÓN Y RESULTADOS DEL EQUIPO PARA HIDROTERAPIA CANINA.....	47
4.1 Análisis estático del eje motriz .....	47
4.2 Modelado .....	49
4.3 Mallado .....	49
4.4 Cargas aplicadas .....	50
4.5 Análisis de resultados .....	51
4.6 Desplazamiento .....	52
4.7 Factor de seguridad.....	53
4.8 Pernos pasadores.....	53
4.9 Conclusión del capítulo .....	55
CAPÍTULO V .....	56
ANÁLISIS ECONÓMICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO PARA HIDROTERAPIA CANINA.....	56
5.1 Costos .....	56
5.2 Costo de fabricación .....	56
5.3 Costos directos.....	57
5.4 Costos indirectos.....	58
5.5 Costo total.....	58
CONCLUSIONES .....	59
RECOMENDACIONES .....	61
LISTA DE REFERENCIAS .....	63
ANEXOS.....	64
Anexo 1: Ficha técnica banda trasportadora.....	64
Anexo 2: Ficha técnica de acrílico .....	65

Anexo 3: Ficha técnica acero A36.....	66
Anexo 4: Tabla de coeficiente de rozamiento de materiales .....	67
Anexo 5: Tabla de resistencia a la fatiga de ejes de acero al carbono.....	67
Anexo 6: Tabla de relación de poleas.....	68
Anexo 7: Selección de polea según el equipo .....	68
Anexo 8: Diagrama de selección de correas.....	69
Anexo 9: Tabla capacidad de transmisión.....	69
Anexo 10: Ficha técnica motor Bosch.....	70
Anexo 11: Tabla de especificaciones cable acero inoxidable .....	71
Anexo 12: Planos.....	71

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Razas caninas en función al peso. ....	4
<b>Tabla 2.</b> Equipos similares existentes en el mercado. ....	5
<b>Tabla 3.</b> Componentes químicos. ....	7
<b>Tabla 4.</b> Componentes químicos del acero AISI 1045. ....	7
<b>Tabla 5.</b> Características mecánicas del AISI 1045. ....	7
<b>Tabla 6.</b> Componentes químicos del acero galvanizado. ....	8
<b>Tabla 7.</b> Características mecánicas del acero galvanizado. ....	8
<b>Tabla 8.</b> Elección de alternativa. ....	14
<b>Tabla 9.</b> Comparación material. ....	18
<b>Tabla 10.</b> Elementos del tanque. ....	19
<b>Tabla 11.</b> Costo estimado de materiales. ....	56
<b>Tabla 12.</b> Costo de fabricación para el equipo de hidroterapia canina. ....	57
<b>Tabla 13.</b> Costos directos. ....	57
<b>Tabla 14.</b> Costos indirectos. ....	58
<b>Tabla 15.</b> Costo total para el equipo de hidroterapia canina. ....	58

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Referencia de espacio para el equipo de hidroterapia canina .....	10
<b>Figura 2.</b> Operador del equipo para hidroterapia canina. ....	11
<b>Figura 3.</b> Primera alternativa.....	11
<b>Figura 4.</b> Segunda alternativa.....	12
<b>Figura 5.</b> Tercera alternativa. ....	13
<b>Figura 6.</b> Toma de medidas útiles para el tanque.....	15
<b>Figura 7.</b> Presión hidrostática.....	16
<b>Figura 8.</b> Tanque armado. ....	20
<b>Figura 9.</b> Análisis estático del tanque. ....	21
<b>Figura 10.</b> Esfuerzos en Von Mises. ....	21
<b>Figura 11.</b> Análisis factor de seguridad.....	22
<b>Figura 12.</b> Diagrama de fuerzas. ....	23
<b>Figura 13.</b> Diagrama de fuerzas. ....	25
<b>Figura 14.</b> Esfuerzo cortante. ....	26
<b>Figura 15.</b> Momento flector. ....	26
<b>Figura 16.</b> Diagrama de torsión.....	27
<b>Figura 17.</b> Tipos de pasadores.....	28
<b>Figura 18.</b> Pasador elegido para el diseño.....	28
<b>Figura 19.</b> Concentrador de esfuerzos del pasador. ....	29
<b>Figura 20.</b> Factor de concentración a torsión de esfuerzos kt. ....	30
<b>Figura 21.</b> Inercia transversal del eje. ....	31
<b>Figura 22.</b> Diseño de rodillo.....	33
<b>Figura 23.</b> Rodillo de Nylon.....	34
<b>Figura 24.</b> Barra de acero con perforaciones de 8 mm. ....	34
<b>Figura 25.</b> Ensamble del eje acoplado al rodillo. ....	34
<b>Figura 26.</b> Rodillo tensor.....	35
<b>Figura 27.</b> Tensión de la banda. ....	35
<b>Figura 28.</b> Motor eléctrico marca Hércules de 1/2 hp.....	37
<b>Figura 29.</b> Correa seleccionada tipo V .....	39
<b>Figura 30.</b> Relación de diámetros.....	39

<b>Figura 31.</b> Distancia de rodillo a rodillo. ....	41
<b>Figura 32.</b> Sistema de elevación vista lateral .....	42
<b>Figura 33.</b> Diagrama de cuerpo libre del sistema de elevación vista lateral. ....	42
<b>Figura 34.</b> Equilibrio de elevación vista frontal.....	43
<b>Figura 35.</b> Motor Bosch. ....	45
<b>Figura 36.</b> Espesores del cable de acero inoxidable AISI 316.....	46
<b>Figura 37.</b> Ensamble equipo de hidroterapia canina. ....	47
<b>Figura 38.</b> Diagrama de flujo del proceso de simulación.....	48
<b>Figura 39.</b> Eje motriz.....	49
<b>Figura 40.</b> Convergencia de malla. ....	49
<b>Figura 41.</b> Aplicación de malla. ....	50
<b>Figura 42.</b> Aplicación de carga distribuida de 1054N.....	50
<b>Figura 43.</b> Esfuerzos obtenidos en el eje motriz. ....	51
<b>Figura 44.</b> Desplazamientos en el eje.....	52
<b>Figura 45.</b> Factor de seguridad del eje motriz.....	53
<b>Figura 46.</b> Modelado del eje rodillo y pasadores. ....	54
<b>Figura 47.</b> Aplicación de cargas externas en torsión.....	54
<b>Figura 48.</b> Mallado de los componentes. ....	55

## RESUMEN

El documento es una revisión técnica que se enfoca en el diseño y simulación de un equipo de hidroterapia canina. Se detalla la historia y evolución de la fisioterapia animal, con énfasis en los tratamientos para perros. El trabajo aborda problemas de como el equipo propuesto podría asistir en rehabilitaciones relacionadas con dificultades osteoarticulares en perros. La metodología incluye una revisión de tecnologías existentes, validación de información para mecanismos críticos del diseño, consideraciones de materiales y factibilidad económica. Se han establecido objetivos para diseñar y simular un equipo adaptado a las necesidades del Centro de rehabilitación Vet Therapy, con análisis detallados de materiales como acero inoxidable, acero galvanizado, consideraciones de factores como la resistencia al impacto y la ergonomía. El proceso también incluye un análisis comparativo de alternativas de diseño, seleccionando la alternativa adecuada según varios criterios como la facilidad de fabricación, la estética y la seguridad.

**Palabras clave:** caminadora para hidroterapia canina, simulación, diseño asistido por computadora, análisis estático de cargas, factor de seguridad.

## ABSTRACT

The document is a technical review focused on the design and simulation of a canine hydrotherapy equipment. History and evolution of animal physiotherapy is detailed with an emphasis on treatments for dogs. Osteoarticular problems in dogs and how the proposed equipment could assist in their rehabilitation are addressed. The methodology includes a review of existing technologies, validation of information for critical design mechanisms, and considerations of materials and economic feasibility. Objectives have been established to design and simulate equipment tailored to the needs of the Vet Therapy canine rehabilitation center, with detailed analyses of materials such as stainless steel and galvanized steel and considerations of factors such as impact resistance and ergonomics. A comparative analysis of design alternatives, of the process are also included by selecting the appropriate alternative based on various criteria such as ease of manufacturing, aesthetics, and safety.

**Keywords:** hydrotherapy treadmill, simulation, computer-aided design, static analysis, safety factor.

# INTRODUCCIÓN

## **Antecedentes**

A lo largo de la historia se atribuyen los inicios de la fisioterapia animal a Sir Charles Strong, un renombrado fisioterapeuta de la realeza inglesa en la década de 1930. Su especialización inicial consistió en la aplicación de la electroestimulación para tratar lesiones sufridas por los miembros de la casa real durante sus partidas de polo. Con el tiempo, comenzó a aplicar este tratamiento en los caballos utilizados en dichos encuentros. La aplicación práctica de esta terapia evolucionó y en 1967, Strong mencionó en su primer libro que los tratamientos se estaban empleando cada vez más en animales que participaban en competiciones. Con el tiempo, la fisioterapia veterinaria se ha expandido y este proyecto se enfocará principalmente en la especie canina.

## **Planteamiento del problema**

Al igual que los seres humanos, los caninos presentan problemas o enfermedades que acortan su tiempo de vida. Las afecciones frecuentes en las consultas veterinarias están relacionadas con problemas osteoarticulares ya que estos provocan dolor en cachorros como en perros adultos, alterando así su calidad de vida ¿Qué equipo podría ayudar en la rehabilitación y a mejorar la calidad de vida de los pacientes?

## **Grupo objetivo**

Los beneficiarios directos del proyecto serán los animales caninos que se puedan tratar en este equipo, evitando prolongar sus enfermedades físicas.

## **Justificación**

El presente proyecto de titulación está orientado a beneficiar a los canes con el fin de que puedan desarrollar su rehabilitación postoperatoria. En base a conocimientos técnicos del área de Ingeniería Mecánica, se asume la responsabilidad de diseñar y simular la maquinaria en base a las exigencias planteadas por la clínica, garantizando la confiabilidad en el proyecto mediante un análisis estático en el diseño, calculando el factor de seguridad del equipo y estos resultados comprobarlos con la simulación.



## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Diseñar y simular un equipo para para hidroterapia canina con capacidad de carga de 100 kg con velocidad de 0.3 a 12 km/h

### **Objetivos específicos**

- Establecer los parámetros de diseño necesarios para fabricar un equipo destinado a la hidroterapia canina.
- Seleccionar la alternativa óptima para la caminadora de hidroterapia canina a través de un análisis de las diferentes opciones disponibles.
- Diseñar la alternativa viable con software especializado.
- Validar el diseño del equipo mediante la utilización del software especializado, a través de la simulación de sus elementos y mecanismos.
- Evaluar la factibilidad económica por medio de indicadores financieros para la implementación del equipo de la caminadora de hidroterapia canina

### **Metodología**

La metodología de este proyecto se ha estructurado en un proceso secuencial, como se detalla a continuación:

Estado del arte: se realizará una revisión de la literatura para comprender el estado actual de la tecnología en máquinas caminadoras de hidroterapia para perros, así como los antecedentes históricos que marcan la preocupación por el bienestar de los caninos.

Validación de información: se identificará y validará la información esencial que se enfocará en la investigación de mecanismos críticos para el diseño de una máquina caminadora de hidroterapia para canes.

Características de diseño: se evaluará si el material seleccionado cumple con las características necesarias para el diseño propuesto. Esta etapa actúa como un factor decisivo para proceder con el diseño.

Diseño y simulación: una vez validado el material, se procederá a diseñar y simular el movimiento de los mecanismos internos de la máquina caminadora, utilizando software de ingeniería adecuado.

Verificación de funcionamiento: se comprobará si el diseño y la simulación garantizan el funcionamiento del equipo de hidroterapia. Si no es así, se requiere un ajuste en el diseño o la selección de materiales.

Revisión de materiales en el mercado ecuatoriano: se llevará a cabo una investigación de los materiales disponibles en el mercado ecuatoriano que puedan ser utilizados para el proceso de fabricación de la caminadora.

Análisis económico: finalmente, se realizará un análisis económico, incluyendo costos de materiales, fabricación.

El proyecto culmina con la integración de los hallazgos y análisis en un informe final que propone un diseño viable para una máquina caminadora de hidroterapia, basado en criterios de funcionamiento efectivo, seguridad para los usuarios caninos.

## CAPÍTULO I

### ESTADO DEL ARTE

A lo largo de la historia, los orígenes de la fisioterapia animal se atribuyen a Sir Charles Strong, un reputado fisioterapeuta de la realeza inglesa en la década de 1930. Se especializó en utilizar la electroestimulación para tratar las lesiones que sufrían los miembros de la casa real tras jugar al polo. Con el tiempo, empezó a utilizar este tratamiento en los caballos utilizados en los partidos. La aplicación práctica de esta terapia evolucionó, en 1967, Strong mencionó en su primer libro que los tratamientos se utilizaban más en animales que participaban en competiciones. Sin embargo, con el tiempo, la fisioterapia veterinaria se ha ampliado y ahora se aplica a la especie canina, centrándose en este proyecto [1].

El desarrollo científico de la fisioterapia veterinaria es cada vez más importante, con un número creciente de técnicas innovadoras que implican enfoques menos invasivos y más naturales. Todo ello sin olvidar el factor económico, que ha tenido un mayor impacto en su aplicación [1].

#### 1.1 Clasificación de la raza canina

Se estima que la aparición del perro se produjo hace unos 20 000 a 30 000 años, basándose en la evolución del lobo. El cánido se conoce científicamente como *canis lupus familiaris* y pertenece a la familia de los cánidos, mamíferos carnívoros [2].

En la actualidad se conocen aproximadamente 800 razas, con distintas características morfológicas, como se puede visualizar en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Razas caninas en función al peso [3].

<b>Grupo</b>	<b>Rango de Peso</b>
Caninos pequeños	De 3 kg y 10 kg
Caninos medianos	De 10 kg a 25 kg
Caninos grandes	De 25 kg a 50 kg
Caninos gigantes	Mayor a 50 kg

## 1.2 Equipos para hidroterapia canina comerciales

En esta sección se visualizan 3 caminadoras sumergibles, hay que tener en cuenta que en el precio está incluido el servicio de instalación, pero no el precio de envío, como se puede verificar en la Tabla 2 [4].

**Tabla 2.** Equipos similares existentes en el mercado.

<b>Marca comercial</b>	<b>Potencia (hp)</b>	<b>Velocidad (m/s)</b>	<b>Dimensiones Longitud*ancho (m)</b>	<b>Precio de venta al público</b>
AquaPaws	3	0.14 – 4.03	2.5x1.2	\$13 000
Oasis System	3	0.19 – 2.25	2.2x1.5	\$11 600
HP.200	2	0-2.25	1.9x0.8	\$12 325

## 1.3 Contextualización de fundamentos teóricos

Para proporcionar una base sólida a este proyecto, se destinan textos y artículos de diversos autores para contextualizar y profundizar en el uso de los materiales.

Estos conceptos servirán para apoyar y mejorar la comprensión de la investigación en proceso.

### 1.3.1 Acero inoxidable

Es un acero, que por sus características es capaz de resistir a la corrosión, compuesto en su mayoría por cromo y bajo en carbono. Por lo que es importante y esencial en cualquier industria que trabajen con materiales corrosivos [5].

### 1.3.2 Propiedades del acero inoxidable

El cromo crea una capa de óxido en la superficie, conocida como pasivación, que cumple la función de proteger el material de la corrosión [6].

Versatilidad: existen varios tipos de acero inoxidable con diferentes propiedades, lo que lo hace adecuado para algunas aplicaciones, desde instrumentos de cocina hasta usos industriales en entornos corrosivos [6].

Resistencia a temperaturas elevadas: mantienen su resistencia y estabilidad estructural a temperaturas elevadas, lo que los hace adecuados para aplicaciones en ambientes de temperatura elevada [6].

Facilidad de limpieza: la superficie lisa y no porosa del acero inoxidable facilita la limpieza

para entornos ando la higiene es esencial, como en la industria [6].

Oxidación y decoloración: el acero inoxidable resiste la oxidación y la decoloración, lo que lo mantiene estéticamente atractivo durante períodos prolongados.

Durabilidad: el acero inoxidable puede resistir el desgaste, la abrasión y otros daños mecánicos [6].

Conductividad térmica: aunque no es tan eficiente como algunos metales no ferrosos en términos de conductividad térmica, el acero inoxidable puede resistir altas temperaturas y cambios bruscos de temperatura [6].

Propiedades mecánicas: el acero inoxidable puede ser fabricado para cumplir con diversas propiedades mecánicas, lo que permite adaptarse a diferentes aplicaciones, desde estructuras pesadas hasta piezas de precisión [6].

No magnetismo (en algunos grados): algunos grados de acero inoxidable son no magnéticos, lo que los hace útiles en aplicaciones donde se requiere esta propiedad, como en la fabricación de instrumentos médicos y dispositivos electrónicos [6].

Reciclabilidad: el acero inoxidable es completamente reutilizable y puede ser fundido sin perder sus propiedades [6].

### ***1.3.3 Acero AISI 304***

Dentro de la clasificación de austeníticos no magnéticos, alta ductilidad y excelente soldabilidad, lo que facilita la fabricación de estructuras [7].

El tipo de acero más comercial en el mundo es el acero inoxidable 304. Se compone de entre un (16% - 24%) de cromo y hasta un 35% de níquel, así como mínimas cantidades de carbono y manganeso [7].

El material que tiene propiedades similares con el acero 304 es el acero inoxidable 18-8, que contiene un 18% de cromo y un 8% de níquel [7].

La Tabla 3 confirma el bajo porcentaje de carbono, que es inferior o igual a 0,08, ya que es un combustible y se utiliza como fuente artificial de calor, así como el porcentaje de cromo que ayuda en la protección la pieza metálica de la corrosión.

**Tabla 3.** Componentes químicos [7].

<b>C</b>	<b>Si</b>	<b>Mn</b>	<b>P</b>	<b>S</b>	<b>Ni</b>	<b>Cr</b>
≤ 0.08	≤ 1.00	≤ 2.00	≤ 0.045	≤ 0.015	9.0	18.0

#### **1.4 Acero AISI 1045**

El acero AISI 1045 material carbonatado que pertenece a la serie de aceros SAE-AISI 1000. Es uno de los aceros más comunes debido a su buena combinación de resistencia y tenacidad [8].

Es importante tener en cuenta que el AISI 1045 es un acero al carbono y no es resistente a la corrosión como los aceros mencionados anteriormente. Por lo tanto, se utiliza en aplicaciones donde la resistencia mecánica es más crítica que la resistencia a la corrosión [8].

En la Tabla 4 se puede apreciar las propiedades que tiene el AISI 1045 así mismo en la Tabla 5 se puede visualizar su composición química [8].

**Tabla 4.** Componentes químicos del acero AISI 1045 [8].

<b>C</b>	<b>Mn</b>	<b>P</b>	<b>S</b>
0.42% - 0.51%	0.61% -0.91%	0.041% máx.	0.051% máx.

Los siguientes valores fueron utilizados para la elaboración de este proyecto.

**Tabla 5.** Características mecánicas del AISI 1045 [8].

<b>Resistencia a la tensión MPa</b>	<b>Resistencia a la fluencia MPa</b>	<b>Estiramiento en 2 plg %</b>
630 MPa	530 MPa	12%

##### **1.4.1 Acero galvanizado**

Acero conformado con una capa de zinc que cumple la función de protegerlo de la corrosión. Este proceso se conoce como galvanizado y se utiliza para prolongar la vida útil del acero [9].

Proceso de galvanizado: el acero se recubre en un baño de zinc o se aplica zinc mediante métodos de recubrimiento en caliente o electro chapado. La capa de zinc facilita una barrera protectora [9].

Durabilidad: el recubrimiento de zinc mejora significativamente la vida útil del acero,

haciéndolo más resistente a la corrosión y a los elementos ambientales [9].

Versatilidad: se utiliza en varias aplicaciones, desde construcción hasta fabricación de tuberías, conductos y componentes de automóviles [9].

#### **1.4.2 Tipos de galvanizado**

Galvanizado en caliente: el acero se hunde en zinc fundido [10].

Galvanizado electrolítico: el zinc se aplica mediante corriente eléctrica [11].

Galvanizado por recubrimiento en caliente: el acero se sumerge en zinc fundido, seguido de un proceso de enfriamiento [10].

Mantenimiento reducido: el acero galvanizado requiere menor mantenimiento en comparación con un acero sin recubrimiento, ya que la capa de zinc proporciona una protección continua.

Soldabilidad: aunque el zinc puede afectar la soldabilidad, se pueden tomar medidas para minimizar este impacto. Además, existen grados específicos de acero galvanizado diseñados para mejorar la soldabilidad [12].

En la Tabla 6 se puede encontrar los componentes químicos del acero galvanizado y en la Tabla 7 se puede encontrar sus propiedades mecánicas [9].

**Tabla 6.** Componentes químicos del acero galvanizado [9].

<b>C</b>	<b>Mn</b>	<b>Si</b>	<b>P y S</b>
0.05 % y 2 %	0.25 % al 1.5 %	0.15 % al 0.6 %	Están en mínimas cantidades y se controlan para minimizar su impacto en las propiedades del acero

**Tabla 7.** Características mecánicas del acero galvanizado [9].

<b>Resistencia a la tracción</b>	<b>Elasticidad</b>	<b>Estiramiento en 2 plg</b>
300 MPa a 900 MPa	250 MPa - 400 MPa	15%

## **1.5 Simulación CAD**

El uso de software CAD-CAM sirve para varios fines, como prevenir problemas y visualizar posibles soluciones en el proceso de programación antes de pasar a la máquina. La mayoría de los productos de diseño vienen equipados con funciones de simulación virtual, revisión de colisiones y control de calidad. Sin embargo, muchos usuarios tienen un conocimiento limitado de las capacidades de su sistema de simulación integrado. Para el diseño de la cinta de correr para hidroterapia, en el cual se utilizará el software de diseño SolidWorks [17].



## CAPÍTULO II

### EXPLORACIÓN DE LOS ELEMENTOS ESENCIALES PARA EL DISEÑO

#### 2.1 Situación actual del centro de rehabilitación Vet Therapy

Para la investigación sobre el diseño de un equipo para hidroterapia canina el centro especializado Vet Therapy se enfocará en la metodología para realizar la rehabilitación y fisioterapia. El trabajo por presentarse se enfocará en la ayuda a mejorar la metodología en la que se realiza la rehabilitación y fisioterapia, tomando en consideración el espacio disponible con el que cuenta el centro de rehabilitación, además de los espacios que necesitan los pacientes como se visualiza en la Figura 1.



**Figura 1.** Referencia de espacio para el equipo de hidroterapia.

Se utilizó una caminadora eléctrica normal la cual permite dimensionar el espacio que tendrá el tanque donde estará el equipo de hidroterapia y las medidas son: 2 metros de largo por 1.20 metros de alto por 0.80 metros de ancho.

Al momento de diseñar el equipo para hidroterapia se debe tomar en cuenta temas ergonómicos para el operador por lo cual se ha considerado la altura del operador como se puede visualizar en la Figura 2.



**Figura 2.** Operador del equipo para hidroterapia canina.

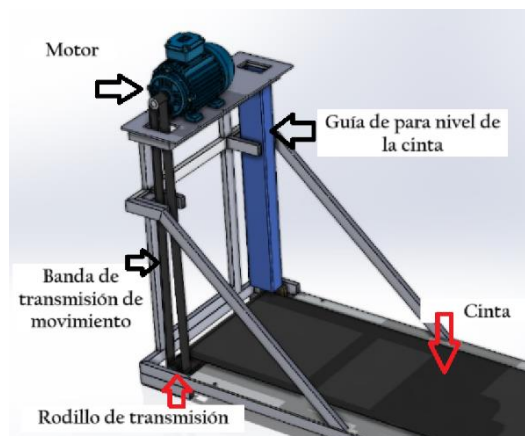
En este caso el operador debe ser una persona adulta con una altura de aproximada de 1.50 m a 1.80 m lo que por motivos ergonómicos permite que el diseño de la estructura se mantenga en 1.20 m.

## **2.2 Presentación de alternativas**

Tras reunir la información necesaria, el siguiente proceso consiste en enfocar y presentar varias alternativas de diseño que se ajusten a las necesidades del centro de rehabilitación canina. A continuación, se evalúan estas opciones para determinar la más factible.

### **2.2.1 Alternativa 1**

En la Figura 3 se muestra un equipo de hidroterapia para canes con la ubicación de su motor en la parte superior, el cual consta de un mecanismo de transmisión de movimiento circular entre polea de motor – banda de transmisión – polea de rodillo.

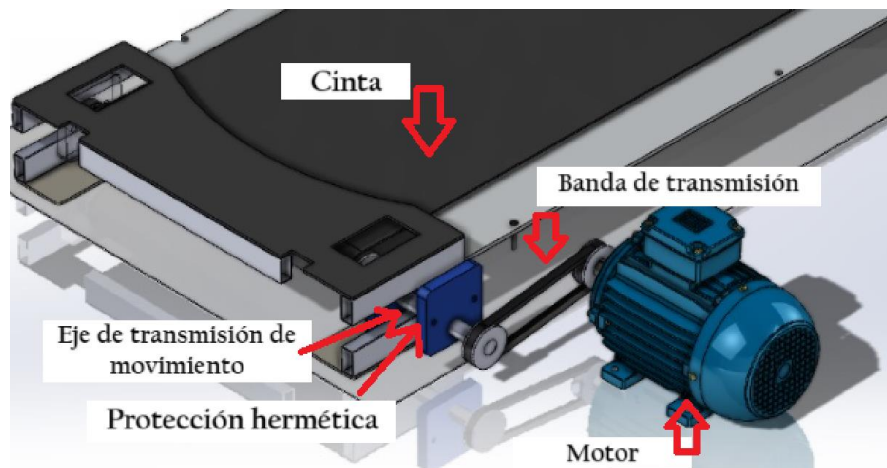


**Figura 3.** Primera alternativa

El motor en la parte superior no obstaculiza al momento que el operador realiza una inspección a 360° además que no hace falta usar materiales adicionales para su protección, su ubicación no limita la velocidad de la banda de transmisión de movimiento y no interrumpe al momento de subir o bajar el nivel de la cinta.

### 2.2.2 Alternativa 2

En la Figura 4 se puede observar un equipo de hidroterapia canina con la ubicación de su motor en la parte lateral su funcionamiento al igual que los otros, es un mecanismo el cual funciona con transmisión de movimiento circular entre polea del motor – banda de transmisión – polea de rodillo, cabe resaltar que en este caso la banda no tendría inclinación y el motor debería ser hermetizado.

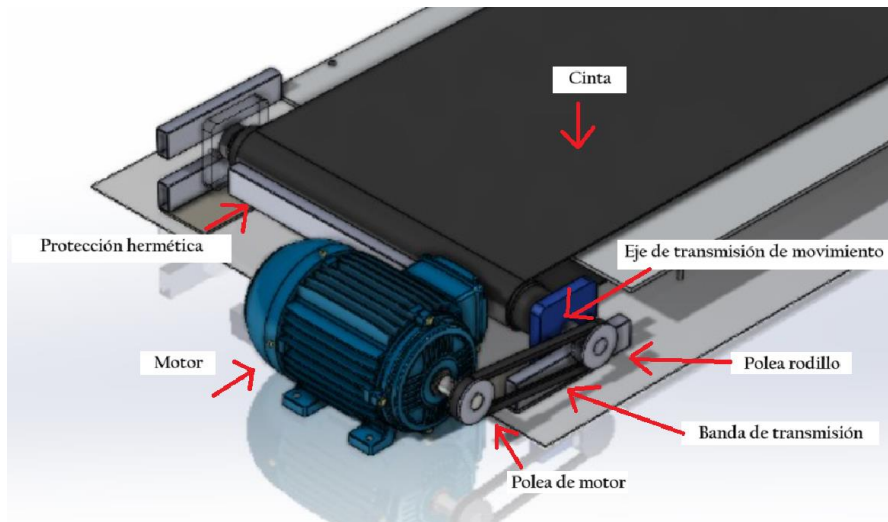


**Figura 4.** Segunda alternativa.

El motor en la parte lateral obstaculiza al momento de que el operador realice una inspección a 360° este diseño debería estar hermetizado para evitar posibles accidentes en los pacientes, su ubicación no limita la velocidad de transmisión de movimiento, pero si interrumpe al momento de subir o bajar el nivel de la cinta.

### 2.2.3 Alternativa 3

En la Figura 5 se muestra un equipo de hidroterapia canina con la ubicación de su motor en la parte frontal su funcionamiento al igual que los otros es un mecanismo de transmisión de movimiento circular entre polea del motor – banda de transmisión – polea de rodillo, cabe resaltar que al igual que la alternativa 2 esta no tendría inclinación en la banda y su motor debería ser hermetizado.



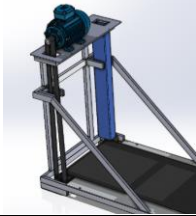
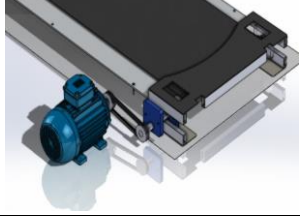
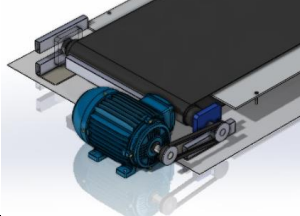
**Figura 5.** Tercera alternativa

El motor en la parte frontal obstaculiza al momento de que el operador realice una inspección a 360° este diseño al igual que la segunda alternativa debería estar hermetizado para evitar posibles accidentes en los pacientes, su ubicación no limita la velocidad de transmisión de movimiento, pero si interrumpe al momento de subir o bajar el nivel de la cinta.

### **2.3 Elección de alternativa**

Se tomó en cuenta las distintas características y necesidades que tiene el centro de rehabilitación canina al momento de enfrentar las tres alternativas como se observa en la Tabla 8, donde a cada necesidad se le dio un valor de 5 a 0, tomando en consideración que 5 es la mayor y 0 la menor nota.

**Tabla 8.** Elección de alternativa.

	<b>Opción 1</b>	<b>Opción 2</b>	<b>Opción 3</b>
Parámetros de diseño			
Facilidad en la fabricación y mantenimiento 20 %	10 %	6 %	6 %
Ajustabilidad y versatilidad (transmisión de movimiento – ángulo de inclinación de la banda) El equipo debe adaptarse a diferentes razas y tamaños de perros 35 %	17.5 %	7 %	7 %
Estética (visualización del área dentro del tanque, interrupción de paso del operador) 15 %	6 %	7.5 %	7.5 %
Ergonomía y Seguridad (seguridad del paciente dentro del tanque, precauciones del operador) 30 %	15 %	6 %	12 %
<b>Total</b>	<b>48.5 %</b>	<b>26.5 %</b>	<b>32 %</b>

Luego de este estudio comparativo se selecciona la alternativa uno como la más favorable por su única característica de proporcionar un ángulo de inclinación a la banda transportadora que será fundamental para la rehabilitación de los perros, su facilidad de fabricación, facilidad de mantenimientos preventivos, además de su estética visual en el área donde puede estar ubicada y por la comodidad del operador al momento de realizar sus operaciones, con este diseño se pretende satisfacer los requerimientos del centro de rehabilitación y fisioterapia canina Vet Teraphy.

## CAPÍTULO III

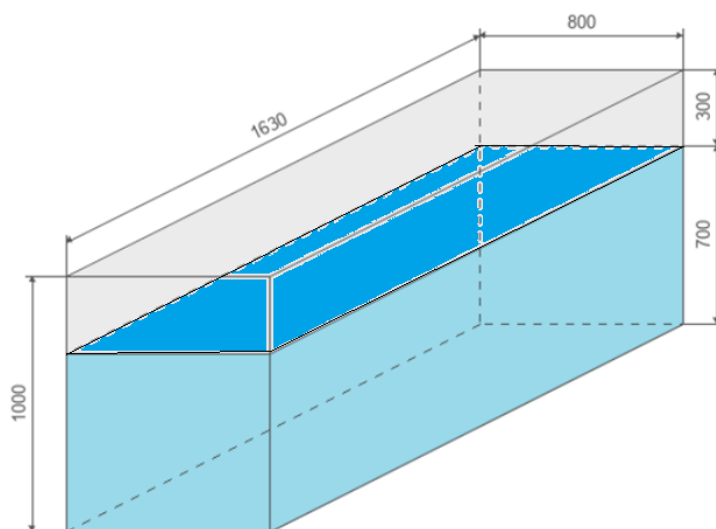
### DISEÑO DEL EQUIPO PARA HIDROTERAPIA CANINA

#### 3.1 Parámetros de diseño

En el presente capítulo se presentan los parámetros de diseño para una simulación de un equipo para hidroterapia canina junto con un cálculo analítico que valide la selección de la propuesta adecuada para este proyecto de titulación.

#### 3.2 Requerimientos del tanque

Para el realizar el diseño del tanque se debe conocer las medidas generales.



**Figura 6.** Toma de medidas útiles para el tanque en milímetros.

En la Figura 6 se muestran las dimensiones del tanque las cuales están representadas en milímetros sin embargo para completar los cálculos es necesario realizar una conversión de unidades para lo cual se utilizó la siguiente relación.

1 m es la altura total del tanque

1.63 m es la longitud del tanque

0.8 m es el ancho del tanque

0.7 m es el nivel máximo del fluido

Con estos datos se procede a calcular el volumen del tanque con el fin de conocer la cantidad de agua requerida este dato se obtiene de la ecuación 1.

$$V = l * a * h \quad (1)$$

Donde:

$V$ : volumen del tanque [ $m^3$ ]

$l$ : largo [m]

$a$ : ancho [m]

$h$ : altura máxima del fluido [m]

Reemplazando la ecuación.

$$V = 1.63 * 0.8 * 0.7$$

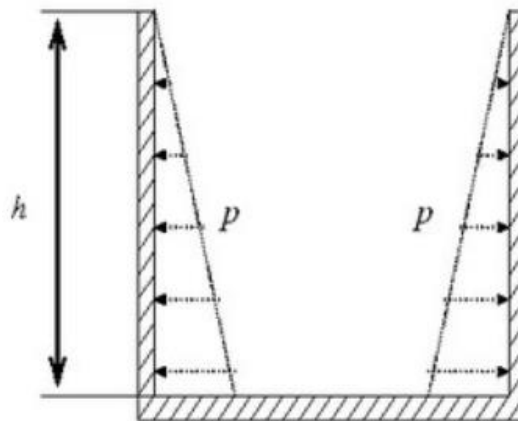
$$V = 0.9128 \text{ m}^3$$

$$V = 912 \text{ l}$$

Por lo tanto, 912 litros es la cantidad de líquido que se necesita para llenar el tanque hasta el nivel máximo de 0.7 m

### 3.3 Presión hidrostática.

La presión de un líquido también conocida como presión hidrostática es una carga no uniforme distribuida[14], en la Figura 7 se muestra el comportamiento de este fenómeno.



**Figura 7.** Presión hidrostática.

Donde:

h: nivel máximo del líquido

P: presión del agua

En este caso se evaluará la presión del líquido ejercida sobre las paredes del tanque con la ecuación 2.

$$Ph = \rho * g * h \quad (2)$$

Donde:

Ph: presión hidrostática  $\left[\frac{N}{m^2}\right]$

$\rho$ : densidad del agua  $\left[\frac{kg}{m^3}\right]$

g: gravedad  $\left[\frac{m}{s^2}\right]$

h: nivel máximo del líquido [m]

Reemplazando los datos en la ecuación se tiene.

$$Ph = 1000 \frac{kg}{m^3} * 9.8 \frac{m}{s^2} * 0.7m$$
$$Ph = 6860 \frac{N}{m^2}$$

Para determinar el espesor para el acrílico se necesita conocer la fuerza que va a soportar con la ecuación 3.

$$F = P * A \quad (3)$$

Donde:

P: presión hidrostática  $\left[\frac{N}{m^2}\right]$

A: área del material  $[m^2]$

F: fuerza  $\left[\frac{N}{m^2}\right]$

$$F = 6860 N/m^2 * 1.63 m^2$$
$$F = 11181.8 N$$



Una vez calculada la fuerza se realiza una comparación de los materiales existentes en el mercado ecuatoriano se puede revisar esta información en la Tabla 9.

**Tabla 9.** Comparación material.

<b>Material de los paneles</b>	<b>Módulo de resistencia a la compresión</b>	<b>Peso aproximado</b>	<b>Cambios en la temperatura</b>	<b>Seguridad para el paciente</b>
Vidrio templado	10.9 kg/ cm <sup>2</sup>	15 kg	0 °C a 250 °C	Se divide en piezas sin romperse ni crear bordes afilados.
Acrílico	21420 kg/ cm <sup>2</sup>	5.95 kg	0 °C a 114 °C	El desgaste altera su pigmentación, y ante un golpe directo, podrían aparecer fisuras.
Polycarbonato	0.017 kg/ cm <sup>2</sup>	1.10 kg	-40 °C a 120 °C	Presenta fisuras ante impactos puntuales

Se escogió el acrílico ya que, si se produce un impacto directo, el acrílico ofrece una mayor flexibilidad y absorción de impactos. Además, su composición evita la fragmentación en pequeños trozos a comparación del vidrio o el polycarbonato, reduciendo así el riesgo de rotura completa.

Para determinar el espesor es necesario verificar su ficha técnica ver “Anexo 1” con el fin de validar la selección, por método de teoría de placas [16] se calcula el espesor de la placa considerando el esfuerzo máximo para el diseño y el esfuerzo admisible lo cual se obtiene con la ecuación 4.

$$\sigma = \frac{pl^2}{12} * \frac{h}{\frac{h^3}{2}} = \frac{pl^2}{2h^2} \quad (4)$$

Donde:

P: presión hidrostática  $[kg/cm^2]$

l: longitud  $[cm]$

h: espesor  $[cm]$

Reemplazando la ecuación se tiene que.

$$\sigma = \frac{0.0699 \text{ kg/cm}^2 * (163 \text{ cm})^2}{2(0.5 \text{ cm})^2}$$

$$\sigma = 3714 \text{ kg/cm}^2$$

Para calcular el factor de seguridad se realiza una comparación del esfuerzo máximo calculado con la ecuación previa y el módulo de resistencia a la compresión con la ficha técnica del acrílico “Anexo 1”.

Se obtuvo que.

$$F_s = \frac{21420 \text{ kg/cm}^2}{3714 \text{ kg/cm}^2}$$

$$F_s = 5.5$$

$$5.5 > 1$$

Ya que el factor de seguridad es mayor que 1 concluimos que el espesor adecuado es de 5mm. Es necesario considerar un refuerzo metálico con el fin de mantener unidas las placas del acrílico y permitir al operador apoyarse sin riesgo, la estructura de este tanque fue diseñada con ayuda de un software especializado.

### 3.4 Diseño estructural

Estructuralmente la caminadora de hidroterapia canina está conformada de acero ASTM A36 y acrílico, la Tabla 10 presenta los elementos que se utilizará para el armado estructural del tanque.

**Tabla 10.** Elementos del tanque.

Denominación	Presentación	Aplicación
Acrílico	Lámina espesor 5 mm	Base de apoyo para la banda y los muros estructurales de la caminadora.
ASTM A36	Perfil rectangular 20x40x1,5 mm	Se usará para toda la estructura del tanque como refuerzo por temas de seguridad.

En el Anexo 2 se muestran las fichas técnicas de cada material, además de que cada uno fue analizado según parámetros importantes como: la resistencia a un impacto puntual, el peso de cada material, temperatura mínima como máxima y la seguridad que estos pueden brindar al

paciente tanto como al operador en caso de un incidente.

Su configuración estructural según “Diseño estructural de tanques rectangulares y sus aplicaciones”. Las estructuras y elementos estructurales deberán diseñarse para obtener en todos sus elementos una carga uniforme [14] En base a este concepto la separación del perfil se calcula con la ecuación 5.

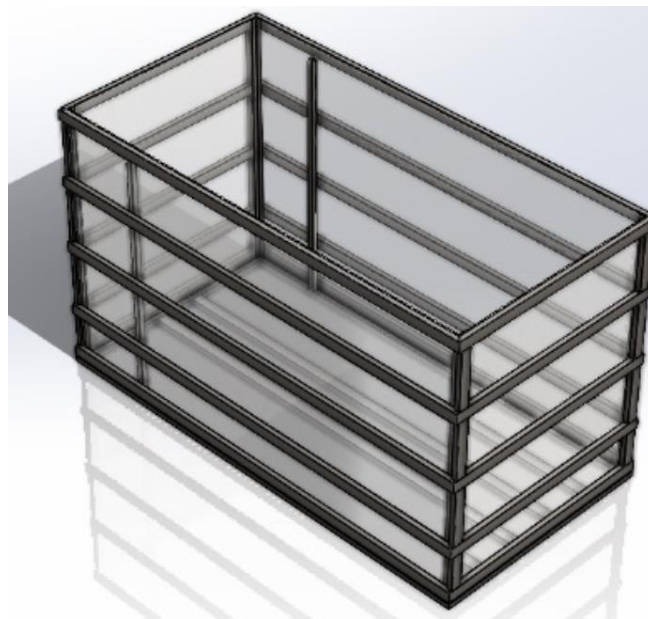
$$\text{Separación} = \frac{\text{Alto de la estructura (m)}}{\text{número de elementos}} \quad (5)$$

Debido a que los caninos llegan a presentar conductas de desplazamiento, pueden alterarse y tratar de escapar [17] por este motivo para salvaguardar la seguridad del paciente se considera que el número de elementos sea 5.

Reemplazando la ecuación se obtuvo.

$$\text{Separación} = \frac{1 \text{ m}}{5}$$

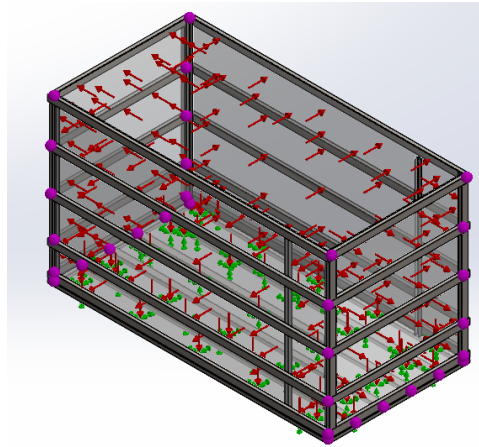
$$\text{Separación} = 0.2 \text{ m} \approx 20 \text{ cm}$$



**Figura 8.** Tanque armado.

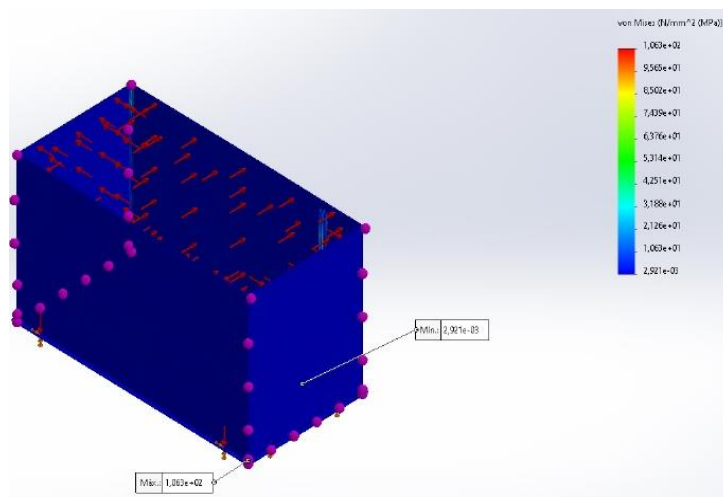
Para la construcción del tanque en el software se utiliza acero ASTM 36 y la junta de los elementos metálicos se realizó con la herramienta de junta de piezas soldadas, la lámina de acrílico se pudo ajustar a la estructura con la opción de relación de posición como se muestra en la Figura 8. Al simular la estructura del tanque en SolidWorks, se pudo realizar un análisis

estático para evaluar cómo respondería el tanque bajo condiciones de carga normales, como la presión hidrostática.



**Figura 9.** Análisis estático del Tanque.

En la Figura 9 se pueden verificar el desarrollo de un análisis estático como también la aplicación de la presión hidrostática en las placas de acrílico y con ayuda del Método de elementos finitos se puede predecir el comportamiento del tanque mediante la combinación del acrílico y el acero estructural a partir de todos los elementos el software nos arroja los esfuerzos de Von Mises que permiten identificar áreas de potencial debilidad o puntos de falla bajo la carga aplicada.



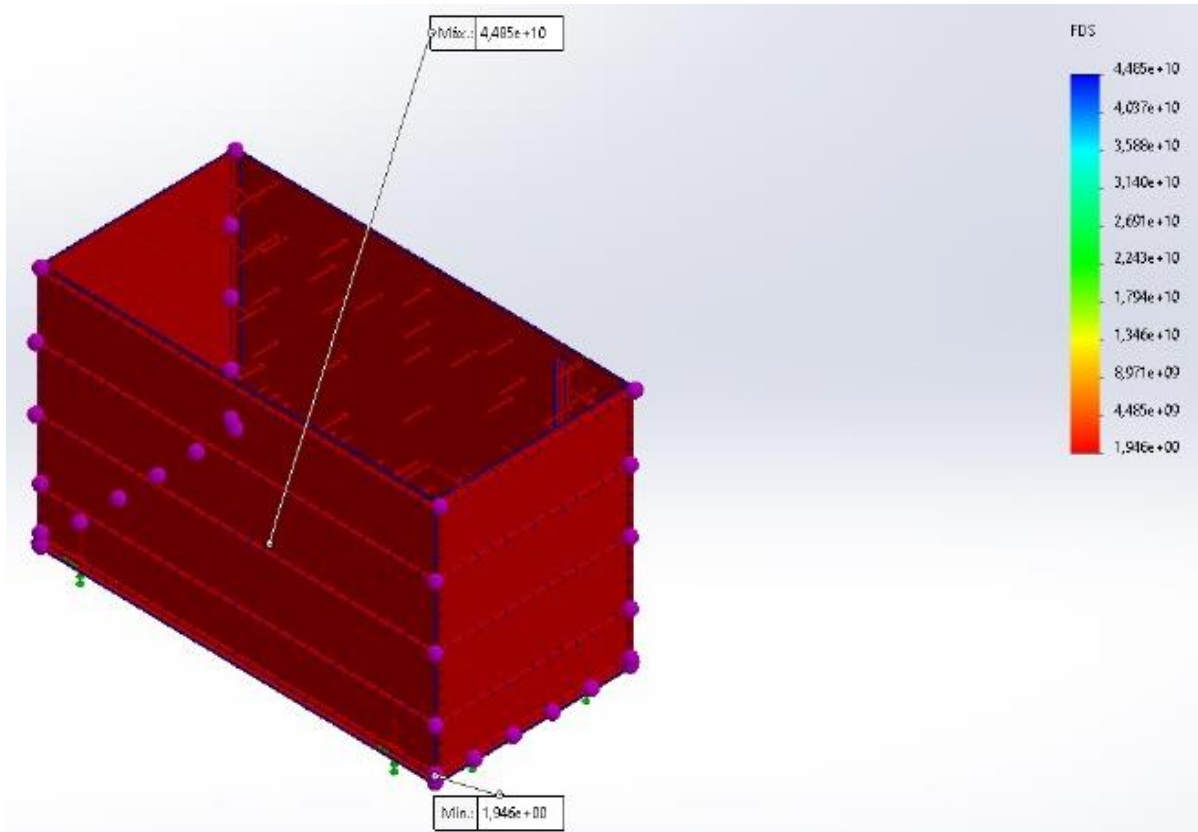
**Figura 10.** Esfuerzos en Von Mises.

En la Figura 10 se puede apreciar el esfuerzo máximo de Von Mises de es 165 MPa lo cual nos garantiza que el tanque no fallará ante la carga aplicada. En comparación con el límite elástico del acero ASTM A36 es de 250 MPa. El factor de seguridad respecto al acero es de.

$$F_s = \frac{250}{165}$$

$$F_s = 1.51$$

$$1.51 > 1$$

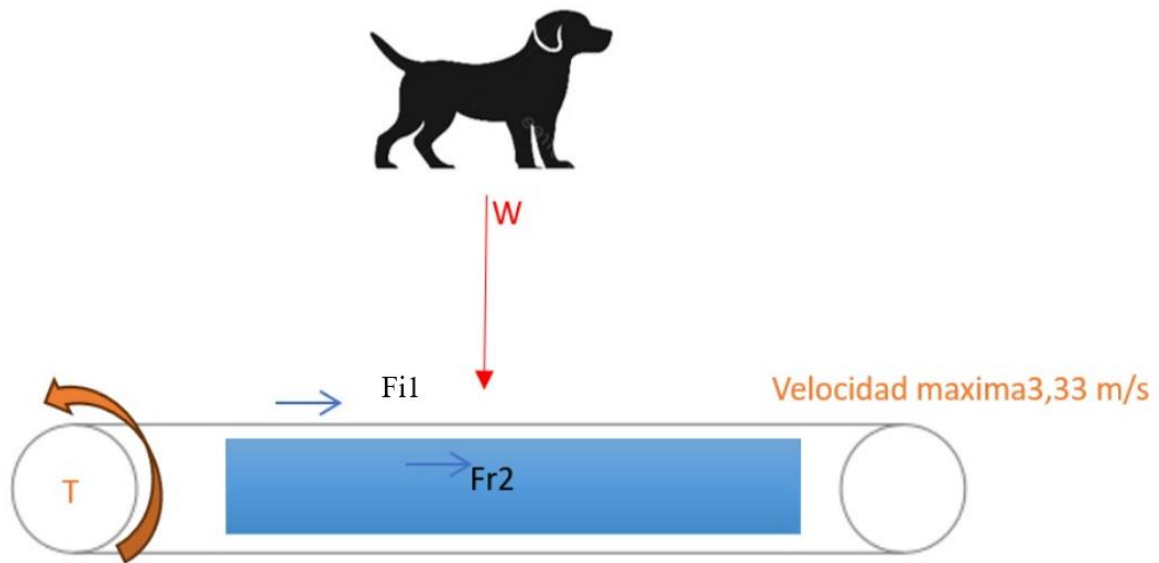


**Figura 11.** Análisis Factor de seguridad.

En la Figura 11 se puede observar que el software nos proporciona un factor de seguridad de 1.93 los cual por criterio de factores de seguridad típicos “para su uso con materiales fiables cuando las condiciones de carga no son severas el margen de seguridad es de 1.5 – 2” [18] con esto podemos concluir el tanque no se deformará plásticamente.

### 3.5 Análisis para diseño de un eje

Para el diseño del eje es necesario conocer como actuarán las fuerzas por lo tanto se toma como guía el libro de elementos de máquinas de Shigley [19]. La carga máxima que va a soportar según el diseño propuesto es de 100 kg, sin embargo, es necesario calcular la magnitud de la fuerza gravitacional aplicada en un objeto como se muestra en la Figura 12 que se obtiene según la ecuación 6.



**Figura 12.** Diagrama de fuerzas.

Para conocer las fuerzas que interactuarán sobre el eje se obtiene a partir de la ecuación 6.

$$V = V_0 + at \quad (6)$$

Donde:

V: velocidad [m/s]

V<sub>0</sub>: velocidad inicial [m/s]

a: aceleración [ $m/s^2$ ]

t: tiempo [s]

Conocemos que la velocidad inicial es nula ya que la carga es estática, para conocer la aceleración se reemplaza y se despeja la siguiente ecuación.

$$a = \frac{v}{t}$$

$$a = \frac{3,3 \text{ m/s}}{6,5 \text{ s}}$$

$$a = 0,5 \text{ m/s}^2$$

Para calcular la fuerza inercial se utiliza la ecuación 7.

$$Fi1 = m * a \quad (7)$$

Donde:

$Fi1$ : fuerza inercial [N]

$m$ : masa [kg]

$a$ : aceleración  $\left[\frac{m}{s^2}\right]$

Reemplazando los datos obtenemos.

$$Fi1 = 100 \text{ kg} * 0,5 \text{ m/s}^2$$

$$Fi1 = 50 \text{ N}$$

El factor de rozamiento entre acero/teflón anexo 3.

$$\mu = \text{acero/teflón} = 0,04$$

La fuerza de rozamiento como según la Figura 12 se calcula con la siguiente ecuación 8.

$$Fr2 = \mu * N \quad (8)$$

$Fr2$ : fuerza de rozamiento [N]

$\mu$ : coeficiente de rozamiento de rozamiento

$N$ : normal [N]

Reemplazando la ecuación.

$$Fr2 = 0,04 * 100 \text{ kg}$$

$$Fr2 = 4 \text{ N}$$

La fuerza de rozamiento total es la sumatoria de la  $Fr1$  y  $Fr2$

$$Frt = Fi1 + Fr2$$

$$Frt = 50 \text{ N} + 4 \text{ N}$$

$$Frt = 54 \text{ N}$$

Para calcular el torque se utiliza la ecuación.

$$T = Frt * \frac{\phi}{2}$$

Donde:

T: torque [N/m]

Frt: fuerza total [N]

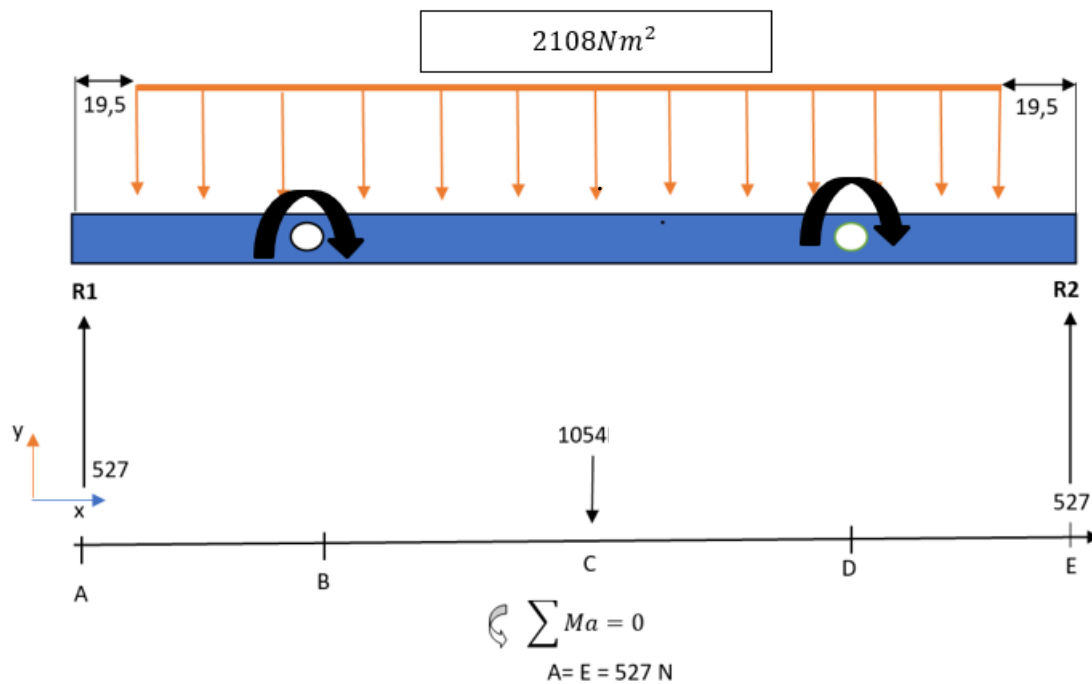
$\phi$ : diámetro [m]

Reemplazando:

$$T = 54 N * \frac{0,06}{2}$$

$$T = 1,62 N$$

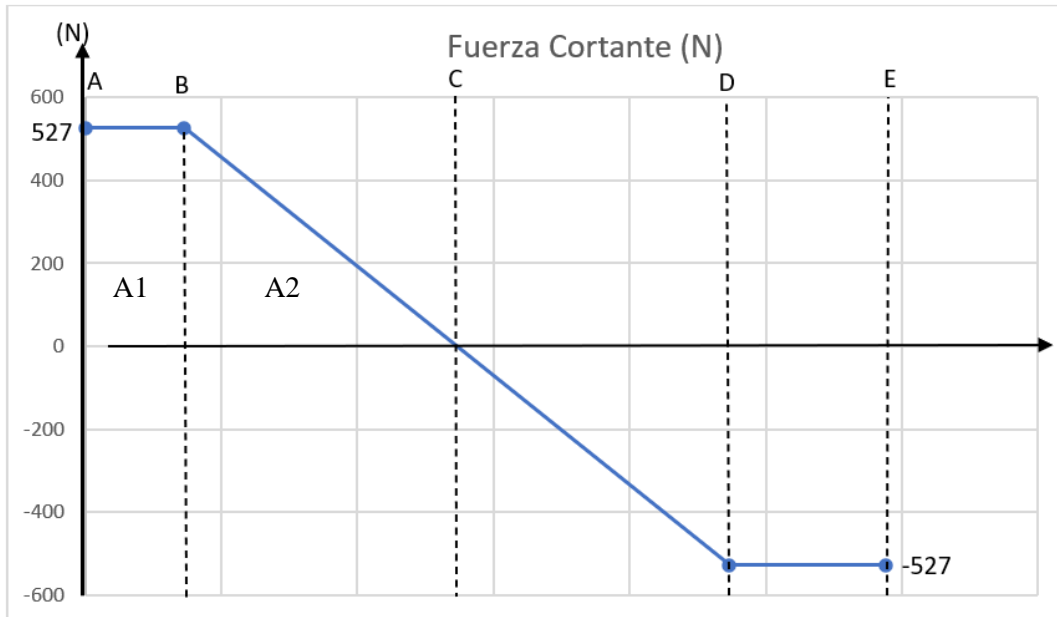
Para el diseño del eje realiza un diagrama de cuerpo libre ver Figura 13 con el fin de entender los requerimientos necesarios para el diseño del eje entre ellas como interactúan las cargas.



**Figura 13.** Diagrama de fuerzas.

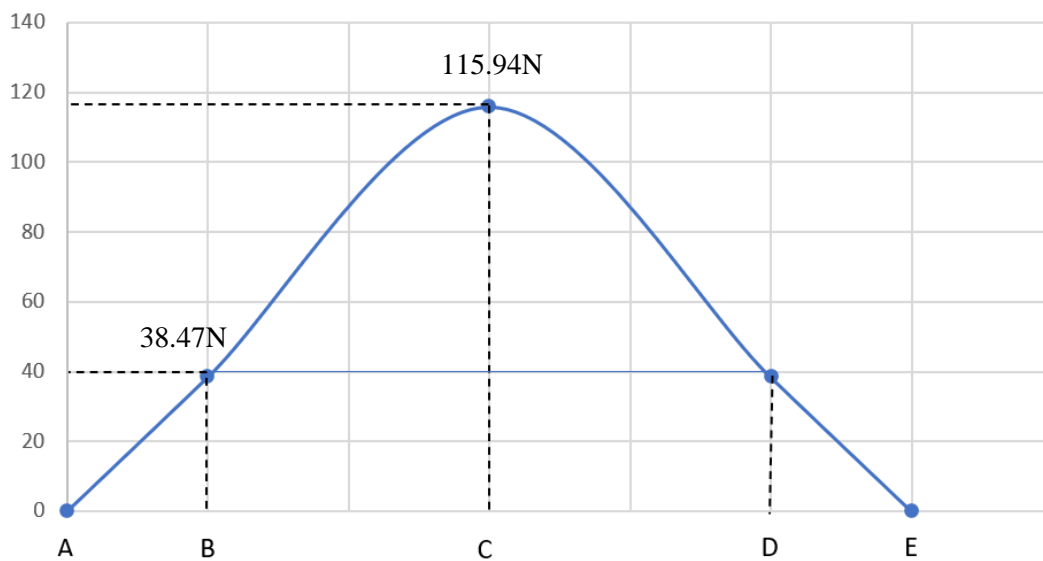
Se obtiene el diagrama de esfuerzo cortante aplicado al eje en la Figura 14.





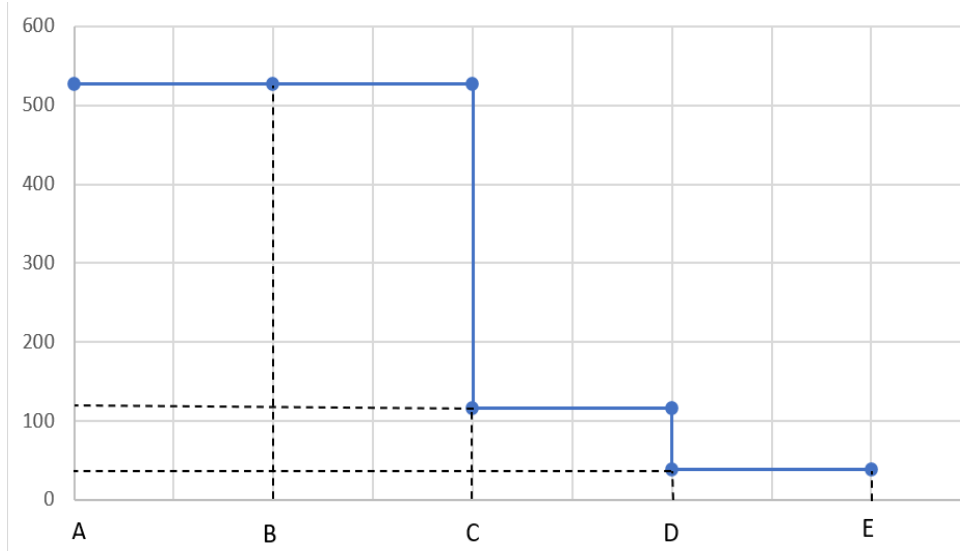
**Figura 14.** Esfuerzo cortante.

Se obtiene el diagrama de Momento flector aplicado al eje en la Figura 15.



**Figura 15.** Momento flector.

Se obtiene el diagrama de torsión aplicado al eje en la Figura 16.



**Figura 16.** Diagrama de torsión.

Se realiza la sumatoria de momentos con el fin de calcular el momento máximo.

$$\sum max = 0$$

$$Mmax = A1 + A2$$

Por método de secciones se obtiene que.

$$A1 = b * h$$

$$A1 = 527 * 0,073 = 38,471$$

$$A2 = \frac{b * h}{2}$$

$$A2 = \frac{527 * 0,294}{2}$$

$$A2 = 77,499$$

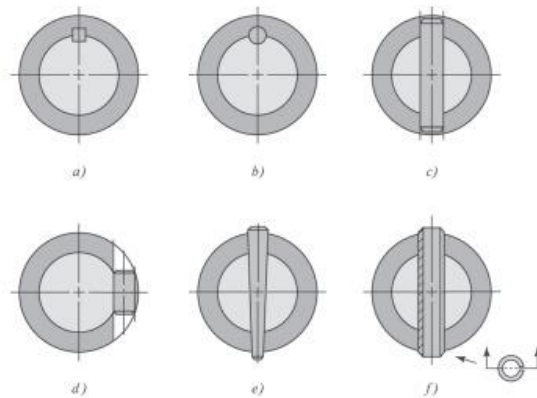
La sumatoria de momento máximo es.

$$\sum Mmax = 38,471 + 77,499$$

$$\sum Mmax = 115,94 \text{ N}$$

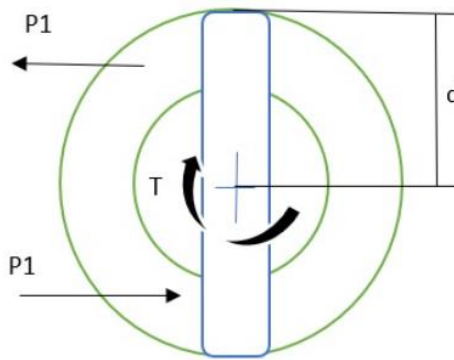
El punto C presenta mayor concentrador de esfuerzos con un momento máximo de 115.94 N con este valor se diseña el eje, debido a que el tratamiento térmico de este diseño es mecanizado el esfuerzo máximo del acero AISI 1045 según [20] es 530 MPa.

En la Figura 17 se puede visualizar los tipos de pasadores, para este diseño se va a realizar el esfuerzo cortante en la opción de pasador C.



**Figura 17.** Tipos de pasadores.

Se realiza una sumatoria de momentos aplicados por el eje como se muestra en la Figura 18.



**Figura 18.** Pasador elegido para el diseño.

Sumatoria de momentos en el pasador.

$$\sum max = 0$$

$$2 * P1 * d - T = 0$$

$$P1 = \frac{1.6 Nm}{2(0.008 m)} = 26.66 N$$

Con este dato se calcula el esfuerzo cortante con la ecuación 9.

$$\tau = \frac{V}{A} \quad (9)$$

Donde:

$\tau$ : esfuerzo cortante [N/m<sup>2</sup>]

V: fuerza cortante [N]

A: área de concentrador de esfuerzo [m<sup>2</sup>]

$$\tau = \frac{P1}{A} = \frac{26.66 N}{\frac{\pi}{4} (0.008)^2}$$

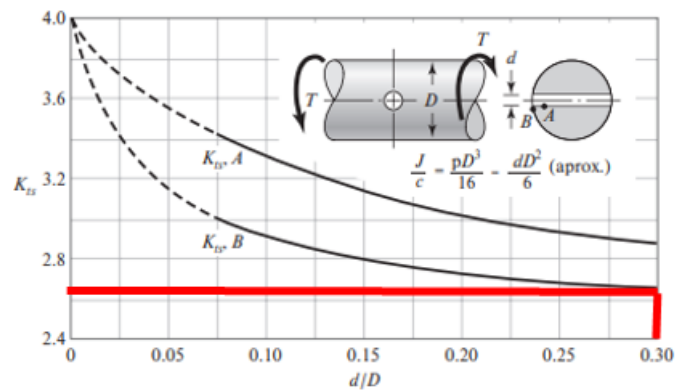
$$\tau = 530383 N/m^2$$

$$\tau = 0.53 MPa$$

Factor de seguridad

$$F.s = \frac{225 MPa}{0.53 MPa} = 2,2$$

Para determinar el valor factor de concentración de fuerzas se realizó una relación de diámetros con el fin de encontrar mediante la curva el valor aproximado para el diseño. Para encontrar el  $k_t$  correcto es necesario identificar las fuerzas que están interactuando, en este el pasador interactúa con las fuerzas por torsión como se mira en la Figura 19.



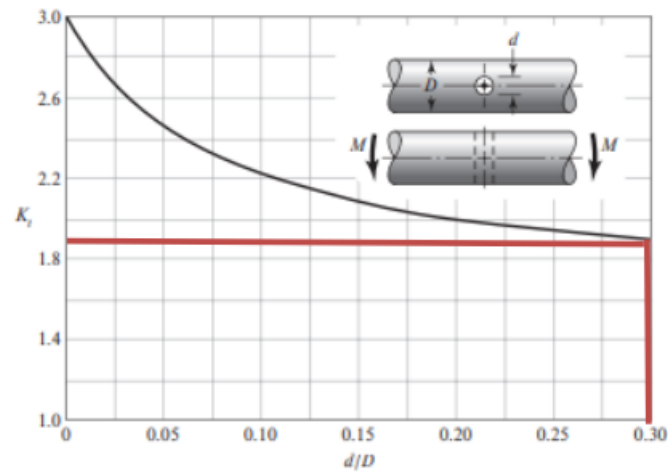
**Figura 19.** Concentrador de esfuerzos del pasador.

$$k_t = \frac{8}{20}$$

$$k_t = 0.4$$

$$k_t = 2.7$$

Para calcular el factor de concentración de esfuerzos se realiza una relación de diámetros  $k_t$  en este caso se identificó el rodillo con un momento al mismo sentido como se mira en la Figura 20.



**Figura 20.** Factor de concentración a torsión de esfuerzos  $k_t$ .

$$k_t = \frac{8}{20}$$

$$k_t = 0.4$$

$$k_t = 1.9$$

Para calcular el esfuerzo admisible se calcula con la siguiente ecuación.

$$\sigma_{adm} = \frac{530 \times 10^6}{\frac{1,9 * 2,7}{2}}$$

$$\sigma_{adm} = \frac{530 \times 10^6}{\frac{1,9 * 2,7}{2}}$$

$$\sigma_{adm} = 469 \times 10^6 \text{ Pa}$$

En la ecuación de la teoría de la energía de distorsión [19] se calcula el diámetro requerido con la ecuación 10.

$$C = \left[ \frac{4}{\pi^2 (\sigma_{adm})} * 4(M)^2 + 3(T)^2 \right] \quad (10)$$

Donde:

C: radio [m]

$\sigma_{adm}$ : esfuerzo admisible [Pa]

M: momento flector máximo [Nm]

T: torque [Nm]

$$C = \left[ \frac{4}{\pi^2 (469 \times 10^6)} * 4(115,94)^2 + 3(0,81)^2 \right]$$

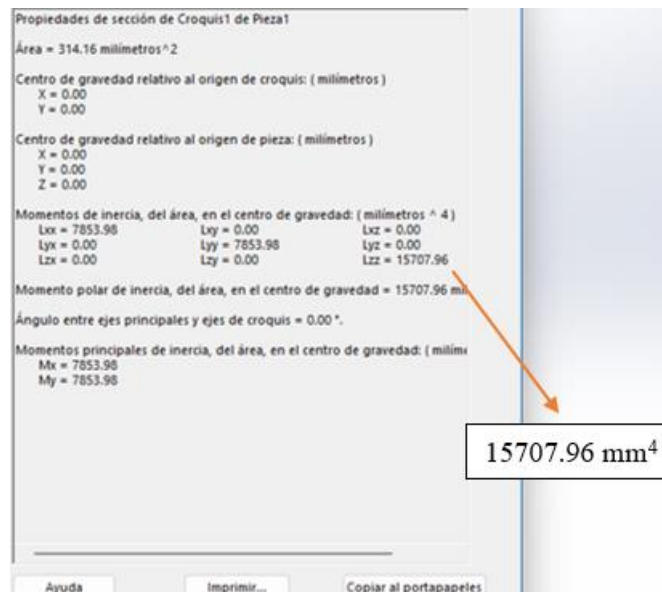
$$C = 9,7 \times 10^{-3} * 100$$

$$C = 9,7 \text{ mm}$$

$$\varnothing = 20 \text{ mm}$$

Mediante el diseño del eje podemos concluir que el diámetro apropiado para el eje es igual a 20 mm y la perforación proporcional a este diámetro según el esfuerzo del material y el torque calculado es de 8 mm con el fin de evitar fallas. Debido a que el eje trabaja a bajas rpm no se considera necesario calcular fatiga en el mismo según el anexo 4 [19].

Para determinar el esfuerzo de Von Mises es necesario conocer la inercia en el área transversal del eje para ello se utiliza el software SolidWorks como se muestra en la Figura 21.



**Figura 21.** Inercia transversal del eje.

Con este valor se obtiene Von Mises con la ecuación 11:

$$\sigma = \frac{M * y}{I} \quad (11)$$

Donde:

M: momento flector [Nm]

Y: centro de masa [kg]

I: inercia [mm<sup>4</sup>]

$$\sigma = \frac{115,95 \text{ Nm} * 0,01 \text{ m}}{1,570 \times 10^{-8} \text{ mm}^4}$$
$$\sigma = 73847133,75 \text{ m}^4$$

Dando como resulta teórico un esfuerzo de 73847133,75 mm<sup>4</sup> en Von Mises

A continuación, se determinó el desplazamiento del eje mediante la ecuación 12.

$$\delta c = \frac{W}{24 * E * I} (X^4 - 2 * L * X^3 + L^3 X) \quad (12)$$

Donde:

$\delta c$ : desplazamiento [mm]

E: módulo de elasticidad [Pa]

W: carga [N]

I: sección transversal [mm<sup>4</sup>]

X: longitud sobre dos [mm]

L: longitud [mm]

Reemplazando obtenemos.

$$\delta c = \frac{1054 \frac{N}{m}}{24 * \frac{2 \times 10^{11} N}{m} * 1,570 \times 10^{-8}} (0,30^4 - 2(0,60 * 0,30^3) + (0,60^3)(0,30))$$

$$\delta c = 0,273 \text{ mm}$$

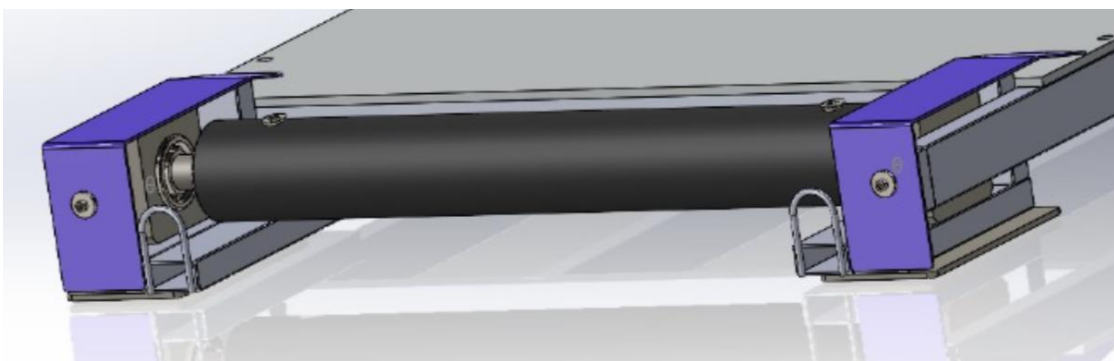
Por lo tanto, el eje tendrá una deflexión aproximada de 0.273 mm manteniendo dentro de los parámetros correctos de Von Mises en el capítulo 4 en la sección deformación de eje se puede verificar el análisis de resultados de análisis teórico versus análisis experimental.

### 3.6 Análisis del eje motriz y rodillo

Tomando como guía el libro de “Diseño de elementos de máquinas de Shigley [21], como se indica en el Anexo G se propone usar como eje motriz una barra de acero sólido con un valor de diámetro de 20 mm ya que esta medida es la que satisface los requisitos de resistencia, además de que es compatible con los elementos montados sobre este mismo, cuenta con longitud de 588 mm. El material es el AISI 1045 que se utiliza como eje para transmitir movimiento a una banda y posee dos orificios en la parte centrada, destinados a ensamblar una segunda pieza que interactuará directamente con la banda. Las funciones de este eje se rigen por cuatro consideraciones clave, que se pueden visualizar en el siguiente tramo.

- La banda se pone en tensión utilizando un eje de la misma magnitud que el eje motriz en estudio.
- Un perro será colocado sobre la banda y se moverá conforme la banda avanza.
- Se fijará el eje utilizando dos soportes hechos de nylon, escogidos de acuerdo con el diámetro del eje y dos rodamientos que se integrarán a la estructura.
- Los dos ejes, junto con la banda estarán hundidos en agua a una profundidad permitida de 0,7 m.

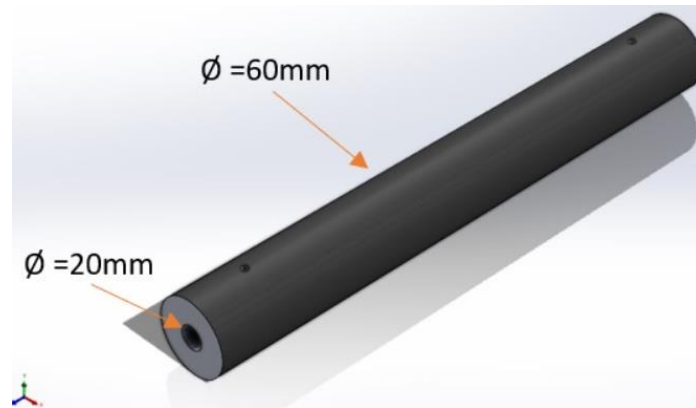
El diámetro del rodillo se determina con el objetivo de evitar el desgaste por fricción entre la banda y la base de la estructura se calcula el diámetro del rodillo sumando el espesor de la lámina de acrílico con el perfil rectangular dejando 14 mm como se muestra en la Figura 22.



**Figura 22.** Diseño de rodillo.

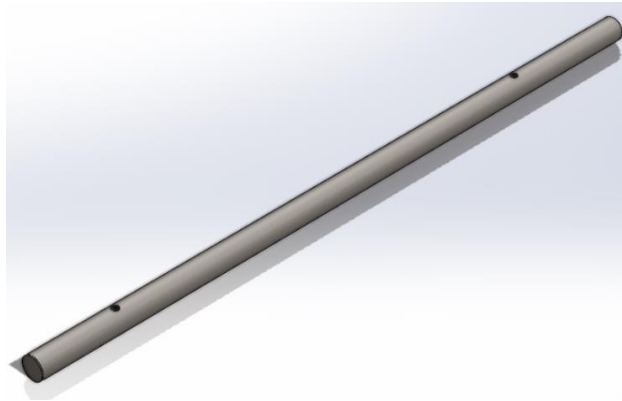
La suma del acrílico y el perfil rectangular es igual a 46 mm más 14 mm nos da un diámetro de 60 mm para el rodillo.





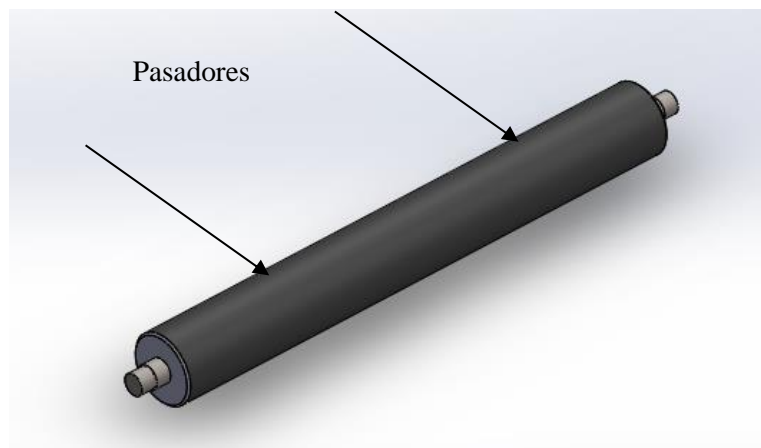
**Figura 23.** Rodillo de Nylon.

Los orificios transversales del eje motriz, que atraviesan de lado a lado, poseen un diámetro de 8 mm, como se puede verificar en la Figura 23.



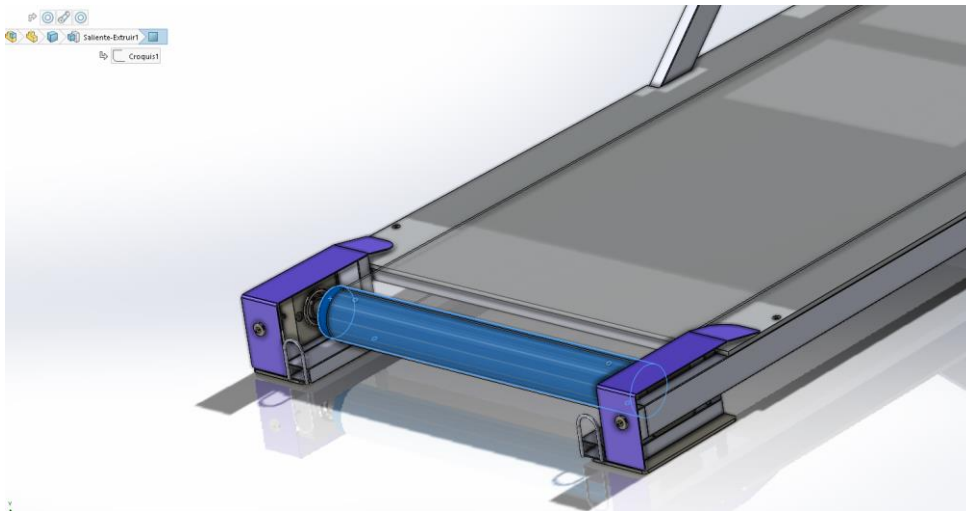
**Figura 24.** eje de acero con perforaciones de 8 mm.

La Figura 25 presenta la configuración del ensamblaje.



**Figura 25.** Ensamble del eje acoplado al rodillo.

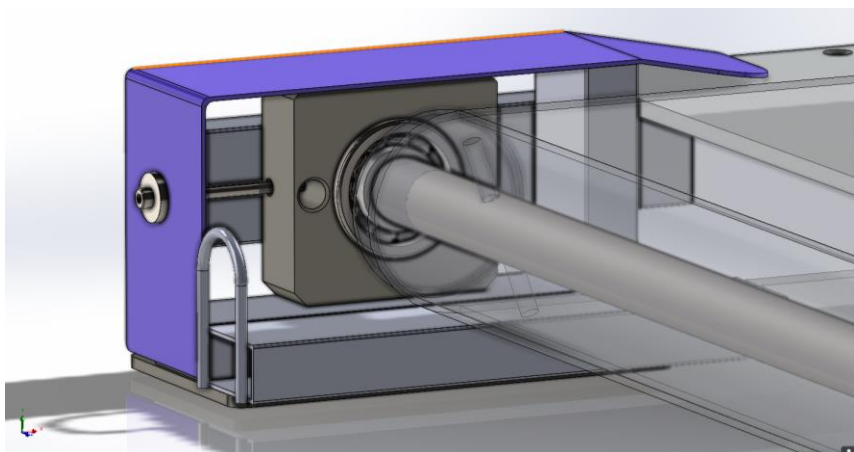
También partiendo del diseño del rodillo principal se diseñó el rodillo tensor de la banda como se puede verificar en la Figura 26. Este ajuste es esencial para el funcionamiento de la caminadora ya que una banda suelta puede resbalar o desalinearse, mientras que una tensa puede causar desgaste en la banda y en el motor de la caminadora. Mantener la tensión adecuada es parte importante del mantenimiento regular de este tipo de equipo.



**Figura 26.** Rodillo tensor.

El mecanismo es un sistema simple que se utiliza en las caminadoras para tensar la banda, se llama "sistema de tensión de la banda" o "mecanismo de ajuste de tensión" [19]. Este sistema consiste en un rodillo ajustable situado en uno de los extremos de la caminadora.

Al ajustar estos rodillos manualmente, se puede incrementar o disminuir la tensión de la banda como se puede verificar en la Figura 27.



**Figura 27.** Tensión de la banda.

Una vez expuestos los cálculos analíticos se describen los distintos componentes del sistema que impulsan el movimiento del eje motriz, como de la cinta, se calcula el torque y la potencia necesaria. Todo esto basado en el libro de “Shigley”[21].

### 3.7 Evaluación de torque y potencia necesarios para la rotación de la banda

A partir de los requisitos especificados por el libro de “Shigley” [19] y la investigación realizada, se determina que el rango de velocidad oscila entre (0.08 m/s; 3.33 m/s).

Basándose en la velocidad angular calculada con la Ecuación 13, se establece el siguiente valor para el desplazamiento de la cinta.

$$w = \frac{v}{r} \quad (13)$$

Donde:

w: velocidad angular [ $\frac{\text{rad}}{\text{s}}$ ]

v: velocidad lineal [ $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ ]

r: radio del rodillo [m]

$$w = \frac{3.33 \text{ m/s}}{0,030 \text{ m}}$$

$$w = 111 \frac{\text{rad}}{\text{s}} * \frac{1 \text{ rev}}{2 \pi \text{ rad}} * \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = 1060 \text{ rpm}$$

El torque y la velocidad angular ya han sido determinados anteriormente, por lo tanto, la potencia requerida se calcula con la ecuación 14.

$$\text{Pot} = T * w \quad (14)$$

Pot: potencia [w]

T: torque [Nm]

w: velocidad angular [ $\frac{\text{rad}}{\text{s}}$ ]

$$Pot = 1.64 \text{ Nm} * 111 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$Pot = 182.04 \text{ w}$$

$$Pot = 182 \text{ w} * \frac{1 \text{ hp}}{745.7 \text{ w}} = 0.24 \approx \frac{1}{2} \text{ hp}$$

### 3.8 Selección de motor eléctrico

Se ha escogido un motor de la marca Hércules ver Figura 28 considerando sus especificaciones requeridas para el correcto funcionamiento de la caminadora de hidroterapia. La selección de un motor eléctrico Hércules de 1/2 hp con un rendimiento del 80 % para el proyecto de hidroterapia canina puede justificarse por varios factores técnicos y de diseño.



Figura 28. Motor eléctrico marca Hércules de 1/2 hp, [22].

Potencia de 1/2 hp: esta potencia es adecuada para manejar las cargas requeridas por el equipo, proporcionando el torque y la velocidad necesarios para el funcionamiento eficiente de la caminadora [22].

1800 rpm: esta velocidad de rotación es suficiente para lograr el rendimiento deseado del equipo, asegurando que la caminadora funcione a la velocidad óptima para la terapia canina[22].

Estos aspectos justifican la selección del motor Hércules en términos de rendimiento, eficiencia, adecuación al diseño y requerimientos del equipo de hidroterapia.

### 3.9 Diseño de polea motriz y conducida

Para el diseño de poleas es necesario conocer la potencia y las revoluciones por minuto del motor en este diseño se tiene un motor de 1/2 hp a 1800 rpm.

Según el catálogo Intermecc anexo 5. Se obtiene un diámetro motriz de 60 mm.

La relación de transmisión calcula con la ecuación 15.

$$i = \frac{Nc}{Nm} = \frac{Dm}{Dc} < 1 \quad (15)$$

Donde:

i: relación de transmisión

Nc: velocidad de la polea conducida[rpm].

Nm: velocidad de la polea motriz [rpm].

Dm: diámetro motriz [mm].

Dc: diámetro conducido [mm].

$$i = \frac{1060}{1800} = 1,6$$

Dándonos como resultado un valor adimensional de 1,6 que usaremos en el siguiente paso para determinar el diámetro primitivo con la siguiente ecuación 16.

$$D = i * Dm \quad (16)$$

Donde:

I: relación de transmisión

Dm: diámetro de la polea motriz [mm].

$$D = 1,6 * 60 \text{ mm}$$

$$D = 96 \text{ mm}$$

Para determinar el perfil de la polea es necesario identificar el tipo de maquinaria a la cual va a estar sujeta la banda y su funcionalidad este diseño se lo puede considerar como transportador de trabajo ligero y de servicio intermitente ver Anexo 7 factor de servicio el cual se da con la siguiente ecuación 17.

$$F_s = Pot * 1.1 \quad (17)$$

$$F_s = 1 \text{ hp} * 1.1$$

$$F_s = 1.1$$

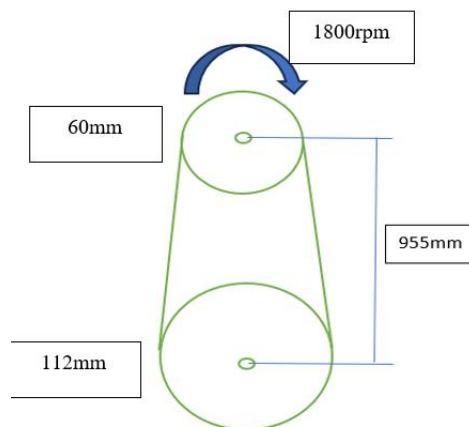
En el anexo 6 se aprecia la relación entre la potencia de diseño por el factor de servicio y el rpm del eje más lento marcando el área de selección una correa tipo v.

Para analizar el número de costillas para la transmisión de potencia es necesario relacionar el diámetro de la polea motriz con las revoluciones por minuto del motor lo cual según el anexo 7 se obtiene una relación de potencia de 1.09 lo cual define el número de costillas para nuestro diseño que cuenta con un motor de 1hp según la relación potencia necesita una polea motriz de 60 mm con 1 costilla tipo v como se muestra en la Figura 29, ver Anexo 8.



**Figura 29.** Correa seleccionada tipo v.

Para determinar la longitud de la banda se utiliza la relación de diámetros con los datos de la Figura 30.



**Figura 30.** Relación de diámetros.

Para calcular la longitud de la banda se utiliza la ecuación 18 considerando que son diámetros diferentes y es un sistema de reducción.

$$Lb = 2a + \frac{\pi}{2}(D + d) + \frac{(D - d)^2}{4a} \quad (18)$$

Donde:

Lb: longitud de la banda de transmisión [mm].

a: distancia entre poleas [mm].

D: diámetro mayor [mm].

d: diámetro menor [mm].

$$Lb = 2(955 \text{ mm}) + \frac{\pi}{2}(96 \text{ mm} + 60 \text{ mm}) + \frac{(96 \text{ mm} - 60 \text{ mm})^2}{4(955 \text{ mm})}$$

$$Lb = 2155.38 \text{ mm}$$

La longitud de la banda para transmisión de movimiento de polea motriz a polea conducida es de 2180.88 mm.

La relación de transmisión calcula con la ecuación 19.

$$i = \frac{Nc}{Nm} = \frac{Dm}{Dc} < 1 \quad (19)$$

Donde:

i: relación de transmisión

Nc: velocidad de la polea conducida [rpm].

Nm: velocidad de la polea motriz [rpm].

Dm: diámetro motriz [mm].

Dc: diámetro conducido[mm].

$$i = \frac{Nc}{Nm} = \frac{Dm}{Dc}$$

$$i = \frac{Dm}{Dc} = \frac{60 \text{ mm}}{96 \text{ mm}} = 0.6 = 1:2$$

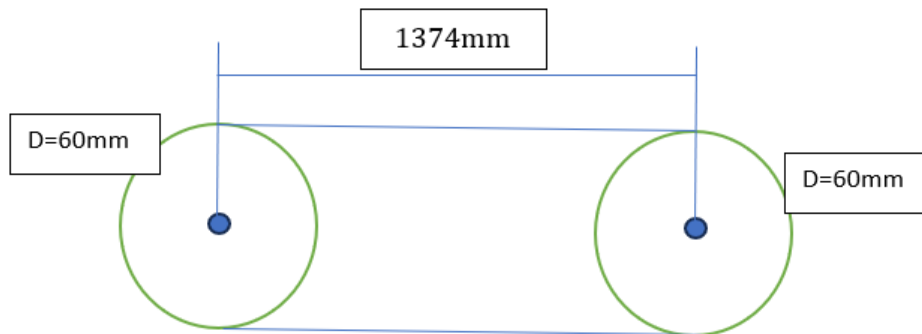
$$Nm * Dm = Nc * Dc$$

$$1800 \text{ rpm} * 60 \text{ mm} = Nc * 112 \text{ mm}$$

$$N_c = \frac{1060 \text{ rpm} * 60 \text{ mm}}{96 \text{ mm}} = 964 \text{ rpm}$$

Con estos datos se determina que la relación de transmisión de la polea de transmisión a la polea de conducida es de 1:2 y la velocidad de giro de la polea conducida es de 964 rpm.

Para determinar la longitud de la banda donde estará situada la carga se obtiene de la siguiente ecuación considerando que los rodillos son del mismo diámetro Figura 31.



**Figura 31.** Distancia de rodillo a rodillo.

$$L_b = 2x + \pi D$$

Donde:

Lb: longitud de la banda [mm]

X: distancia de rodillo a rodillo [mm]

D: diámetro[mm]

Reemplazando se tiene.

$$L_b = 2(1374 \text{ mm}) + \pi(60 \text{ mm})$$

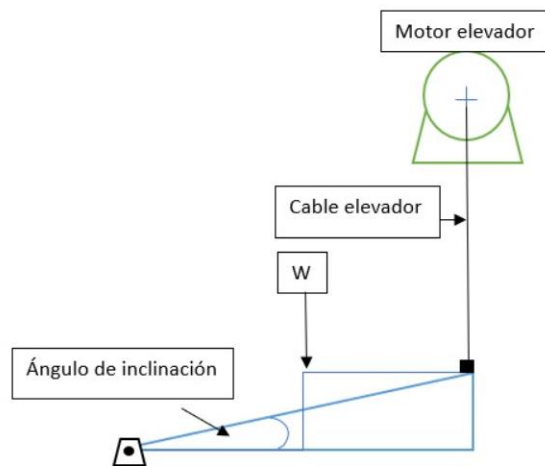
$$L_b = 2936.5 \text{ mm}$$

La longitud de la banda que se necesita de rodillo a rodillo es de 2936.5 mm

### 3.10 Sistema de elevación de la caminadora

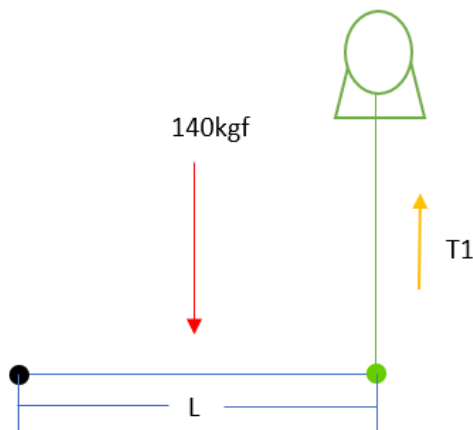
Se realiza un diagrama del sistema de elevación en el que se identifica los elementos necesarios para poder dar una inclinación simulando una pendiente en la cual el can pueda rehabilitarse según el tratamiento como se muestra en la Figura 32.





**Figura 32.** Sistema de elevación vista lateral

Para calcular la tensión a la cual estará sometida el cable de elevación se realiza una sumatoria de momentos según la Figura 33.



**Figura 33.** Diagrama de cuerpo libre del sistema de elevación vista lateral.

Donde:

$$\sum M_o = 0$$

$$140 \text{ kgf} * \frac{L}{2} = T1 * L$$

$$T1 = \frac{140 \text{ kgf}}{2} = 70 \text{ kgf}$$

Para calcular la tensión en N se realiza una conversión de unidades.

$$70 \text{ kgf} * \frac{9.8 \text{ N}}{1 \text{ kgf}} = 686 \text{ N}$$

Ya conocida la tensión se procede a calcular el torque con la siguiente ecuación 20.

$$T = F * \frac{D}{2} \quad (20)$$

Donde:

T: torque [Nm]

F: fuerza [N]

D: diámetro [m]

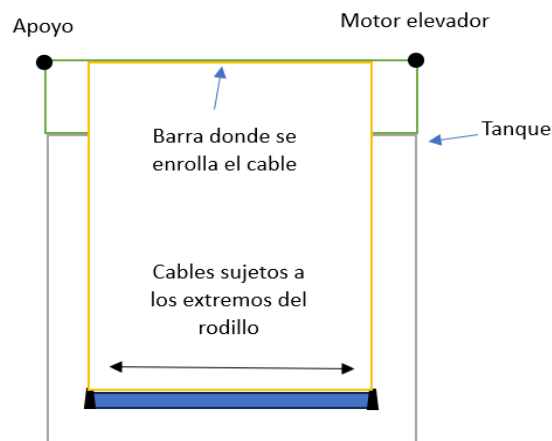
Reemplazando la siguiente ecuación.

$$T = 686 \text{ N} * \frac{0.06}{2}$$

$$T = 20.58 \text{ Nm}$$

$$T = 10.29 \text{ Nm}$$

Una vez encontrado el torque lo dividimos entre dos ya que son dos cuerdas las que sujetarían los extremos del rodillo que se va a elevar con el fin de que no exista pérdida de equilibrio como se muestra en la Figura 34.



**Figura 34.** Equilibrio de elevación vista frontal.

Una vez conocido el torque se puede calcular la potencia con la ecuación 21.

$$Pot = \frac{T}{t} \quad (21)$$

Donde:

Pot: potencia [W]

T: trabajo [Nm]

t: tiempo [s]

Reemplazando obtenemos.

$$Pot = \frac{10.29 Nm}{6.5 s}$$

$$Pot = 1.58 W$$

Para seleccionar el motor se realizó la conversión.

$$1.58 W * \frac{1 hp}{745 W} = 0.2 hp \approx \frac{1}{2} hp$$

El motor que se requiere para este diseño es de ½ hp.

Para conocer las revoluciones por minuto que requiere el sistema se calcula con la ecuación 22.

$$Pot = W * T \quad (22)$$

Donde:

Pot: potencia [w]

T: torque [Nm]

W: velocidad angular [ $\frac{rad}{s}$ ]

Reemplazando se obtiene.

$$1.58 = W * 10.29$$

$$W = \frac{1.58}{10.29}$$

$$W = 0.1535 \frac{rad}{s}$$

Para encontrar las revoluciones por minuto se realizó una conversión de unidades.

$$0.1535 \left( \frac{1}{2\pi} \right) \left( \frac{60}{1} \right) = 1.46 rpm$$

### 3.11 Selección del motor para la elevación de la caminadora

El motor Bosch F 006 WM0 310 ha sido seleccionado para el sistema de elevación de la caminadora de hidroterapia. En el Anexo 9, se visualizan las características del motor seleccionado.



**Figura 35.** Motor Bosch.

Potencia: el motor Bosch modelo: F 006 WM0 310 ofrece una potencia nominal de 46 W, lo que proporciona una potencia adecuada para la aplicación de elevación en la caminadora.

Torque y capacidad de elevación: con un torque nominal de 11 Nm y un torque de despegue de 48 Nm, este motor es capaz de manejar las demandas de elevación asociadas con el sistema de la caminadora de hidroterapia. Esta capacidad de torque garantiza una elevación segura y controlada.

Diseño compacto y peso ligero: con un peso de aproximadamente de 1.10 kg, el motor Bosch es ligero y compacto, facilitando su integración en el diseño general del sistema de elevación sin comprometer la capacidad de elevación.

Para este motor es necesario considerar un aumento de torque y disminuir la velocidad ya que puede causar inestabilidad al paciente debido a la inclinación repentina, esta relación se puede recomendar una relación de piñones de 5:1 en base al torque entregado por el motor versus el torque requerido.

### **3.12 Selección del cable para el sistema de elevación**

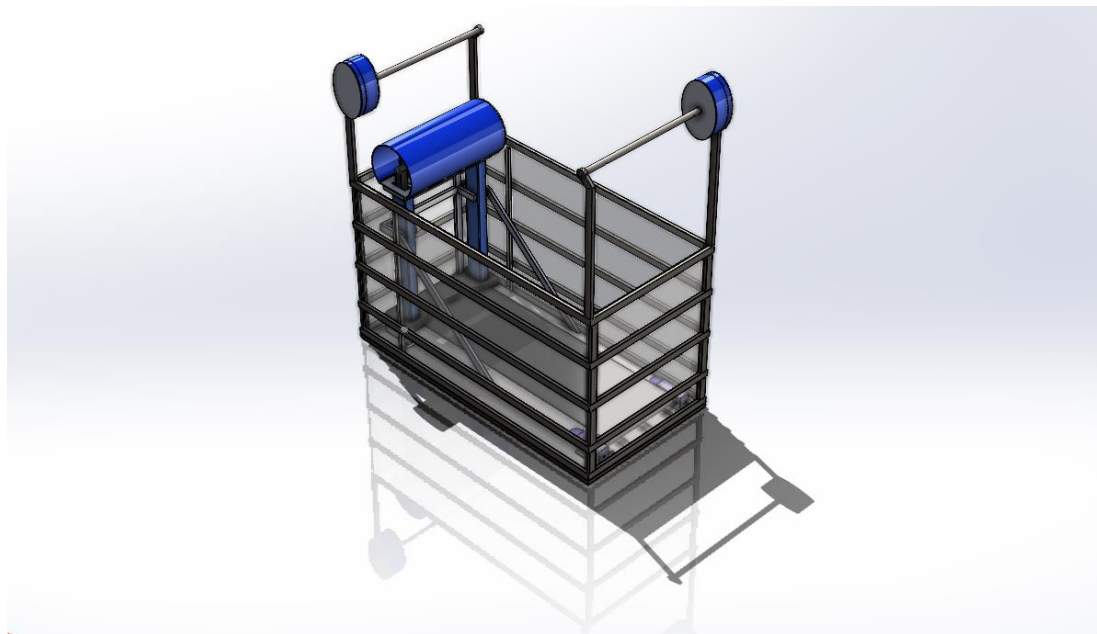
Para seleccionar el cable se necesita considerar que la maquina está diseñada para soportar una carga de 100 kg más el peso del mecanismo que es 40 kg en total el cable debe soportar un peso de 140 kg. En la Figura 36 se puede verificar que el cable de acero inoxidable de 4 mm soporta una carga de 918 kg el cual satisface la necesidad y brinda al operador y al paciente la certeza de que no fallará en ninguna circunstancia.

Código	Diámetro (mm)	Carga de rotura mínima	
		(kN)	(kp)
911020	2	2,25	229
911030	3	5,06	516
911040	4	9,00	918
911050	5	14,07	1434
911060	6	20,26	2065
911070	7	29,5	3010
911080	8	38,53	3930

**Figura 36.** Espesores del cable de hacer inoxidable AISI 316, [6].

## CAPÍTULO IV

### SIMULACIÓN Y RESULTADOS DEL EQUIPO PARA HIDROTERAPIA CANINA



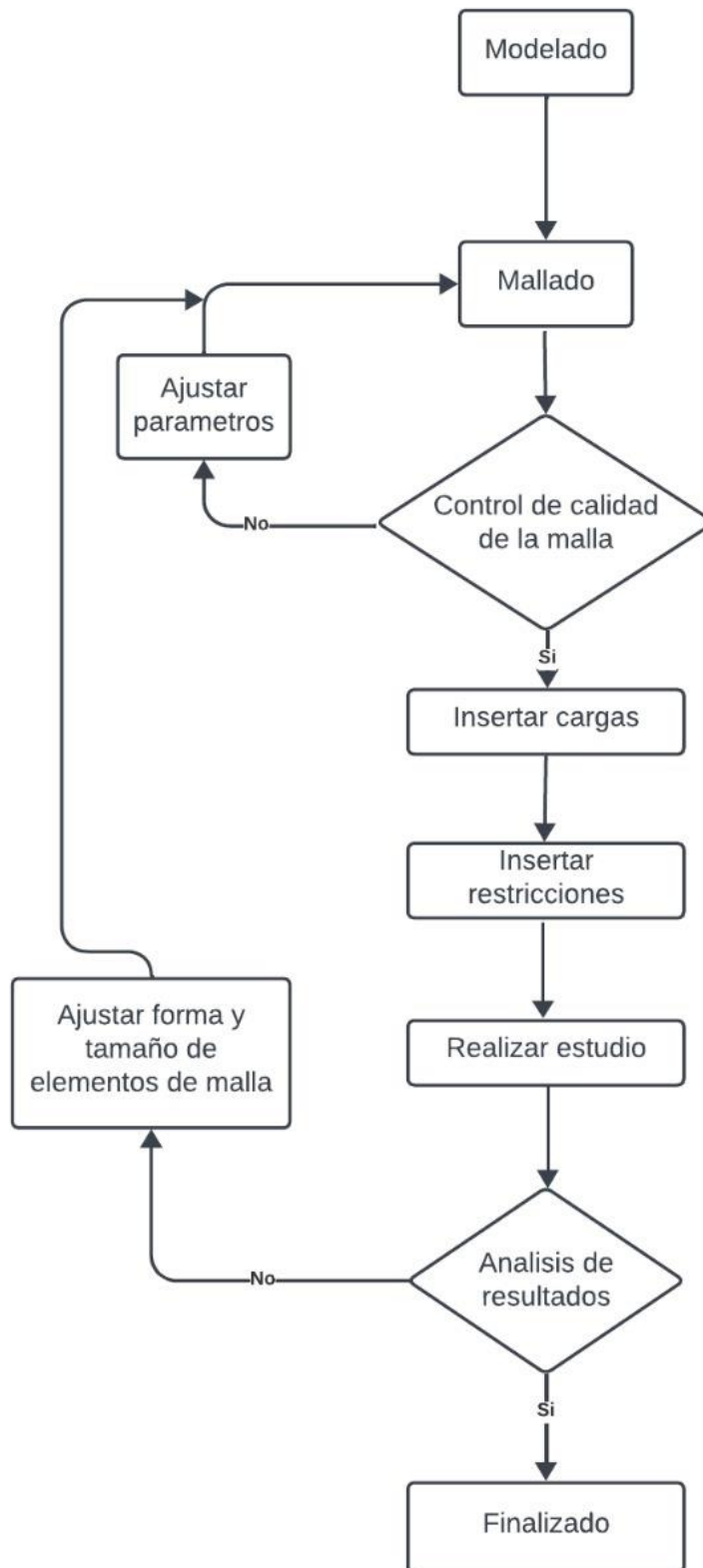
**Figura 37.** Ensamble equipo de hidroterapia canina.

El diseño completo de una caminadora de hidroterapia, que no solo tenga en cuenta aspectos estéticos y materiales, sino también su adaptabilidad dinámica a las variaciones del entorno. En este contexto, la validación del mecanismo de funcionamiento adquiere una importancia crucial, centrándose especialmente en la simulación mecánica con SolidWorks.

La utilización de SolidWorks permite llevar a cabo simulaciones mecánicas detalladas, representando el comportamiento del mecanismo de la caminadora. Esta simulación no solo prevé el rendimiento en situaciones del mundo real, sino que también facilita la optimización del diseño antes de su implementación física. Este software especializado en modelado 3D posibilitará una visualización integral de la integración de la caminadora de hidroterapia en su entorno, considerando factores estéticos y funcionales.

#### **4.1 Análisis estático del eje motriz**

A continuación, en la Figura 38 se puede observar un diagrama de flujo que nos ayudará a entender de manera clara el proceso que se llevará a cabo.



**Figura 38.** Diagrama de flujo del proceso de simulación.

## 4.2 Modelado

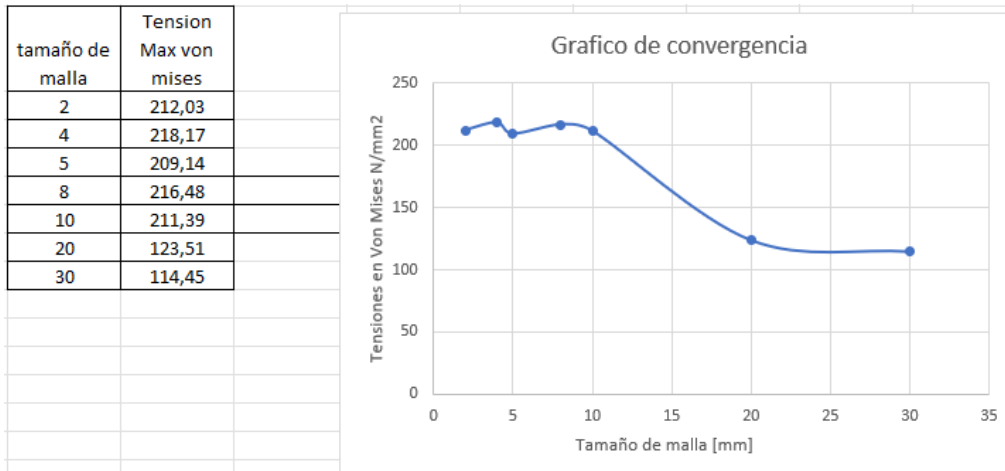
El modelado de eje motriz que se presenta a continuación en la Figura 39 que posibilita la visualización, el análisis y la simulación del comportamiento en un entorno virtual.



**Figura 39.** Eje Motriz.

## 4.3 Mallado

Para el mallado del eje motriz se utilizan parámetros definidos en la gráfica de tensiones Von Mises versus tamaño de malla como se muestra en la Figura 40.

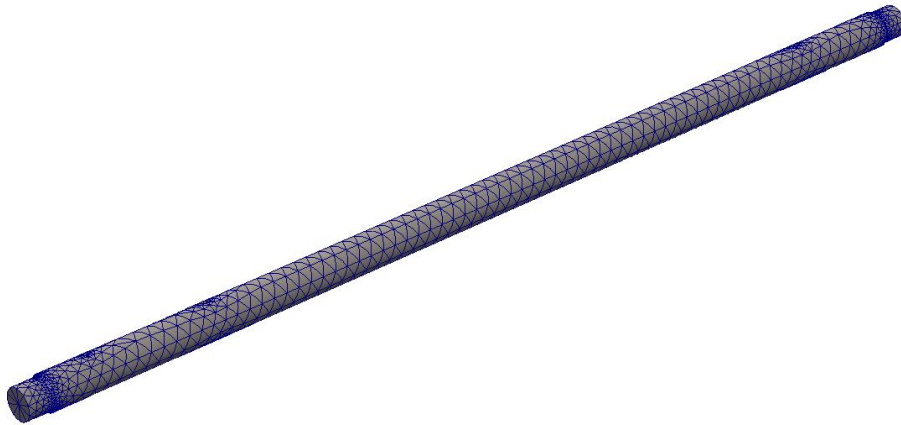


**Figura 40.** Convergencia de malla.



El análisis del gráfico de convergencia revela que la tensión se mantiene constante cuando el tamaño del mallado oscila entre 20 y 30 mm. Por consiguiente, se define este intervalo como el tamaño de malla apropiado.

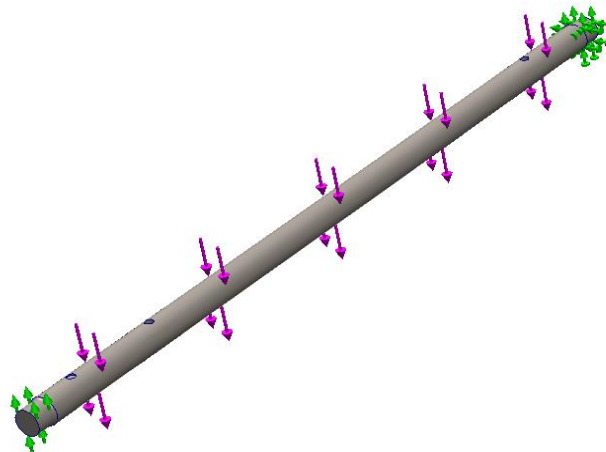
Una vez definido el tamaño de malla se procede a mallar el eje motriz diseñado considerando sus cargas y sujeciones, esta aplicación se aprecia en la Figura 41.



**Figura 41.** Aplicación de malla.

#### 4.4 Cargas aplicadas

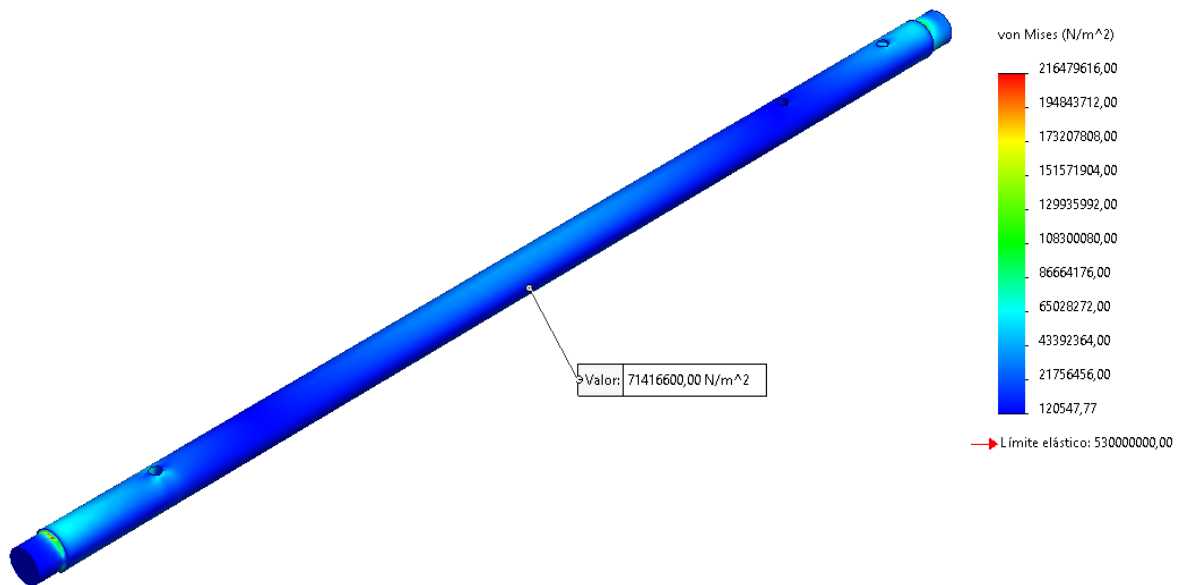
Analíticamente se obtiene que la fuerza distribuida que se aplica a lo largo del eje motriz es de 1054 N, considerando cargas como el peso del can y el peso de la banda como se muestra en la Figura 42.



**Figura 42.** Aplicación de carga distribuida de 1054 N.

#### 4.5 Análisis de resultados

Al realizar la simulación, se determinó que el valor máximo de esfuerzo que tendrá el eje motriz aplicando fuerzas distribuidas es 73847133,75 (N/m<sup>2</sup>) como se puede visualizar en la Figura 43.



**Figura 43.** Esfuerzos obtenidos en el eje motriz.

Al realizar una comparación entre el análisis práctico y teórico, se procede al cálculo del porcentaje de error.

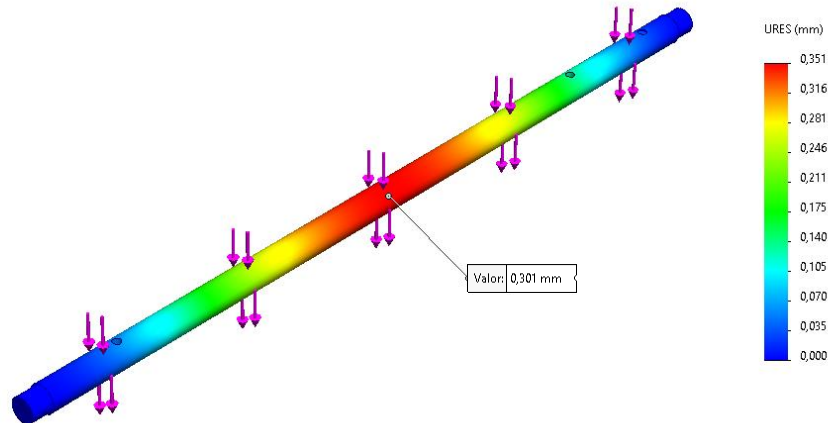
$$E\% = \frac{73847133,75 - 71416600}{73847133,75} * 100$$

$$E\% = 3,29 \%$$

Con base en el valor proporcionado, se puede deducir que la discrepancia entre la evaluación teórica y la aplicación práctica revela un error de diseño del 3,29 %. A pesar de este inconveniente, según se evidencia en la Figura 43, el nivel de esfuerzo se sitúa entre los tonos celeste y azul, indicando que el esfuerzo en el eje motriz se mantiene dentro de un rango aceptable. Este resultado demuestra la idoneidad funcional del sistema frente a las cargas aplicadas.

## 4.6 Desplazamiento

En la simulación estática, se visualiza la deformación en un único punto de un modelo sujeto a condiciones particulares de carga y restricciones. Este parámetro se expresa en milímetros y proporciona una representación de los resultados derivados del diseño, de las propiedades del material empleadas en la simulación como se muestra en la Figura 44.



**Figura 44.** Desplazamientos en el eje.

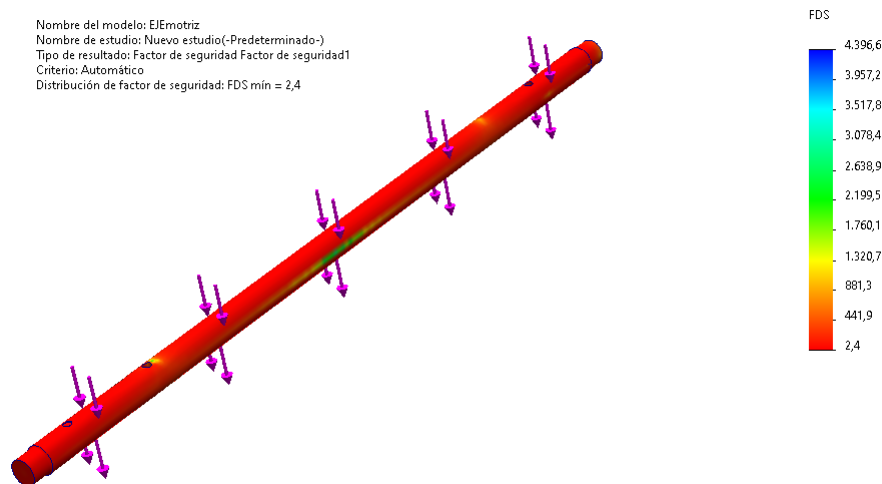
En el análisis de deformación, se detecta una deflexión en el centro del eje motriz que asciende a 0.27 mm. A pesar de esta deformación y de manera análoga a la simulación anterior, se considera apropiada debido a que la mayoría de los indicadores cromáticos se sitúan en la gama entre verde, azul y celeste. Estos tonos sugieren que el eje se encuentra dentro del rango adecuado.

Posteriormente, se lleva a cabo una comparación entre los resultados teóricos calculados en el capítulo 3, elección de material y los resultados experimentales, incluyendo el cálculo del porcentaje de error para verificar la eficacia del diseño.

$$E\% = \frac{0,273 - 0,301}{0,273} * 100$$
$$E\% = 9 \%$$

## 4.7 Factor de seguridad

A continuación, se llevó a cabo la simulación del factor de seguridad del eje motriz, el cual se presenta con un valor adimensional de 2,4, como se exhibe en la Figura 45. Este parámetro proporciona una representación de los resultados obtenidos a partir del diseño y de las propiedades del material aplicadas en la simulación.



**Figura 45.** Factor de seguridad del eje motriz.

A través del método del factor de seguridad de Von Mises, se ha obtenido un valor de 2,4, según las pautas establecidas en el libro de Shigley, un factor de seguridad superior a 1.0 en una ubicación indica que el material presente en esa posición es considerado seguro.

A continuación, se lleva a cabo una comparación entre los resultados teóricos calculados en el capítulo 3 y los resultados experimentales, incluyendo el cálculo del porcentaje de error para verificar la eficacia del diseño.

$$E\% = \frac{2,4 - 2}{12} * 100 \%$$

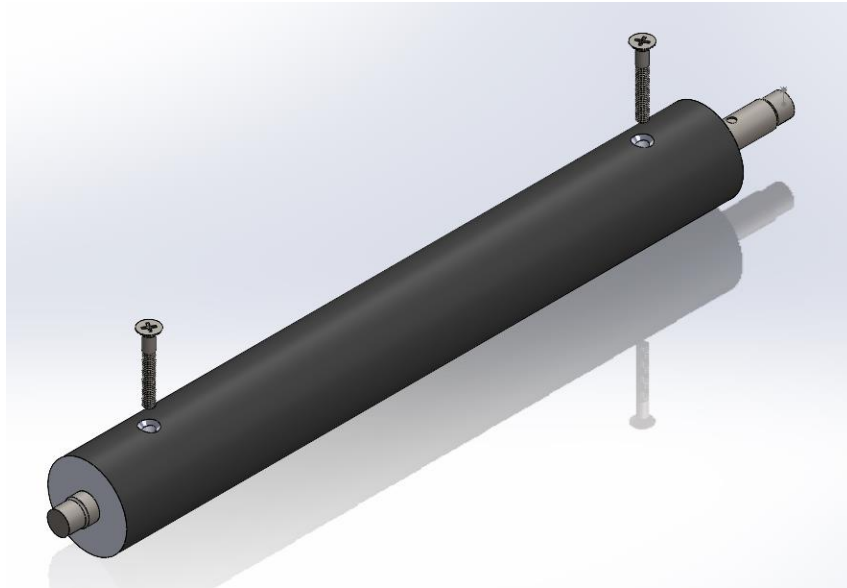
$$E\% = 2,5 \%$$

Al comparar los valores del factor de seguridad se puede verificar que a pesar de las perturbaciones tanto teóricas como prácticas, el diseño del eje es seguro para su uso.

## 4.8 Pernos pasadores

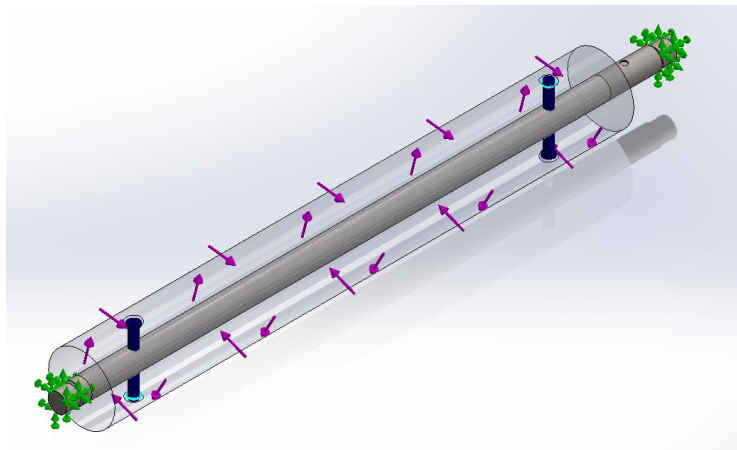
El modelado digital de los pernos pasadores ensamblados en el rodillo y eje que se presenta a continuación en la Figura 46 posibilita la visualización, el análisis y la simulación del

comportamiento en un entorno virtual.



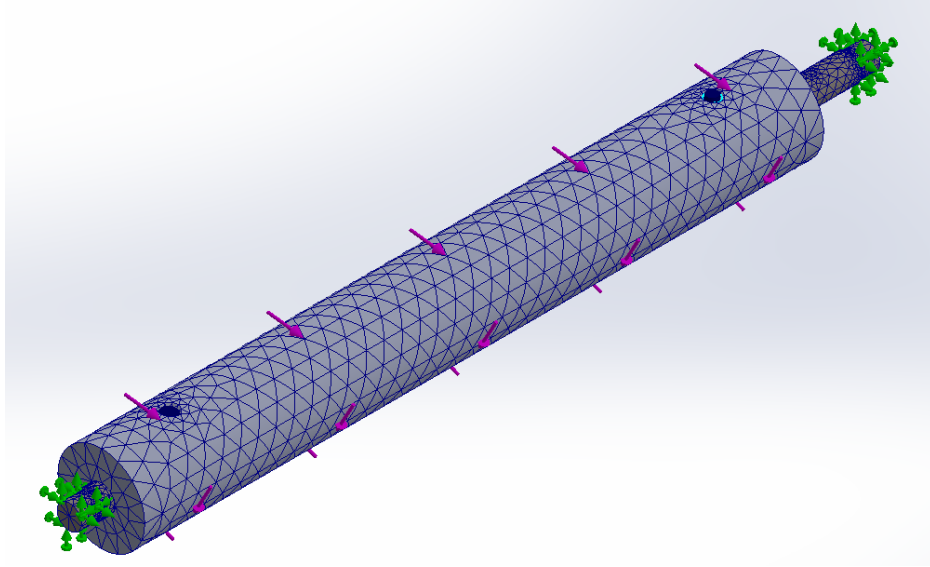
**Figura 46.** Modelado del eje rodillo y pasadores.

Para llevar a cabo la simulación de los esfuerzos cortantes en los pernos pasadores, se inicia restringiendo las sujeciones, seguido por la aplicación del torque de 1,6 N correspondiente a la torsión que experimentarán los pernos pasadores. Esta configuración se encuentra en la Figura 47.



**Figura 47.** Aplicación de cargas externas en torsión.

Considerando que la simulación se realiza en el mismo eje, se utilizan parámetros de la Figura 48, definidos en la gráfica de tensiones Von Mises versus tamaño de malla.



**Figura 48.** Mallado de los componentes.

#### **4.9 Conclusión del capítulo**

En este capítulo, hemos abordado con éxito la tarea de simular el eje motriz para un caminadora de hidroterapia mediante el uso de herramientas de diseño asistido por computadora. El proceso comenzó con un meticuloso diseño y modelado de cada componente, seguido de un ensamblaje virtual para la integración de las piezas. A través del mallado, la aplicación de cargas, se realizó un análisis estático para evaluar la integridad de un elemento esencial.

Los resultados de la simulación han confirmado que los esfuerzos y deformaciones están dentro de los límites seguros, asegurando la funcionalidad y seguridad del equipo.

El factor de seguridad calculado supera el mínimo requerido donde se obtuvo un punto crítico de 2.4 lo que proporciona una confianza adicional en la resistencia y durabilidad del diseño propuesto. Este capítulo cierra con la validación de la elección de materiales y la certeza de que el equipo puede soportar las condiciones operativas, cumpliendo con los objetivos de este proyecto de titulación.

## CAPÍTULO V

### ANÁLISIS ECONÓMICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO PARA HIDROTERAPIA CANINA

#### 5.1 Costos

Una vez realizado el diseño del equipo y definido con todos sus elementos, el siguiente paso es realizar una cotización con precios existentes en el mercado ecuatoriano para así proponer un costo estimado como se puede verificar en la Tabla 11

Tabla 11. Costo estimado de materiales.

N#	Material	Unidades	Precio unitario USD	Precio total USD
1	Tubo rectangular 77x2	5	15.50	77.5
2	Tubo rectangular 205x2	5	15.50	77.5
3	Pancha acrílico negro	2	10	20.00
4	Plancha acrílico negro	2	10	20.00
5	Eje motriz	1	17.50	17.50
6	Eje tensor	1	17.50	17.50
7	Polea	2	2.00	4.00
8	Motor para el eje motriz	1	250.00	254.00
9	Motor de elevación	1	112.00	60.00
<b>Total</b>				<b>588.00</b>

#### 5.2 Costo de fabricación

Para el costo de fabricación del equipo de hidroterapia se debe considerar los diferentes materiales y personal para su construcción como se puede verificar en la Tabla 12.

**Tabla 12.** Costo de fabricación para el equipo de hidroterapia canina.

<b>N#</b>	<b>Material</b>	<b>Unidades</b>	<b>Precio unitario USD</b>	<b>Precio total USD</b>
1	Metalúrgica (mano de obra “días”)	5	30.00	150.00
2	Pernos cabeza de coco (Unidades)	40	0.50	20.00
3	Tuercas (Unidades)	40	0.20	8.00
4	Arandelas (Unidades)	40	0.05	2.00
5	Puntos de Soldadura	12	1.00	12.00
6	Pintura (Galones)	1	17.50	17.50
7	Tinher	1	4.50	4.50
<b>Total</b>				<b>214</b>

### 5.3 Costos directos

Es necesario también relacionar los costos totales para la fabricación del equipo de hidroterapia canina en la Tabla 13 se puede verificar los costos directos para su elaboración.

**Tabla 13.** Costos directos.

<b>N#</b>	<b>Material</b>	<b>Costo total USD</b>
1	Costo estimado de materiales	588.00
2	Costo de fabricación	214.00
<b>Total</b>		<b>802.00</b>



#### 5.4 Costos indirectos

En la Tabla 14 se muestra los costos indirectos o variables que no se pueden agregar en los costos de fabricación del equipo de hidroterapia.

**Tabla 14.** Costos indirectos.

<b>N#</b>	<b>Material</b>	<b>Costo total USD</b>
1	Movilización	30.00
2	Movilización de materiales	50.00
3	Otros	25.00
<b>4</b>	<b>Total</b>	<b>105.00</b>

#### 5.5 Costo total

El costo total de fabricación del equipo para hidroterapia para el centro de rehabilitación y fisioterapia Vet Therapy como se puede verificar en la Tabla 15.

**Tabla 15.** Costo total para el equipo de hidroterapia canina.

<b>Detalle</b>	<b>Costo total USD</b>
Costo directo	802.00
Costo indirecto	105.00
<b>Total</b>	<b>907.00</b>

## CONCLUSIONES

En conclusión, tras un análisis exhaustivo de las opciones para la caminadora de hidroterapia, se seleccionó la alternativa óptima, considerando criterios cuantitativos como eficacia, durabilidad y capacidad para satisfacer las necesidades específicas del centro de rehabilitación Vet Therapy. Además, después de evaluar la presión hidrostática, se decidió utilizar láminas de acrílico de 5 mm de espesor para los paneles del tanque. Aunque la mayor presión se concentra en las juntas, se eligió este material por un factor de seguridad superior a 1, garantizando la integridad estructural del tanque durante las sesiones de hidroterapia. Este enfoque respalda una elección de material segura y eficiente para el diseño del equipo.

La utilización de diversas herramientas de diseño permitió modelar y estructurar la caminadora, optimizando su desempeño, de igual manera asegurando seguridad como comodidad durante las sesiones de hidroterapia para los perros. La simulación estática reveló un factor de seguridad en el eje de 2,5 conforme al criterio de Von Mises y a la vez con la validación mediante simulación, indicando que el eje cumple con los parámetros aceptados para su propósito, así como la carga definida, respaldando así la robustez estructural del diseño y su capacidad para cumplir con las exigencias mecánicas requeridas.

La validación del diseño mediante simulaciones detalladas confirma la robustez y funcionalidad del equipo de la caminadora de hidroterapia canina. La utilización del software SolidWorks permitió evaluar cada elemento, así como también mecanismo en condiciones simuladas, garantizando un rendimiento consistente y confiable del equipo en diversas situaciones. Cabe destacar que la caminadora presenta un rango de velocidad ajustable, variando desde 0,3 hasta 12 km/h, junto con diferentes niveles de inclinación que van desde 0 hasta 30 grados ya que el ángulo máximo donde se perdería la fricción de la banda es de 40°. Esta versatilidad en la configuración del equipo asegura su adaptabilidad a diversas necesidades y condiciones, reforzando su idoneidad para proporcionar sesiones de hidroterapia efectiva.

La evaluación de la factibilidad económica revela que la implementación del equipo de la caminadora de hidroterapia canina es financieramente viable. Los indicadores financieros analizados indican que los beneficios económicos derivados de la utilización del equipo superan los costos asociados, respaldando la toma de decisiones para avanzar con la implementación del proyecto en términos económicos sólidos. Además, cabe destacar que el costo de materiales asciende a 1000 \$, mientras que el precio de venta al público se establece en 8000 \$, generando

una rentabilidad del 30 %, lo cual refuerza la sostenibilidad financiera del proyecto y su capacidad para generar retornos significativos.

## RECOMENDACIONES

Basados en el trabajo realizado se recomienda explorar continuamente la innovación de nuevos materiales con el objetivo de mejorar la eficiencia y reducir costos en el diseño de equipos para la hidroterapia. En este contexto, se seleccionó láminas de acrílico de 5 mm para los paneles del tanque debido a su factor de seguridad superior a 1. No obstante, se sugiere la investigación y prueba de materiales alternativos que puedan ofrecer un rendimiento igualmente fiable, pero con costos más bajos, sin comprometer la integridad estructural. Este enfoque proactivo en la búsqueda de innovación permitirá no solo mantener altos estándares de calidad, sino también optimizar los recursos económicos asociados al desarrollo de equipos para la hidroterapia.

Enfocar esfuerzos en la mejora continua del eje motriz de la caminadora de hidroterapia, considerando la posibilidad de su aplicación no solo para canes, sino también para otros animales o incluso personas. Dada la versatilidad potencial del equipo, se sugiere investigar y desarrollar un eje motriz adaptable como modular que pueda ajustarse eficazmente a diferentes dimensiones, pesos. Esta mejora permitirá ampliar la utilidad de la caminadora, optimizando su rendimiento en diversos contextos de hidroterapia además contribuirá a su viabilidad en aplicaciones más amplias, beneficiando tanto a la comunidad veterinaria como a otros sectores relacionados con la salud y el bienestar animal.

Basados en los resultados se aconseja explorar oportunidades para mejorar los costos de producción y adquisición de materiales al por mayor en el contexto de la implementación de la caminadora de hidroterapia. Dado que la evaluación de la factibilidad económica ha demostrado la viabilidad financiera del proyecto, la búsqueda de eficiencias en los costos puede potenciar aún más los márgenes de rentabilidad. Se sugiere establecer relaciones estratégicas con proveedores para obtener materiales a precios más competitivos y considerar opciones de producción a mayor escala para beneficiarse de economías de escala. Esta iniciativa contribuirá a optimizar la rentabilidad y fortalecer la posición financiera del proyecto, asegurando su sostenibilidad a largo plazo.

Tener en consideración una mejora en la capacidad de inclinación de la caminadora de hidroterapia, ampliando su rango de desplazamiento angular de 0 a 60 grados. La validación del diseño actual mediante simulaciones detalladas respalda la robustez y funcionalidad del equipo, pero una mayor amplitud en la inclinación permitiría una adaptabilidad aún más versátil a las necesidades específicas de la hidroterapia para diferentes perros. Esta expansión en el

rango de inclinación podría ofrecer mayores posibilidades de tratamiento, optimizando así la efectividad del equipo en una variedad de situaciones y beneficiando la terapia canina de manera más integral.

## LISTA DE REFERENCIAS

- [1] Martínez Galicia, “Fisioterapia para rehabilitación en perros: estudio recapitulativo y presentación de casos clínicos,” 2010.
- [2] M. Narváez, “Evaluación de los efectos de raza, peso y edad en el tiempo de recuperación en esterilizaciones de caninos,” 2016.
- [3] National Geographic, “Perros - Fichas de animales en National Geographic,” 2022.
- [4] C. Moya, “Sistema de hidroterapia en el tratamiento de displasia coxofemoral para perros de raza pequeña,” 2020.
- [5] E. D. Padilla, “Aplicaciones de los aceros inoxidable,” 1999.
- [6] L Medina Romero, “Propiedades del acero inoxidable,” 2006.
- [7] J. Medrano, “Mejoramiento de las propiedades mecánicas de las juntas soldadas de aceros inoxidables austeníticos mediante los tratamientos térmicos,” 2006.
- [8] Vaca Ortega, Wilson Henry, Acosta Acosta, and Chistian Javier, “Análisis de soldadura del acero inoxidable martensítico AISI 420 con acero de medio carbono AISI 1045 y bajo carbono AISI 1018 por soldadura SMAW y su influencia en las propiedades mecánicas,” 2020.
- [9] J Herrera Nunez and AA Torres Acosta, “ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL USO DE ACERO GALVANIZADO EN ESTRUCTURAS DE CONCRETO DE PUENTES Y MUELLES DE LA SCT,” 2018.
- [10] JA Fonseca Vega and AH Guamán Campoverde, “Proceso de galvanizado en caliente con recubrimiento de zinc para piezas metálicas,” 2011.
- [11] MN Delpupo, MN Inés, and CA Asmus, “ANÁLISIS TÉRMICO APLICADO AL ESTUDIO DE INGRESO DE HIDRÓGENO EN GALVANIZADO ELECTROLÍTICO.,” 2016.
- [12] RF Contreras, “ESTUDIO DE LA SOLDABILIDAD ENTRE MATERIALES DISÍMILES A6061-T6/ACERO DP900 GALVANIZADO, UNIDOS POR EL PROCESO CMT,” 2018.
- [13] D. Jennifer, “*Diseño y Cálculo de Tanques de almacenamiento.*” Cali, Colombia, 2019.
- [14] “Vista de Diseño estructural de tanques rectangulares y sus aplicaciones.” 2024. [Online]. Available: <https://journals.continental.edu.pe/index.php/ingenium/article/view/440/437>
- [15] Hibbeler, *Dinámica*, 12th ed. 2014.
- [16] J. H.E, “La determinacion de las dimensiones de planchas sometidas a presion hidrostática o a cargas de compresion en su plano y presion hidrostática.” Jan. 1954. [Online]. Available: ontent
- [17] O. Metropolitana, “Reglamento de tenencia y manejo responsable de perros,” 2020.
- [18] “Factor de Seguridad I SafetyCulture.” Jan. 2022. [Online]. Available: <https://safetyculture.com/es/temas/factor-de-seguridad/>
- [19] R. G Budynas, “*Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*”, 9th ed. New York, 2012.
- [20] R. G. Budynas and J. Keith Nisbett, “*Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*,” 2012.
- [21] R. L. Mott Mott, “Diseño de elementos de máquinas Cuarta edición Cuarta edición.” [Online]. Available: [www.pearsoneducacion.net](http://www.pearsoneducacion.net)
- [22] “Motor Eléctrico Monofásico IP55 TEFC MXS 71 2P (3/4 - 3 HP) 4U 60 1F 55 B3D-S-(110-127/220-254).” 2023. [Online]. Available: <https://industriashop.com/products/motor-electrico-monofasico-ip55-tefc-mxs-71-2p-3-4-3-hp-4u-60-1f-55-b3d-s-110-127-220-254?variant=47036773007640>

## ANEXOS

### Anexo 1: Ficha técnica banda transportadora



BV/2 EX 8-0+S10 AS BK 2.5mm

<b>Product information</b>	
Article number	01010398
Standard width	3000 mm
Maximum width	
<b>Construction</b>	
Top face material	PVC
Surface structure	Treadmill
Coating thickness	0.9 mm
Colour	black
Bottom cover face	
Surface structure	Fabric
Colour	white
Tension member material	Polyester fabric
Number of fabric plies	2
<b>Technical data</b>	
Total thickness	2.5 mm
Weight	2.6 kg/m <sup>2</sup>
Force elongation at 1%	8 N/mm
Min. Pulley Ø	40 mm
Friction coefficient of bottom face	0.2
Permissible temperature	-10° C/+80° C
Top face Hardness	80 ShA
Antistatic	✓
<b>Technical data</b>	
Lateral stiffness	✓
Troughable	
Suitable for curves	
Food grade (FG)	
Anti-microbial (AM)	
Heat resistant (HR)	
Fray-less (FL)	
Flame-retardant (FR)	
Energy saving (ES)	✓
Noise development	Low noise
Belt support	Support slider bed
<b>Joining Technical Info</b>	
Joint type	Finger over Finger
Upper platen Temp.	175 ° C
Lower platen Temp.	170 ° C
Curing time	4 min
Pressure	2 Bar

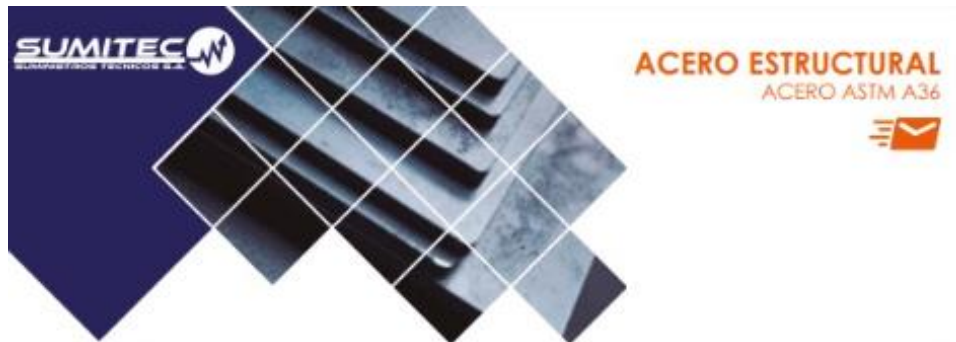
## Anexo 2: Ficha técnica de acrílico

### Propiedades Mecánicas del Acrílico

Propiedad	Norma ASTM	Valor	Unidad
Dureza a la penetración BARCOLL	D-2583	50-52	-
Dureza a la penetración ROCKWELL	D-785	M 100	-
Elongación a la rotura	D-638	2	%
Módulo de elasticidad a la tracción	D-638	30.000-32.000	kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de flexión	D-790	28600	kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de la resistencia a la compresión	D-695	21420	kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia a la abrasión (500 g., 100 ciclos).	D-1044	4	-
Resistencia a la compresión	D-695	1020	kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia a la flexión	D-790	1020	kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia a la tracción	D-638	700	kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia a la tracción a -40° C	D-638	950	kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia a la tracción a +70° C	D-638	350	kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia al choque con probeta sin entallar (CHARPY)	D-256(Met.B)	20-30	kg. cm/cm <sup>2</sup>



## Anexo 3: Ficha técnica acero A36



**1. Descripción:** Acero al carbono estructural conocido como hierro negro, de calidad estructural para el uso en puentes y edificaciones remachadas, atornilladas o soldadas.

**2. Normas involucradas:** ASTM A 36/A 36M - 04

**3. Propiedades mecánicas:** Esfuerzo a la fluencia mínima: 250 MPa (36300 PSI)  
Esfuerzo a la tensión: 400 – 550 MPa (58000 – 79800 PSI)  
Elongación mínima en 50 mm (2"): 23%  
Módulo de elasticidad 200 GPa (29000 KSI)

**4. Propiedades físicas:** Densidad 7.85 g/cm<sup>3</sup> (0.284 lb/in<sup>3</sup>)

**5. Propiedades químicas:** 0.25 – 0.29 % C  
0.60 – 1.20 % Mn  
0.15 – 0.40 % Si  
0.04 % P máx  
0.05 % S máx

**6. Usos:** Para componentes estructurales en general.

**7. Tratamientos térmicos:** Usualmente a este material no se le da tratamiento térmico debido a que son parte estructural. Puede ser cementado para aumentar la dureza superficial mientras mantiene su núcleo tenaz.

**NOTA:**

Los valores expresados en las propiedades mecánicas y físicas corresponden a los valores promedio que se espera cumpla el material. Tales valores son para orientar a aquella persona que debe diseñar o construir algún componente o estructura pero en ningún momento se deben considerar como valores estrictamente exactos para su uso en el diseño.

(506) 2591-7514 ☎

(506) 2551-4169 📠

info.clientes@sumitecrr.com ✉



## Anexo 4: Tabla de coeficiente de rozamiento de materiales

### Coeficientes de rozamiento de algunos materiales

$\mu_e$  = Coeficiente de rozamiento estático,  $\mu_d$  = Coeficiente de rozamiento dinámico.

Materiales en contacto	Coeficiente Rozamiento Estático $\mu_e$	Coeficiente Rozamiento Dinámico $\mu_d$
Articulaciones humanas	0,02	0,003
Acero // Hielo	0,028	0,09
Acero // Teflón	0,04	0,04
Teflón // Teflón	0,04	0,04
Hielo // Hielo	0,1	0,03
Esquí (encerado) // Nieve (0 °C)	0,1	0,05
Acero // Acero	0,15	0,09
Vidrio // Madera	0,25	0,2
Caucho // Cemento (húmedo)	0,3	0,25
Madera // Cuero	0,5	0,4
Caucho // Madera	0,7	0,6
Acero // Latón	0,5	0,4
Madera // Madera	0,7	0,4
Madera // Piedra	0,7	0,3
Vidrio // Vidrio	0,9	0,4
Caucho // Cemento (seco)	1	0,8
Cobre // Hierro (fundido)	1	0,3

## Anexo 5: Tabla de resistencia a la fatiga de ejes de acero al carbono

**Tabla A-27**

Resistencia a la fatiga de vida finita de aceros al carbono simples seleccionados. Fuente: Corregido de la tabla 4 de H.J. Groover, S.A. Gordon y L.R. Jackson, *Atlas of Metals and Structures*, documento del Departamento de Armamento Naval NAVWEPS 00-2-534, 1960.

Material	Condición	BHN*	Resistencia a la tensión		RA*	Ciclos de esfuerzo hasta la falla								
			kpsi	kpsi		10 <sup>6</sup>	4(10 <sup>7</sup> )	10 <sup>8</sup>	4(10 <sup>9</sup> )	10 <sup>10</sup>	4(10 <sup>11</sup> )	10 <sup>12</sup>	10 <sup>13</sup>	
1020	Enfriado en horno		58	30	0.63			37	34	30	28	25		
1030	Enfriado por aire	125	80	45	0.62			51	47	42	38	38		
1035	Normal	132	72	35	0.54			44	40	37	34	33	33	
	TyR agua	209	103	87	0.65			80	72	65	60	57	57	57
1040	Foajado	195	92	53	0.23					40	47	33	33	
1045	HR, N		107	63	0.49	80	70	56	47	47	47	47		
1050	N, AC	164	92	47	0.40	50	48	46	40	38	34	34		
	TyR agua													
	1200	196	97	70	0.58			60	57	52	50	50	50	50
.56 MN	N	193	98	47	0.42	61	55	51	47	43	41	41	41	41
	TyR agua	277	111	84	0.57	94	81	73	62	57	55	55	55	55
	1200													
1060	Según se requiera	67 Rb	134	65	0.20	65	60	55	50	48	48	48		
1095		162	84	33	0.37	50	43	40	34	31	30	30	30	30
	OQT	227	115	65	0.40	77	68	64	57	56	56	56	56	56
	1200													
10120		224	117	59	0.12			60	56	51	50	50	50	50
	OQT	369	180	130	0.15			102	95	91	91	91	91	91
	860													

\* BHN = Número de dureza Brinell, RA = reducción fraccional en línea.

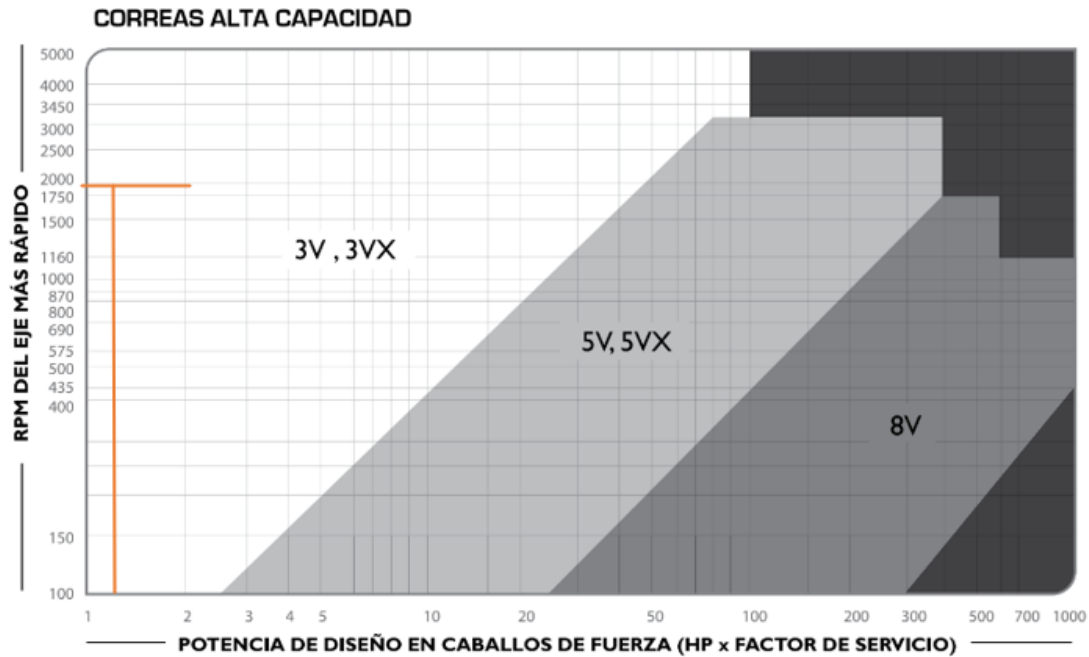
## Anexo 6: Tabla de relación de poleas

Diámetros mínimos en mm				
Caballos de fuerza (HP)	RPM de Motor			
	900	1200	1800	3600
0.50	65	-	-	-
0.75	65	65	-	-
1.00	65	65	60	-
1.50	75	65	65	60
2.00	75	65	65	65
3.00	75	75	65	65
5.00	100	75	75	65
7.50	115	100	75	75
10.00	115	115	100	75
15.00	135	115	115	100
20.00	155	135	115	115
25.00	170	155	115	115
30.00	170	170	135	-
40.00	210	170	155	-
50.00	230	210	170	-
60.00	260	230	190	-
75.00	260	260	230	-
100.00	350	350	250	-
125.00	380	350	280	-
150.00	465	350	-	-
200.00	550	-	-	-
250.00	-	-	-	-
300.00	-	-	-	-

## Anexo 7: Selección de polea según el equipo

TIPOS DE MÁQUINAS O EQUIPOS	SERVICIO INTERMITENTE	SERVICIO NORMAL	SERVICIO CONTINUO
Agitadores para líquidos Sopladores y aspiradoras Transportadores de trabajo ligero Ventiladores de hasta 10 caballos de fuerza	1.1	1.2	1.3
Transportadores de banda para arena, grano, etc Bombas rotativas de desplazamiento positivo Máquinas herramientas Maquinaria de lavandería Mezcladores de masa Ejes de línea Generadores Maquinaria de imprenta Taladros-prensas-cortadores Cribas giratorias y vibratorias Ventiladores de mas de 10 caballos de fuerza	1.2	1.3	1.4
Maquinaria para aserrios y trabajos en madera Transportadores (arrastre o tornillo) Compresores de pistón Molinos de martillo Pulverizadores Excitadores Maquinaria textil Bombas de pistón Elevadores cangilones Maquinaria para ladrillos Sopladores de desplazamiento positivo	1.4	1.5	1.6
Trituradoras (giratorias-mandibula-rodillo) Extrusoras-molinos de caucho Molinos de bolas Malacates	1.5	1.6	1.8

## Anexo 8: Diagrama de selección de correas



## Anexo 9: Tabla capacidad de transmisión

**CORREAS TIPO 3V**

**TABLA DE CAPACIDAD DE TRANSMISIÓN POR CANAL (EN HP)**

RPM del Eje más Rápido	Diámetro exterior de la Polea Motriz (en milímetros)									
	55	60	65	67	70	75	80	85	90	105
100	0.09	0.11	0.13	0.15	0.17	0.19	0.21	0.23	0.27	0.33
200	0.16	0.20	0.24	0.27	0.31	0.35	0.39	0.43	0.50	0.61
300	0.23	0.28	0.33	0.38	0.43	0.50	0.55	0.62	0.72	0.88
400	0.28	0.35	0.42	0.49	0.55	0.64	0.71	0.80	0.93	1.14
500	0.34	0.42	0.50	0.59	0.67	0.78	0.86	0.97	1.13	1.38
575	0.37	0.47	0.56	0.66	0.75	0.88	0.97	1.10	1.28	1.57
600	0.38	0.48	0.58	0.68	0.78	0.91	1.00	1.14	1.33	1.63
690	0.43	0.54	0.65	0.76	0.88	1.02	1.13	1.28	1.50	1.84
700	0.43	0.55	0.66	0.77	0.89	1.04	1.15	1.30	1.52	1.86
725	0.44	0.56	0.68	0.80	0.91	1.07	1.18	1.34	1.57	1.92
800	0.47	0.60	0.73	0.86	0.99	1.16	1.30	1.45	1.70	2.10
870	0.50	0.64	0.78	0.92	1.06	1.24	1.38	1.56	1.83	2.25
900	0.52	0.66	0.80	0.95	1.10	1.28	1.42	1.60	1.90	2.32
950	0.54	0.69	0.84	0.99	1.14	1.34	1.50	1.68	1.98	2.43
1000	0.56	0.72	0.87	1.03	1.20	1.40	1.55	1.76	2.07	2.54
1100	0.59	0.77	0.94	1.10	1.28	1.50	1.68	1.90	2.24	2.76
1160	0.62	0.80	0.98	1.16	1.34	1.58	1.76	2.00	2.35	2.90
1200	0.63	0.82	1.00	1.20	1.38	1.62	1.80	2.05	2.40	2.98
1300	0.66	0.87	1.07	1.27	1.47	1.73	1.93	2.20	2.58	3.20
1400	0.70	0.91	1.13	1.35	1.56	1.84	2.05	2.33	2.75	3.40
1425	0.71	0.93	1.15	1.36	1.58	1.87	2.08	2.37	2.80	3.45
1500	0.73	0.96	1.20	1.42	1.65	1.95	2.17	2.47	2.90	3.60
1600	0.76	1.00	1.25	1.50	1.73	2.05	2.30	2.60	3.07	3.80
1700	0.79	1.05	1.30	1.56	1.82	2.15	2.40	2.74	3.23	4.00
1750	0.80	1.07	1.33	1.60	1.86	2.20	2.46	2.80	3.30	4.10
1800	0.82	1.09	1.36	1.63	1.90	2.25	2.52	2.87	3.40	4.20
2000	0.87	1.17	1.42	1.70	1.98	2.35	2.63	3.00	3.54	4.38
2100	0.87	1.17	1.47	1.77	2.06	2.45	2.74	3.12	3.70	4.57
21400	0.90	1.20	1.52	1.83	2.14	2.54	2.85	3.25	3.84	4.76
2200	0.92	1.25	1.57	1.90	2.20	2.64	2.95	3.37	4.00	4.94

## Anexo 10: Ficha técnica motor Bosch

D.C. motors with transmission

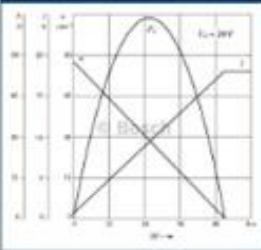
**CEP | 24 V 46 W**



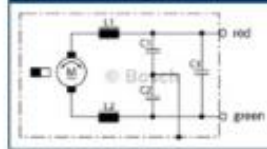
### Technical data

Part number	<b>F 006 WMO 310</b>
Nominal voltage	$U_N$ 24 V
Nominal power	$P_N$ 46 W
Nominal current	$I_N$ 5 A
Maximum current	$I_{max}$ 18,6 A
Nominal speed	$n_N$ 45 min <sup>-1</sup>
Nominal torque	$M_N$ 10 Nm
Breakaway torque	$M_A$ 48 Nm
Reduction	i 63 : 1
Direction of rotation	L/R
Type of duty	S 1
Degree of protection	IP 64
Weight	approx. 1,10 kg

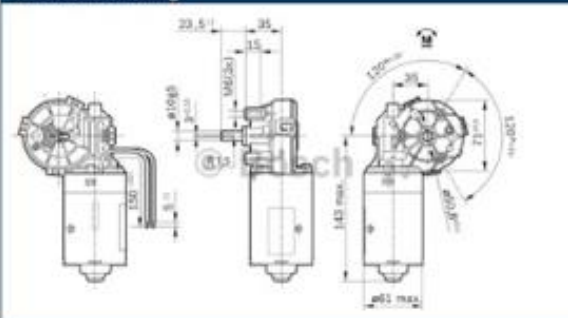
### Characteristic curve



### Connection diagram



### Dimensional drawing



Robert Bosch GmbH  
Automotive Aftermarket  
Postfach 410960  
76225 Karlsruhe  
Germany

[www.bosch-elektromotoren.de](http://www.bosch-elektromotoren.de)



## Anexo 11: Tabla de especificaciones cable acero inoxidable

### INOXIDABLE - CORDONES ESPIRALES - CABLES

#### CORDON 1X19(1+6+12) = 19 hilos



Codigo	Diámetro (mm)	Carga de hilos mínima	
		(k)	(t)
905210	1.0	0.625	84.8
905215	1.5	1.00	100
905220	2.0	3.30	336
905225	2.5	5.15	525
905230	3.0	7.42	756
905240	4.0	12.2	1240

CABLEADO CRUZADO IZQUIERDA

#### APLICACIONES

FERROVIARIAS, ELÉCTRICAS, TELECOMUNICACIONES, ETC.

#### CABLE 7x7(1+6)+WSC= 49 hilos



Codigo	Diámetro (mm)	Carga de hilos mínima	
		(k)	(t)
911020	2	2.25	229
911030	3	3.09	316
911040	4	9.00	918
911050	5	14.07	1434
911060	6	20.26	2065
911070	7	25.5	2610
911080	8	36.53	3693

CABLEADO CRUZADO DERECHA

#### APLICACIONES

CONTRAPESOS FERROVIARIOS, NÁUTICA, ETC.

#### CABLE 7X19(1+6+12)+WSC= 133 hilos



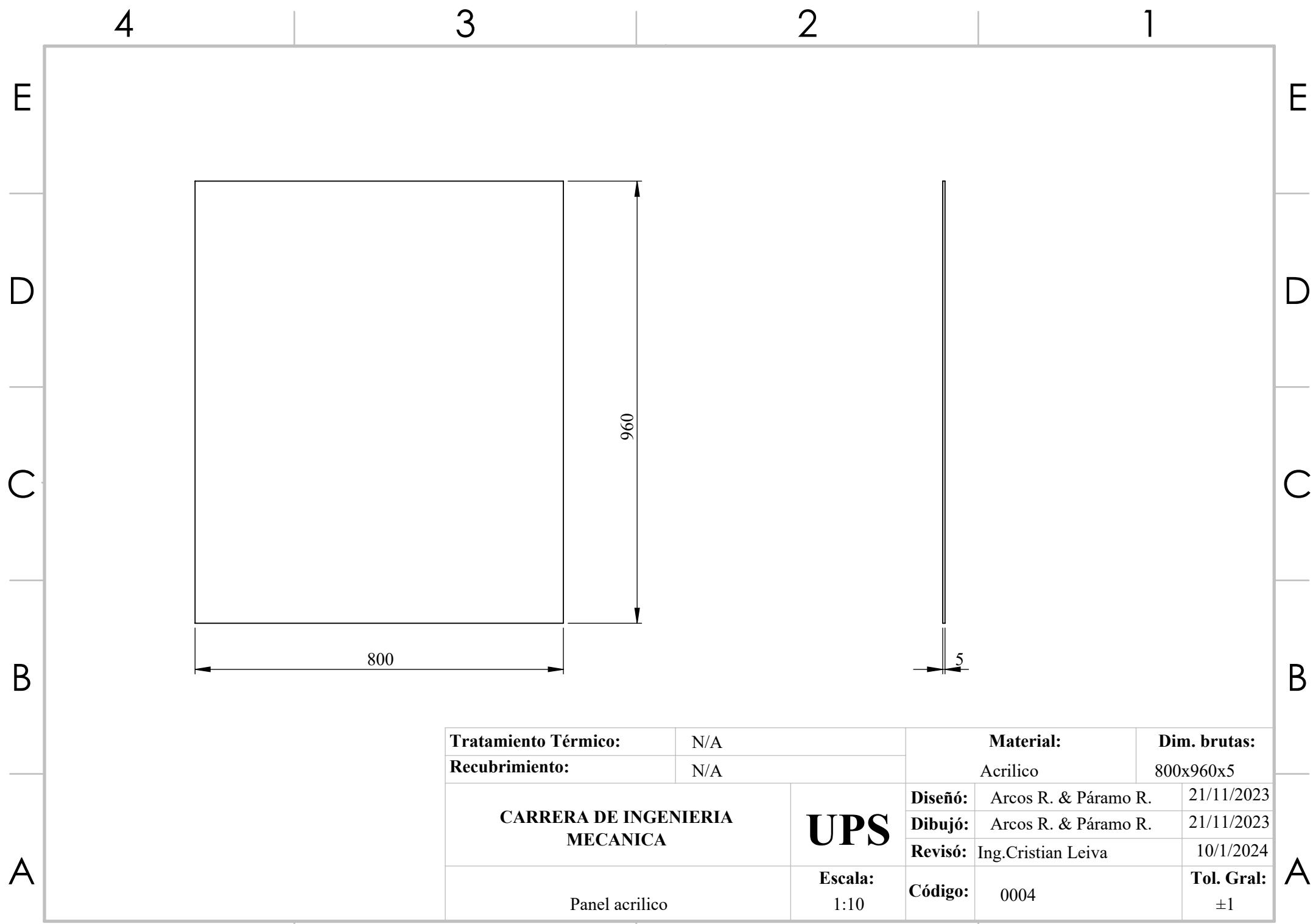
Codigo	Diámetro (mm)	Carga de hilos mínima	
		(k)	(t)
914001	8	26.77	2763
914101	10	57.01	5875
9141201	12	62.86	6453
9141401	14	112.77	11500
9141601	16	147.09	15000
9141801	18	188.28	19200
9142001	20	230.45	23500

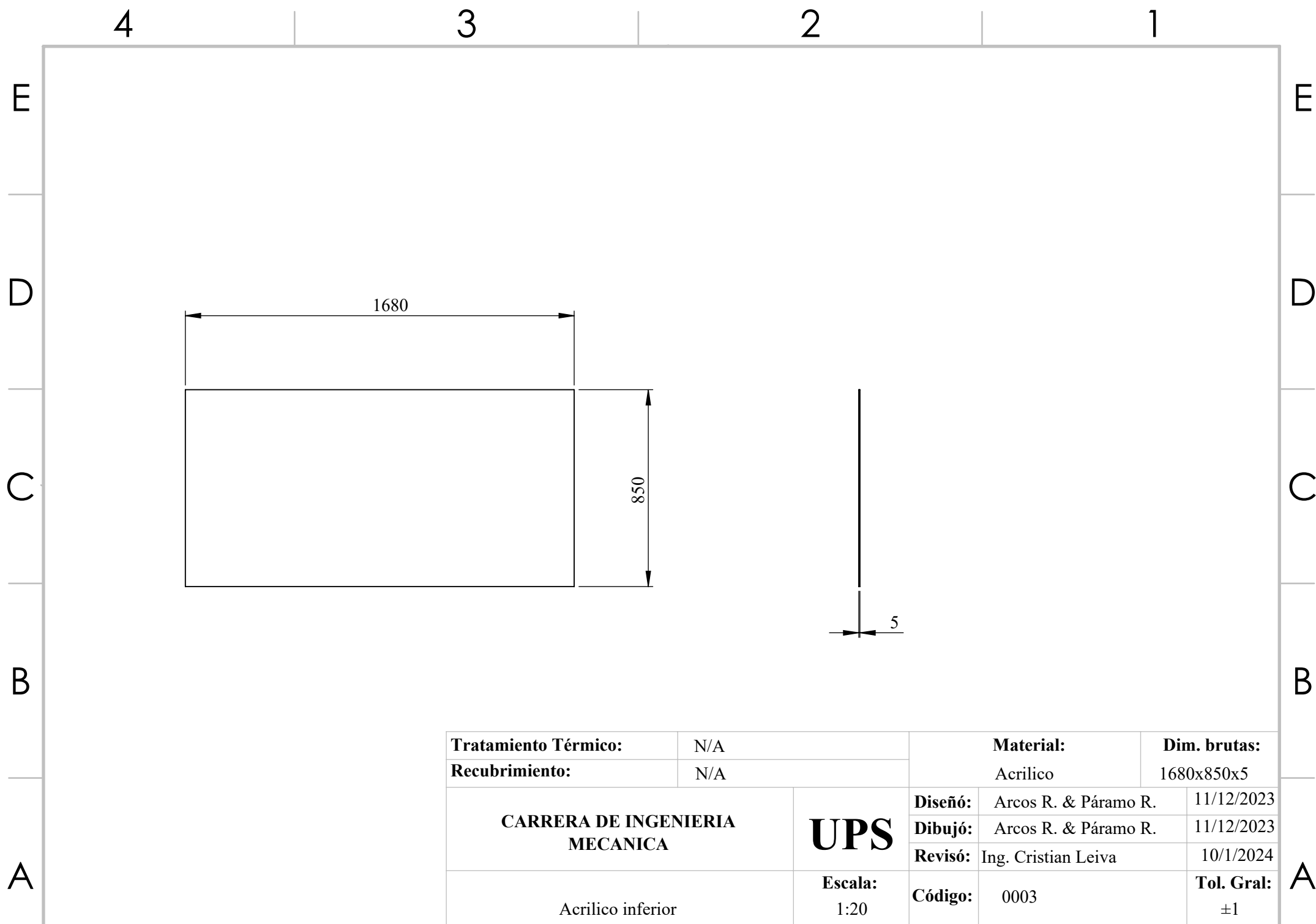
CABLEADO CRUZADO DERECHA

#### APLICACIONES

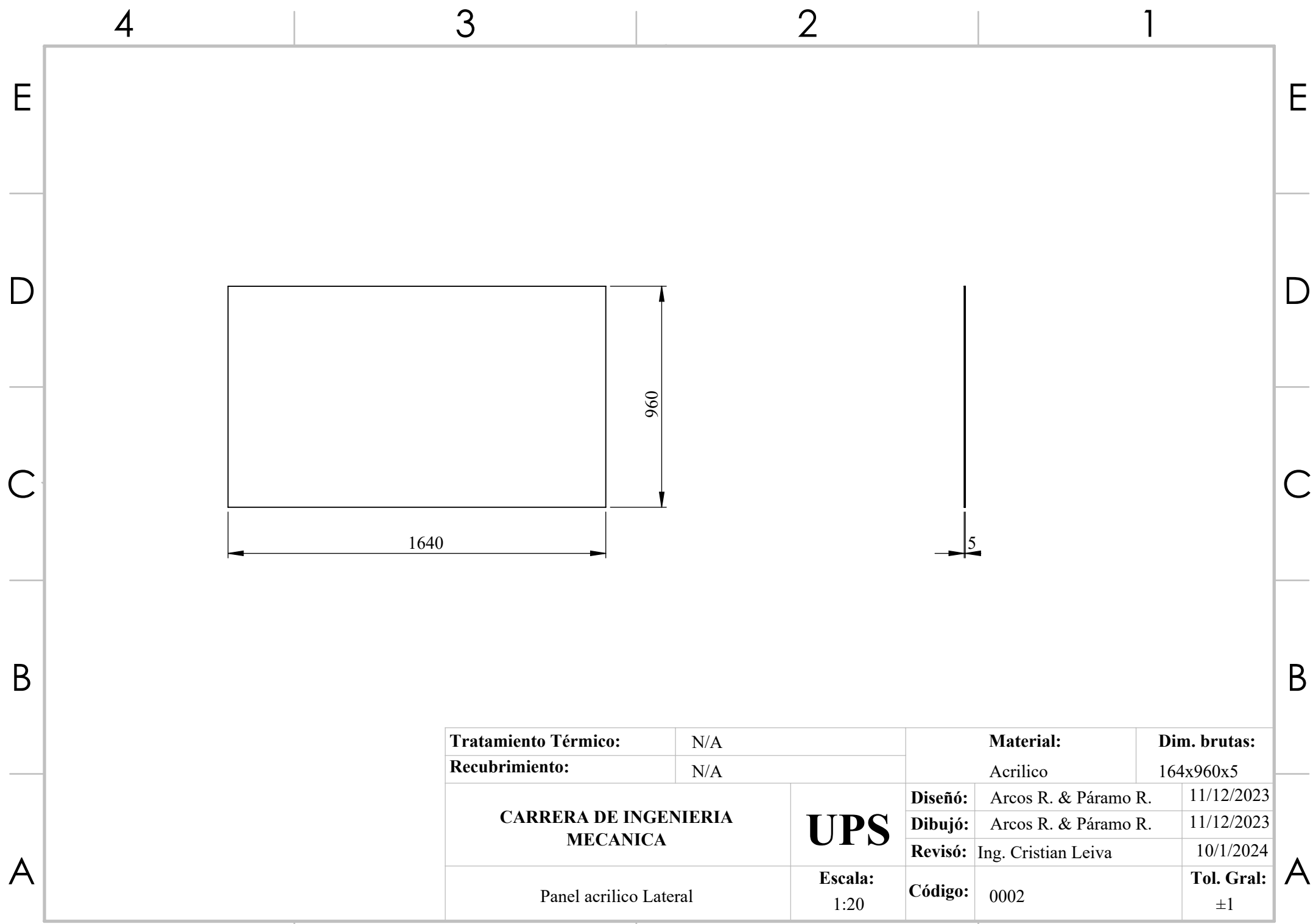
FERROVIARIAS, NÁUTICA, PESCA, ETC.

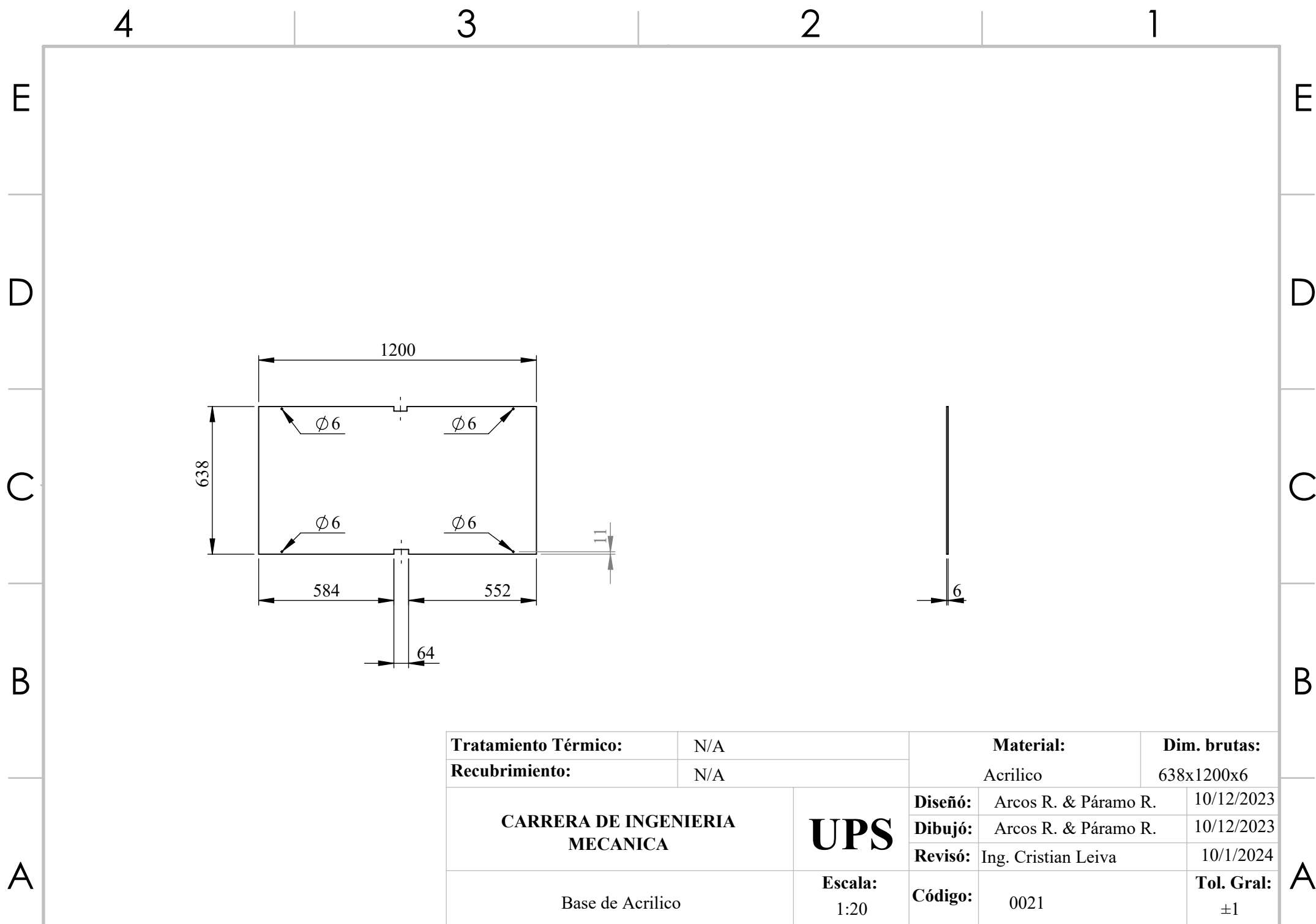
## Anexo 12: Planos

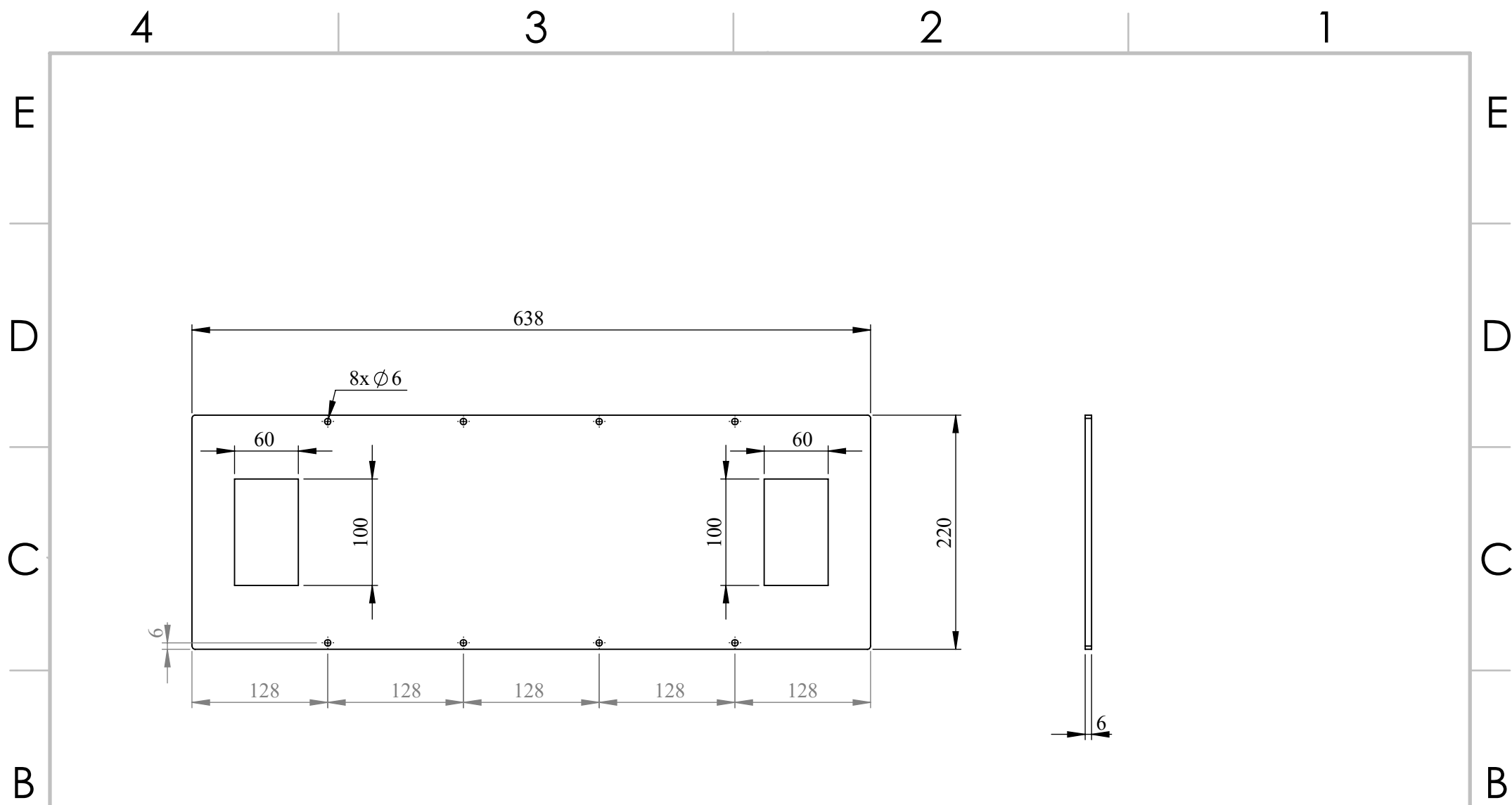




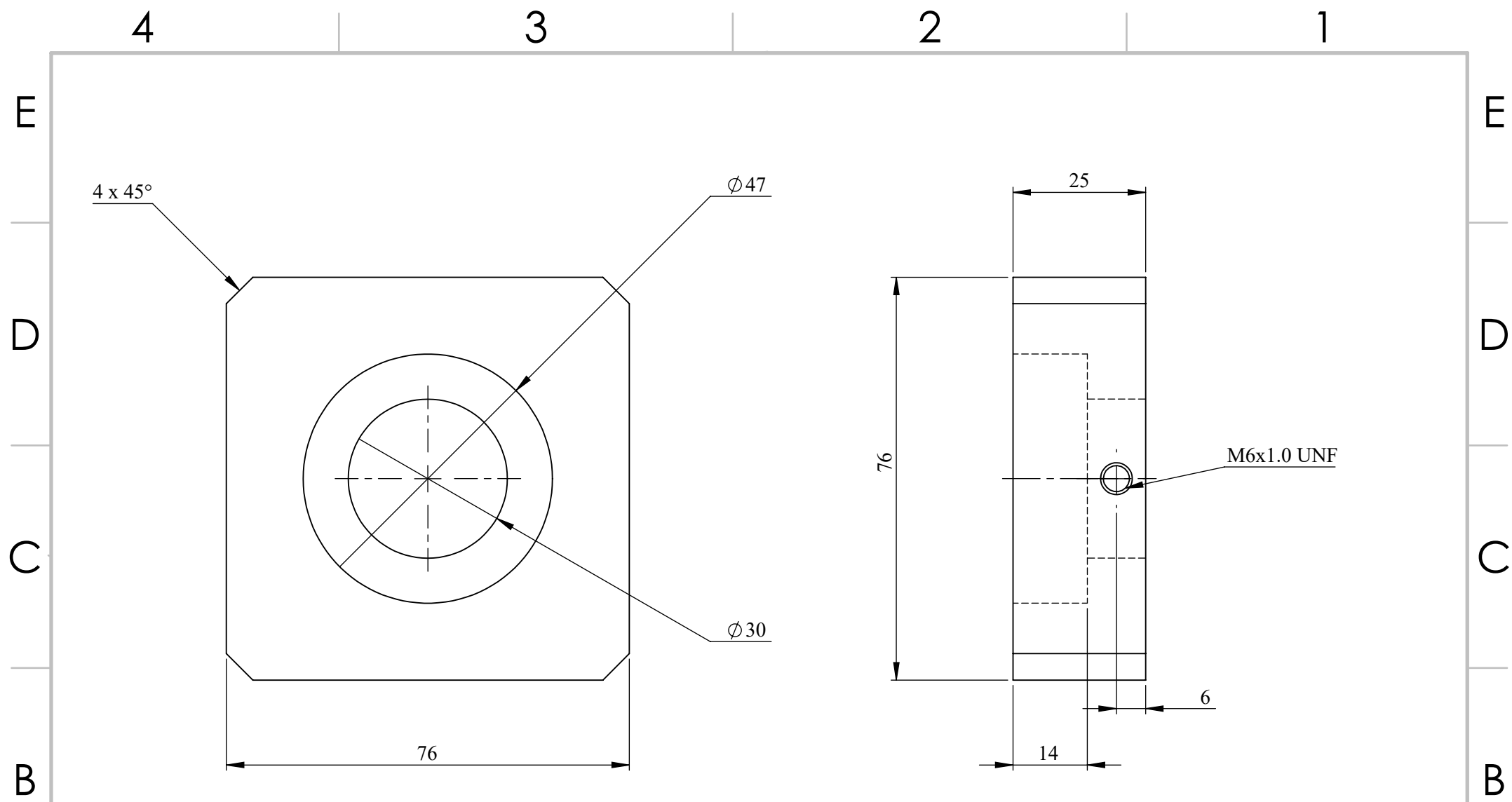




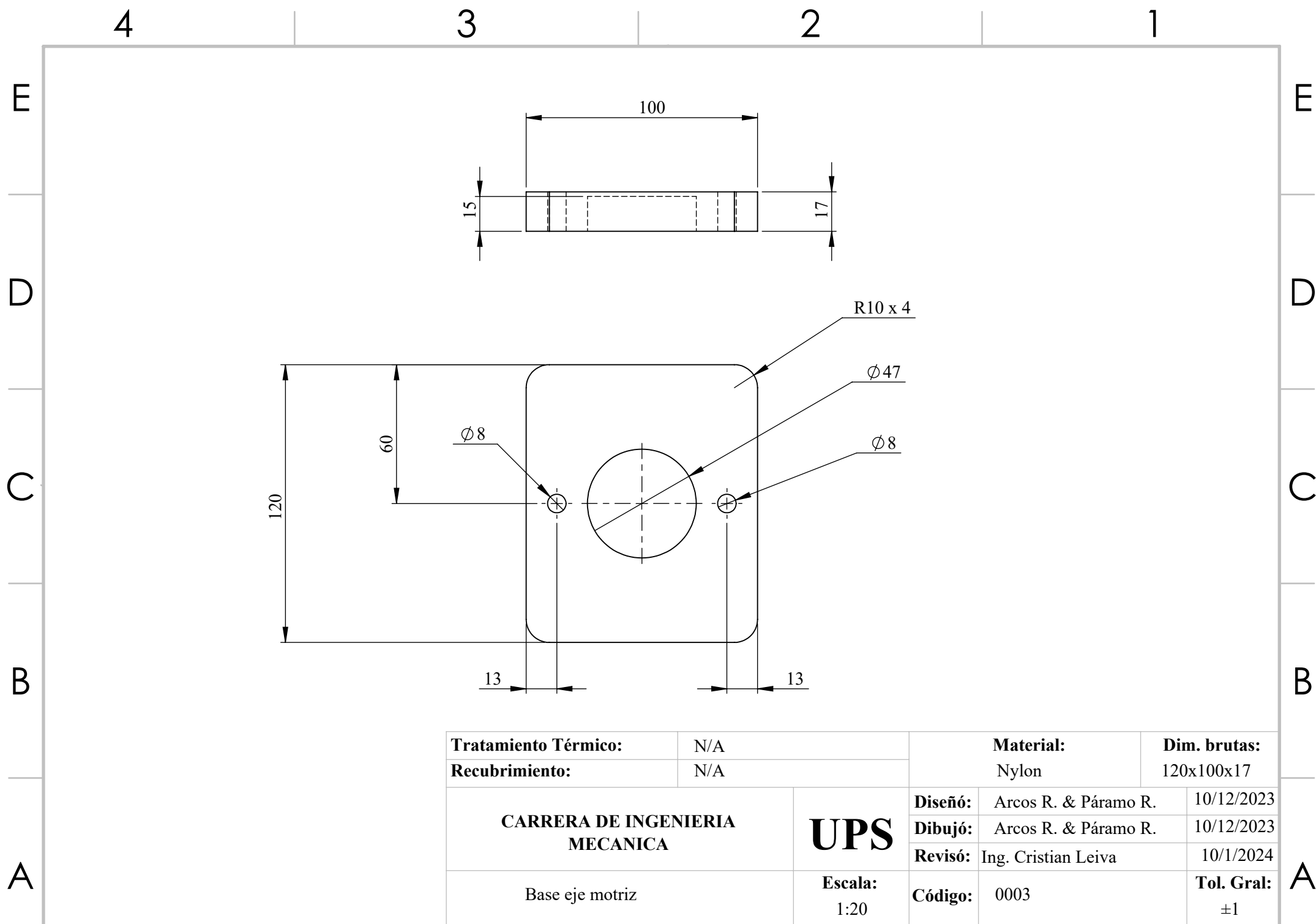




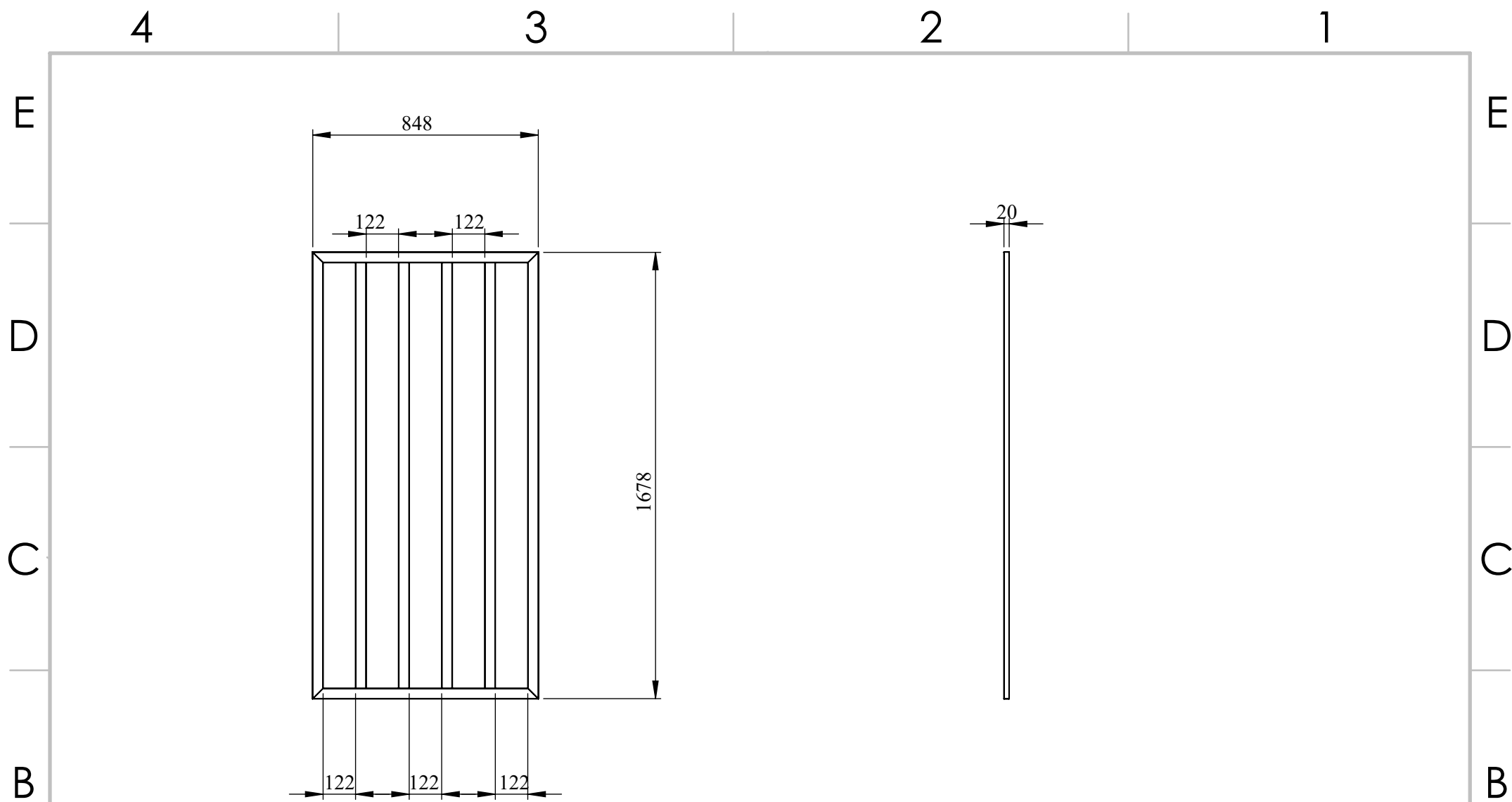
<b>Tratamiento Térmico:</b>	N/A	<b>Material:</b>	ASTM A36	<b>Dim. brutas:</b>	638x220x6
<b>Recubrimiento:</b>	Pintura				
<b>CARRERA DE INGENIERIA MECANICA</b>		<b>UPS</b>	<b>Diseño:</b>	Arcos R. & Páramo R.	2/1/2024
			<b>Dibujó:</b>	Arcos R. & Páramo R.	2/1/2024
			<b>Revisó:</b>	Ing.Cristian Leiva	10/1/2024
Base metalica motor		<b>Escala:</b> 1:10	<b>Código:</b>	00044	<b>Tol. Gral:</b> ±1



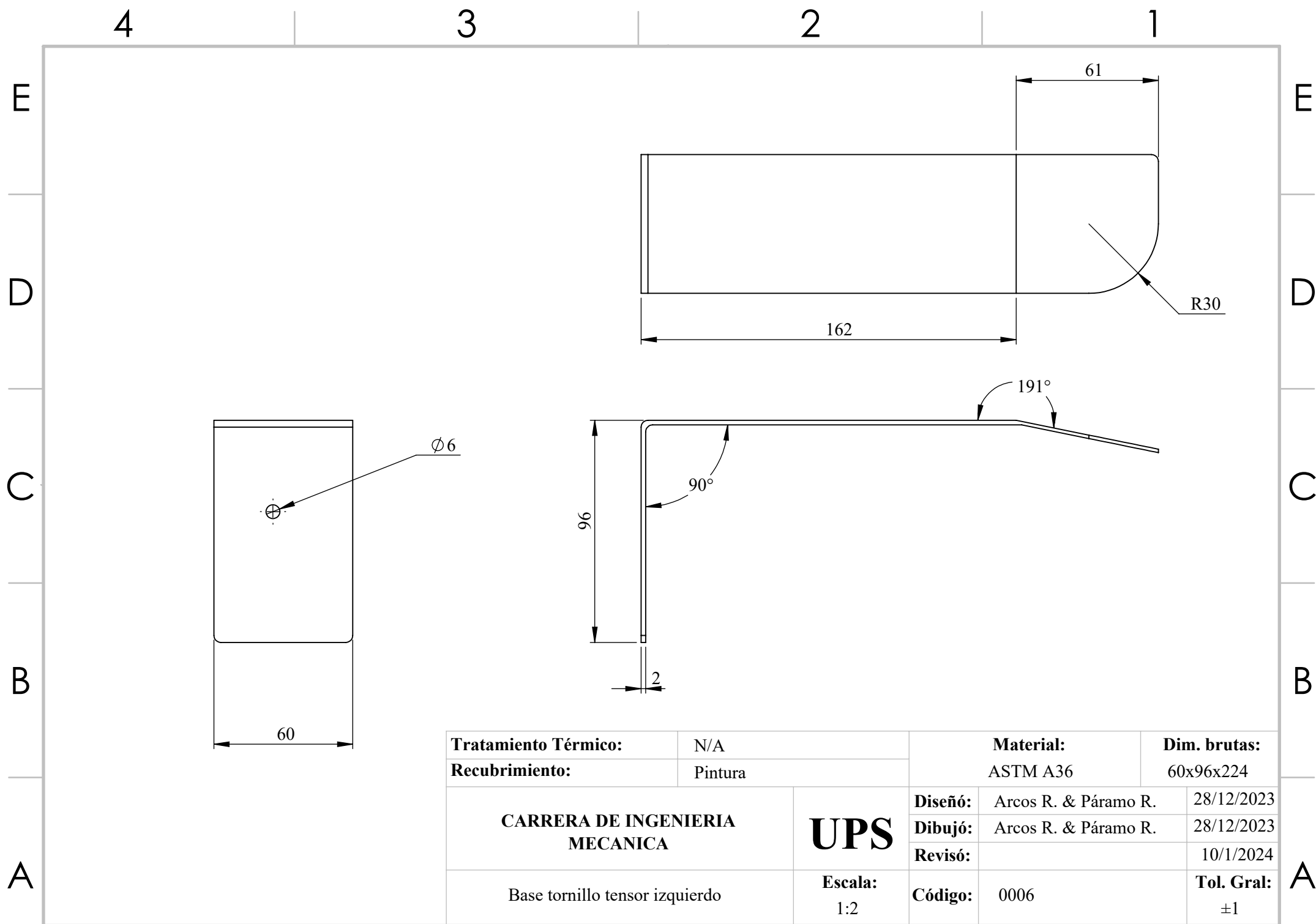
<b>Tratamiento Térmico:</b>	N/A	<b>Material:</b>	Nylon	<b>Dim. brutas:</b>	76x76x25
<b>Recubrimiento:</b>	N/A				
<b>CARRERA DE INGENIERIA MECANICA</b>		<b>UPS</b>	<b>Diseño:</b>	Arcos R. & Páramo R.	8/12/2023
			<b>Dibujó:</b>	Arcos R. & Páramo R.	8/12/2023
			<b>Revisó:</b>	Ing. Cristian Leiva	10/1/2024
Base del eje		<b>Escala:</b> 1:20	<b>Código:</b> 0004	<b>Tol. Gral:</b> ±1	

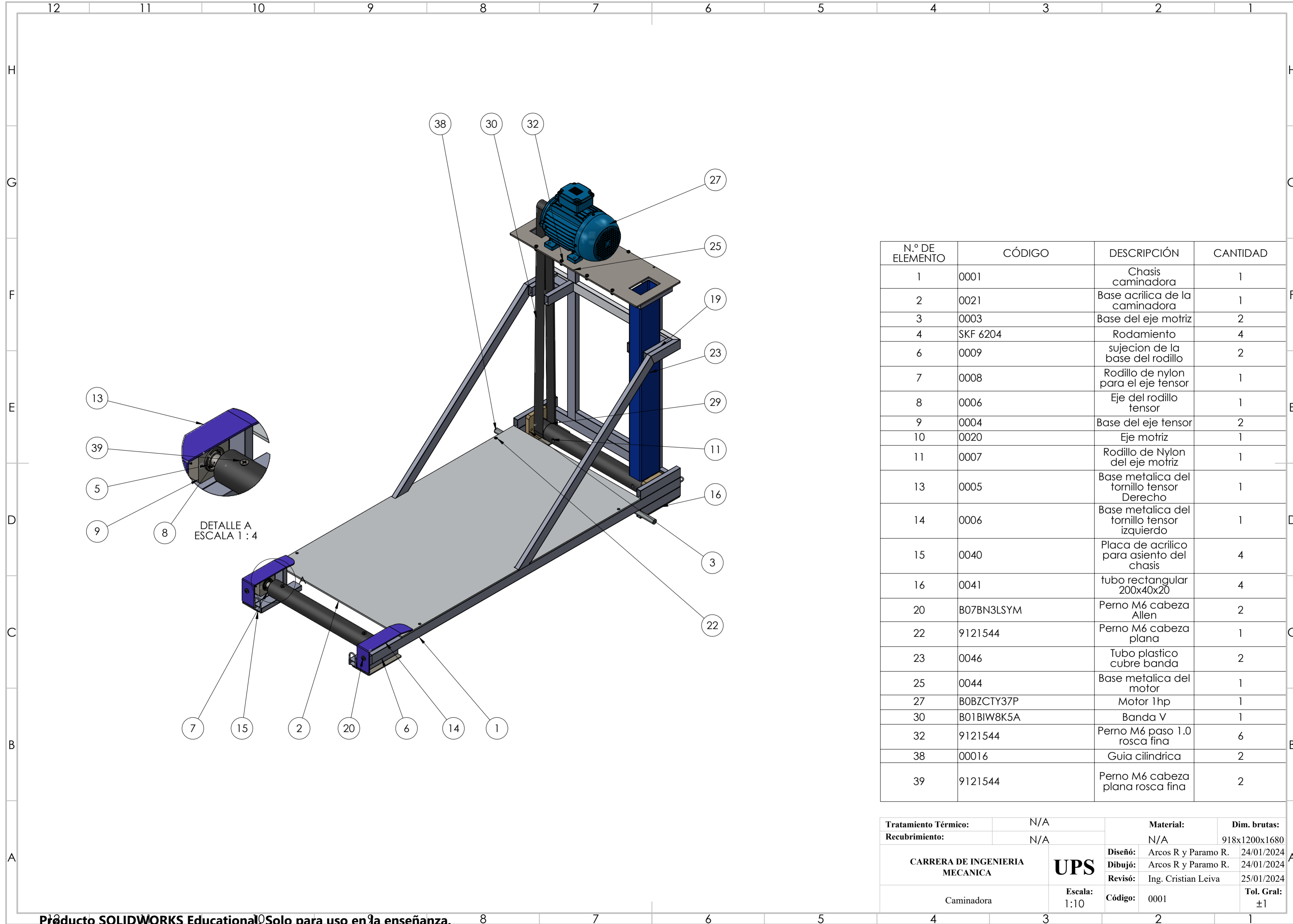


<b>Tratamiento Térmico:</b>	N/A	<b>Material:</b> Nylon	<b>Dim. brutas:</b> 120x100x17
<b>Recubrimiento:</b>	N/A		
<b>CARRERA DE INGENIERIA MECANICA</b>	<b>UPS</b>	<b>Diseño:</b>	Arcos R. & Páramo R. 10/12/2023
		<b>Dibujó:</b>	Arcos R. & Páramo R. 10/12/2023
		<b>Revisó:</b>	Ing. Cristian Leiva 10/1/2024
Base eje motriz	<b>Escala:</b> 1:20	<b>Código:</b> 0003	<b>Tol. Gral:</b> ±1



<b>Tratamiento Térmico:</b>	N/A	<b>Material:</b>	ASTM A36	<b>Dim. brutas:</b>	1678x848x20
<b>Recubrimiento:</b>	Pintura				
<b>CARRERA DE INGENIERIA MECANICA</b>		<b>UPS</b>	<b>Diseño:</b>	Arcos R. & Páramo R.	4/1/2024
			<b>Dibujó:</b>	Arcos R. & Páramo R.	4/1/2024
			<b>Revisó:</b>	Ing. Cristian Leiva	10/1/2024
Base del Tanque		<b>Escala:</b> 1:20	<b>Código:</b>	0006	<b>Tol. Gral:</b> ±1





N.º DE ELEMENTO	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	0001	Chasis caminadora	1
2	0021	Base acrílica de la caminadora	1
3	0003	Base del eje motriz	2
4	SKF 6204	Rodamiento	4
6	0009	sujecion de la base del rodillo	2
7	0008	Rodillo de nylon para el eje tensor	1
8	0006	Eje del rodillo tensor	1
9	0004	Base del eje tensor	2
10	0020	Eje motriz	1
11	0007	Rodillo de Nylon del eje motriz	1
13	0005	Base metalica del tornillo tensor Derecho	1
14	0006	Base metalica del tornillo tensor izquierdo	1
15	0040	Placa de acrílico para asiento del chasis	4
16	0041	tubo rectangular 200x40x20	4
20	B07BN3LSYM	Perno M6 cabeza Allen	2
22	9121544	Perno M6 cabeza plana	1
23	0046	Tubo plastico cubre banda	2
25	0044	Base metalica del motor	1
27	B0BZCTY37P	Motor 1hp	1
30	B01BIW8K5A	Banda V	1
32	9121544	Perno M6 paso 1.0 rosca fina	6
38	00016	Guia cilindrica	2
39	9121544	Perno M6 cabeza plana rosca fina	2

Tratamiento Térmico:	N/A	Material:	N/A	Dim. brutas:	918x1200x1680
Recubrimiento:	N/A				
<b>CARRERA DE INGENIERIA MECANICA</b> UPS		Diseño:	Arcos R y Paramo R.	24/01/2024	
		Dibujó:	Arcos R y Paramo R.	24/01/2024	
		Revisó:	Ing. Cristian Leiva	25/01/2024	
Caminadora	Escala: 1:10	Código:	0001	Tol. Gral: ±1	



4

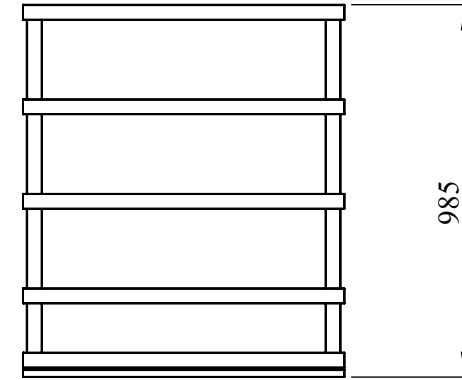
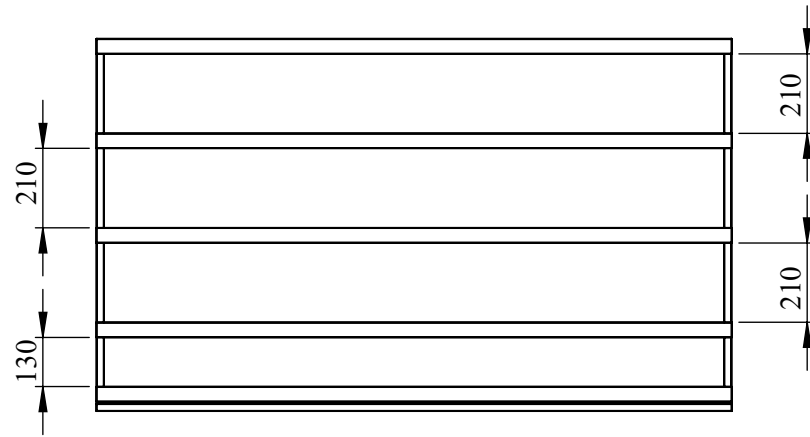
3

2

1

E

E

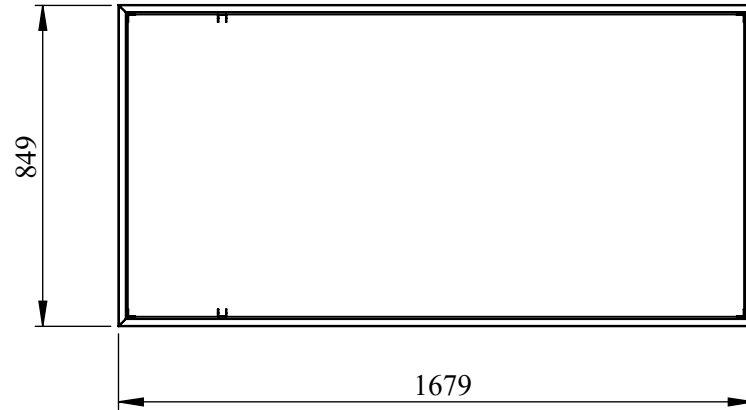


D

D

C

C



B

B

Pieza	Dimensiones	Unidades
Tubo rectangular	40x20x1679	10
Tubo rectangular	40x20x849	10

<b>Tratamiento Térmico:</b>	N/A	<b>Material:</b>	<b>Dim. brutas:</b>
<b>Recubrimiento:</b>	Pintura	ASTM A36	1679x849x985
<b>CARRERA DE INGENIERIA MECANICA</b>		<b>Diseño:</b>	Arcos R. & Páramo R. 2/1/2024
		<b>Dibujó:</b>	Arcos R. & Páramo R. 2/1/2024
		<b>Revisó:</b>	Ing. Cristian Leiva 25/1/2024
Chasis Tanque		<b>Escala:</b> 1:20	<b>Tol. Gral:</b> ±1
		<b>Código:</b> 0001	

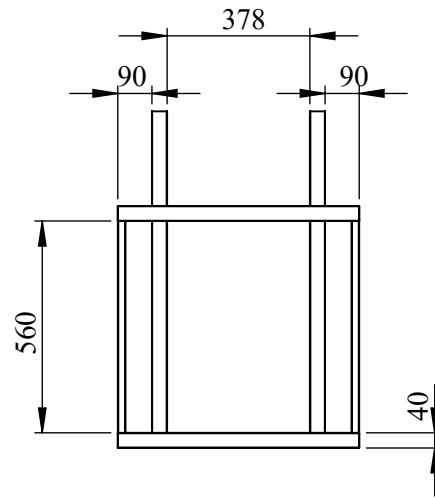
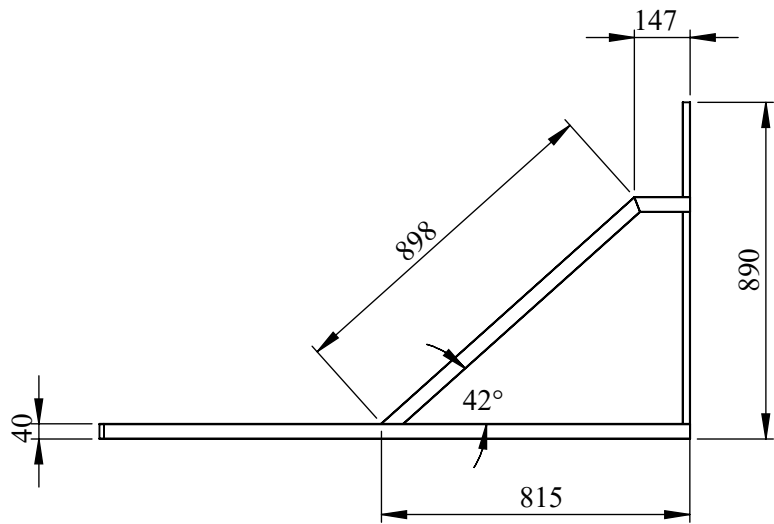
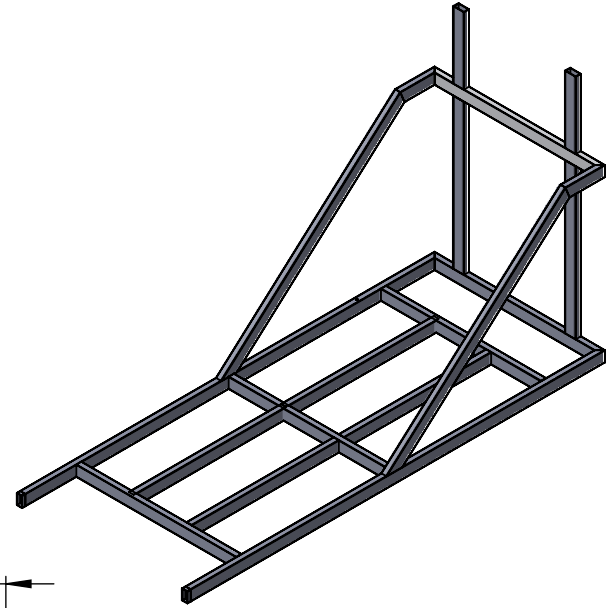
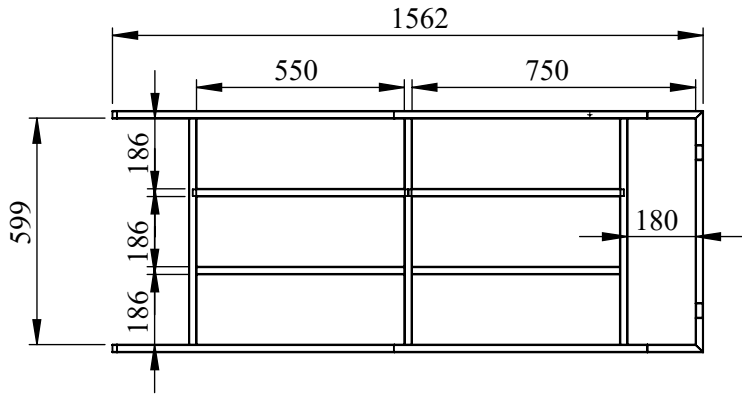
A

A

3

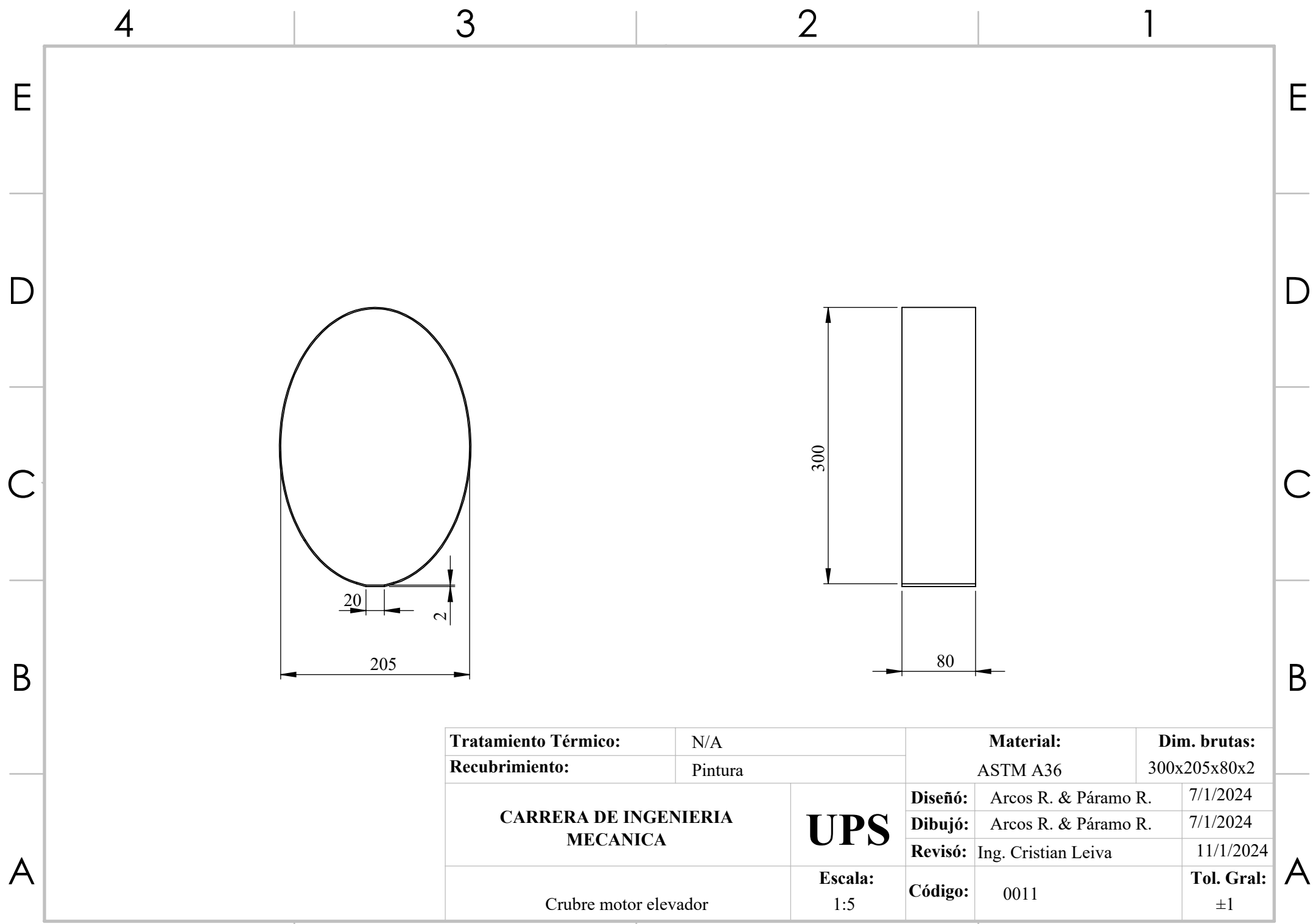
2

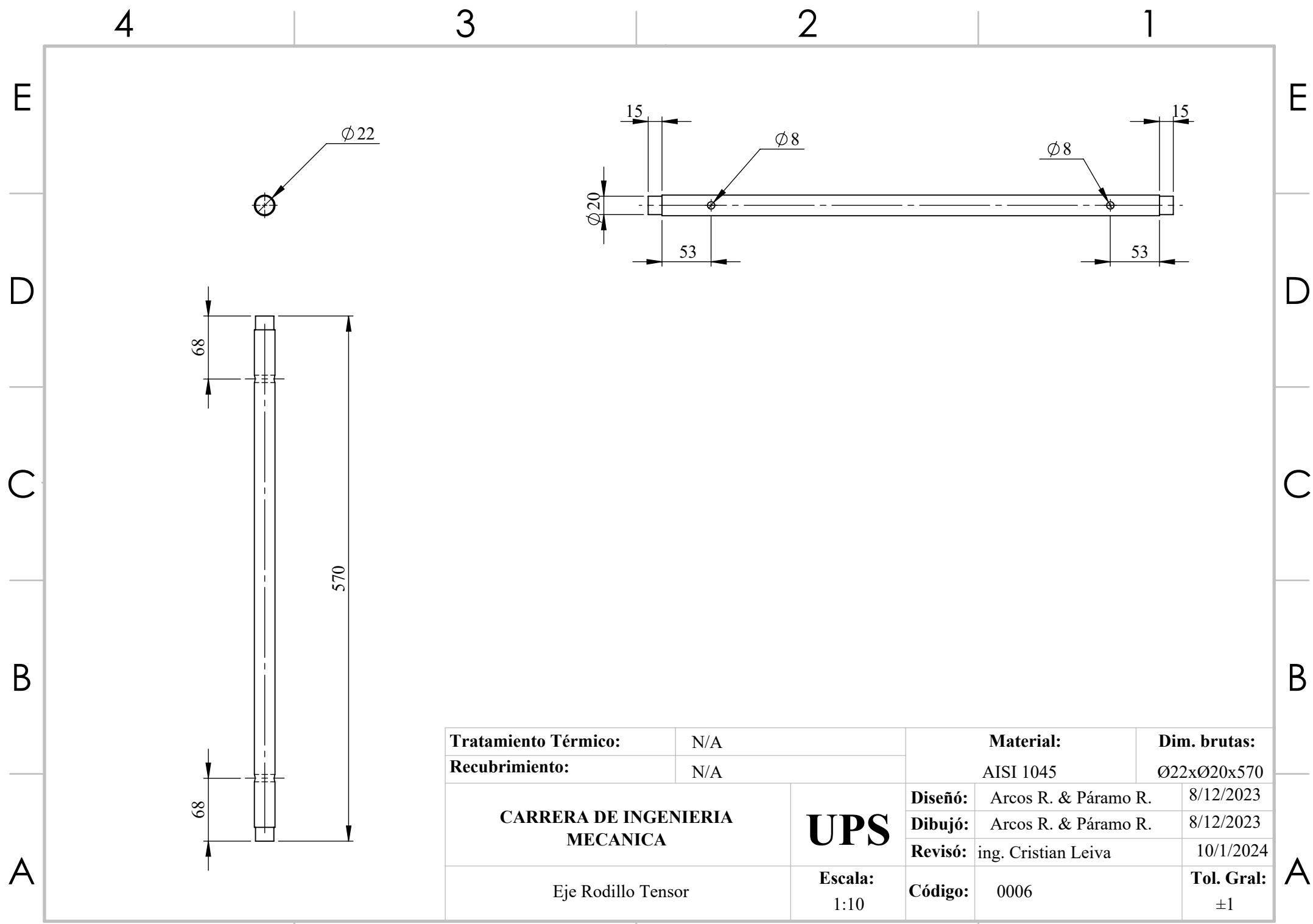
1

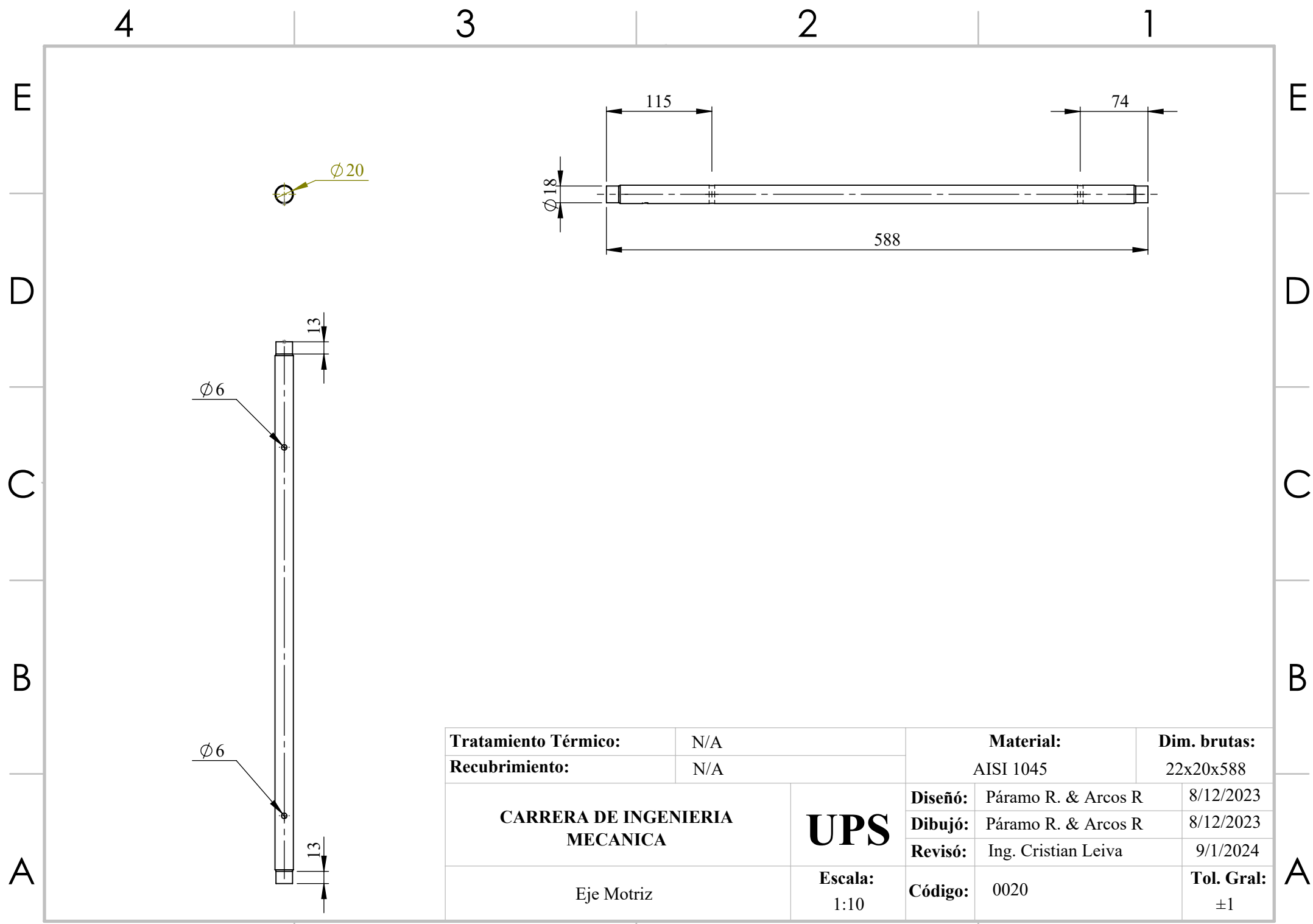


Pieza	Dimensiones	Unidades
Tubo rectangular	20x40x1.5	19
Tubo rectangular	20x40x1562	2
Tubo rectangular	20x40x599	5
Tubo rectangular	20x40x550	4
Tubo rectangular	20x40x560	2
Tubo rectangular	20x40x370	2
Tubo rectangular	20x40x898	2
Tubo rectangular	20x40x147	2

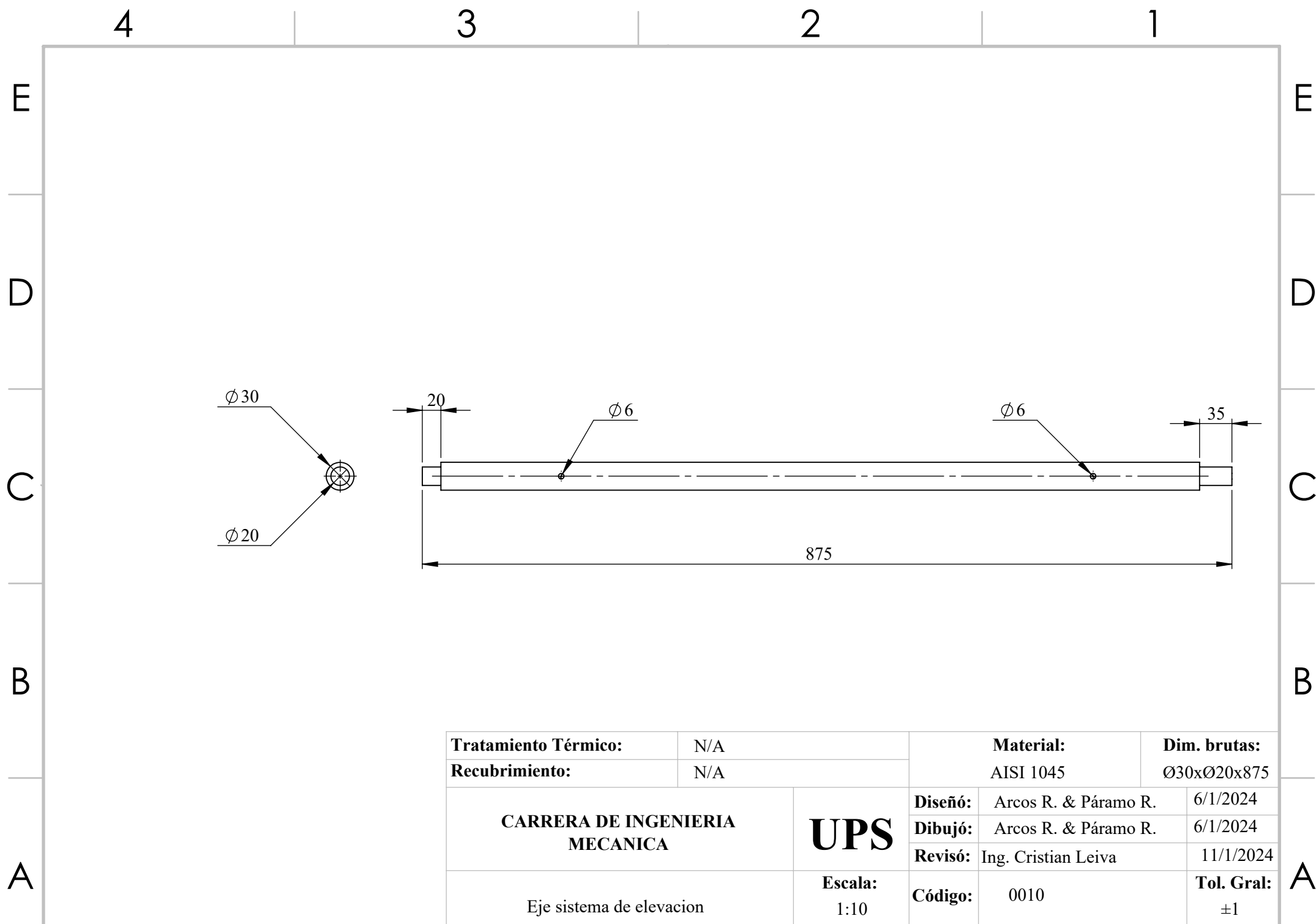
<b>Tratamiento Térmico:</b>	N/A	<b>Material:</b>	ASTM A36	<b>Dim. brutas:</b>	890x1562x558
<b>Recubrimiento:</b>	Pintura				
<b>CARRERA DE INGENIERIA MECANICA</b>		<b>UPS</b>	<b>Diseño:</b>	Arcos R. & Páramo R.	10/12/2023
			<b>Dibujó:</b>	Arcos R. & Páramo R.	10/12/2023
Chasis		<b>Escala:</b> 1:20	<b>Revisó:</b>	Ing. Cristian Leiva	10/1/2024
			<b>Código:</b>	0001	<b>Tol. Gral:</b> ±1



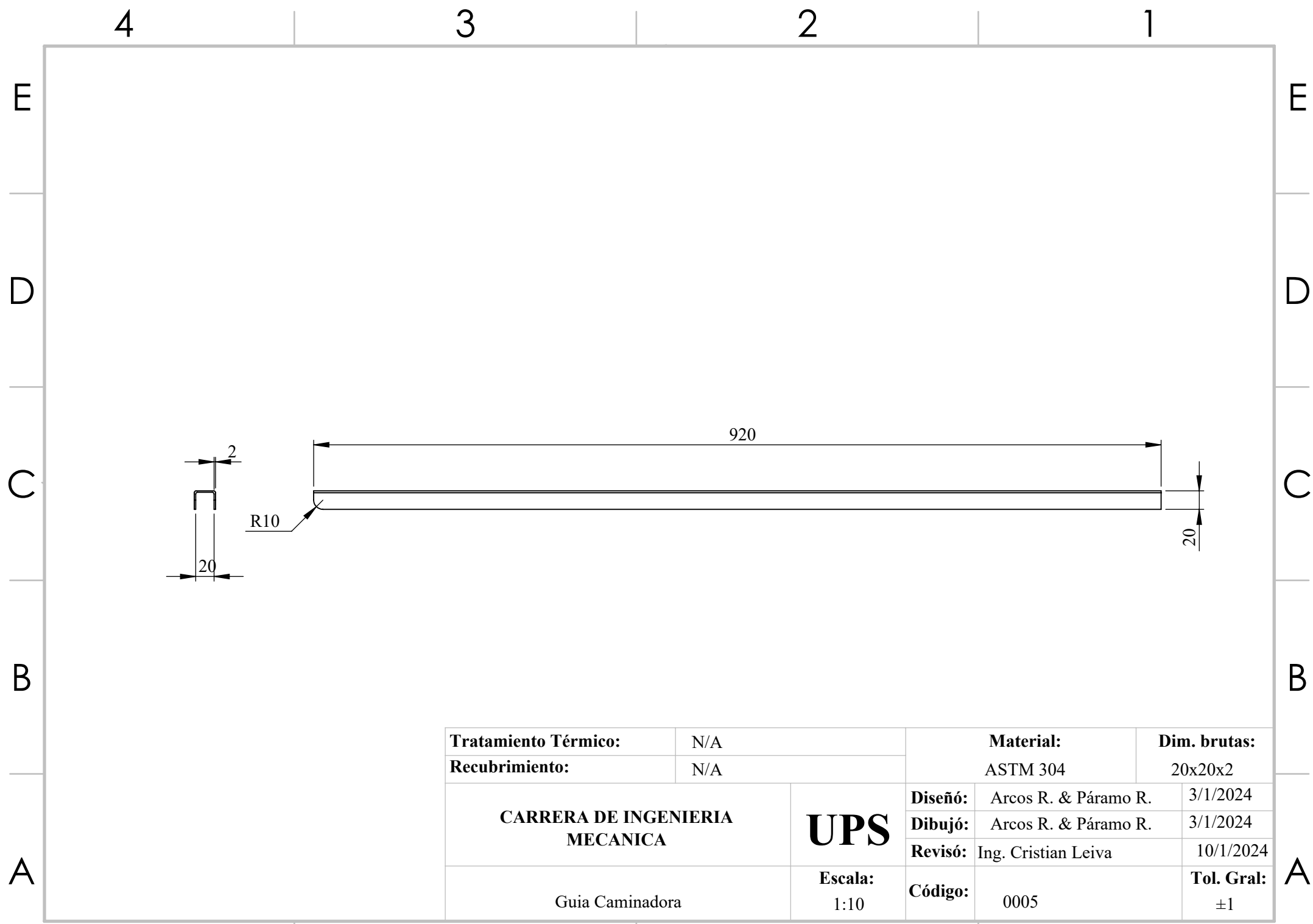




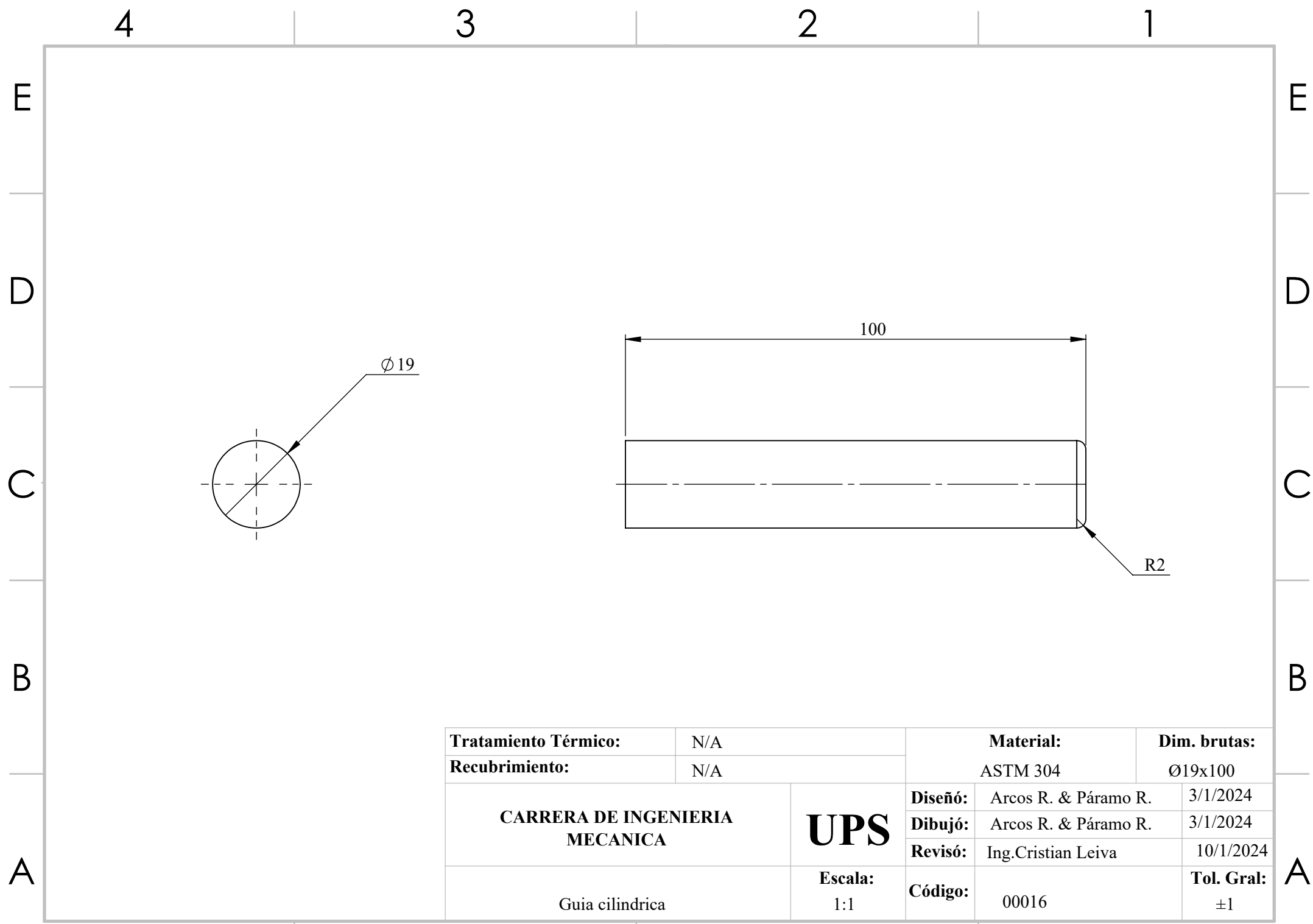
<b>Tratamiento Térmico:</b>	N/A	<b>Material:</b>		<b>Dim. brutas:</b>	
<b>Recubrimiento:</b>	N/A	AISI 1045		22x20x588	
<b>CARRERA DE INGENIERIA MECANICA</b>		<b>UPS</b>	<b>Diseño:</b>	Páramo R. & Arcos R	8/12/2023
			<b>Dibujó:</b>	Páramo R. & Arcos R	8/12/2023
			<b>Revisó:</b>	Ing. Cristian Leiva	9/1/2024
Eje Motriz		<b>Escala:</b> 1:10	<b>Código:</b> 0020	<b>Tol. Gral:</b> ±1	



<b>Tratamiento Térmico:</b>	N/A	<b>Material:</b>	AISI 1045	<b>Dim. brutas:</b>	Ø30xØ20x875
<b>Recubrimiento:</b>	N/A				
<b>CARRERA DE INGENIERIA MECANICA</b>		<b>UPS</b>	<b>Diseño:</b>	Arcos R. & Páramo R.	6/1/2024
			<b>Dibujó:</b>	Arcos R. & Páramo R.	6/1/2024
Eje sistema de elevacion		<b>Escala:</b> 1:10	<b>Revisó:</b>	Ing. Cristian Leiva	11/1/2024
			<b>Código:</b>	0010	<b>Tol. Gral:</b> ±1

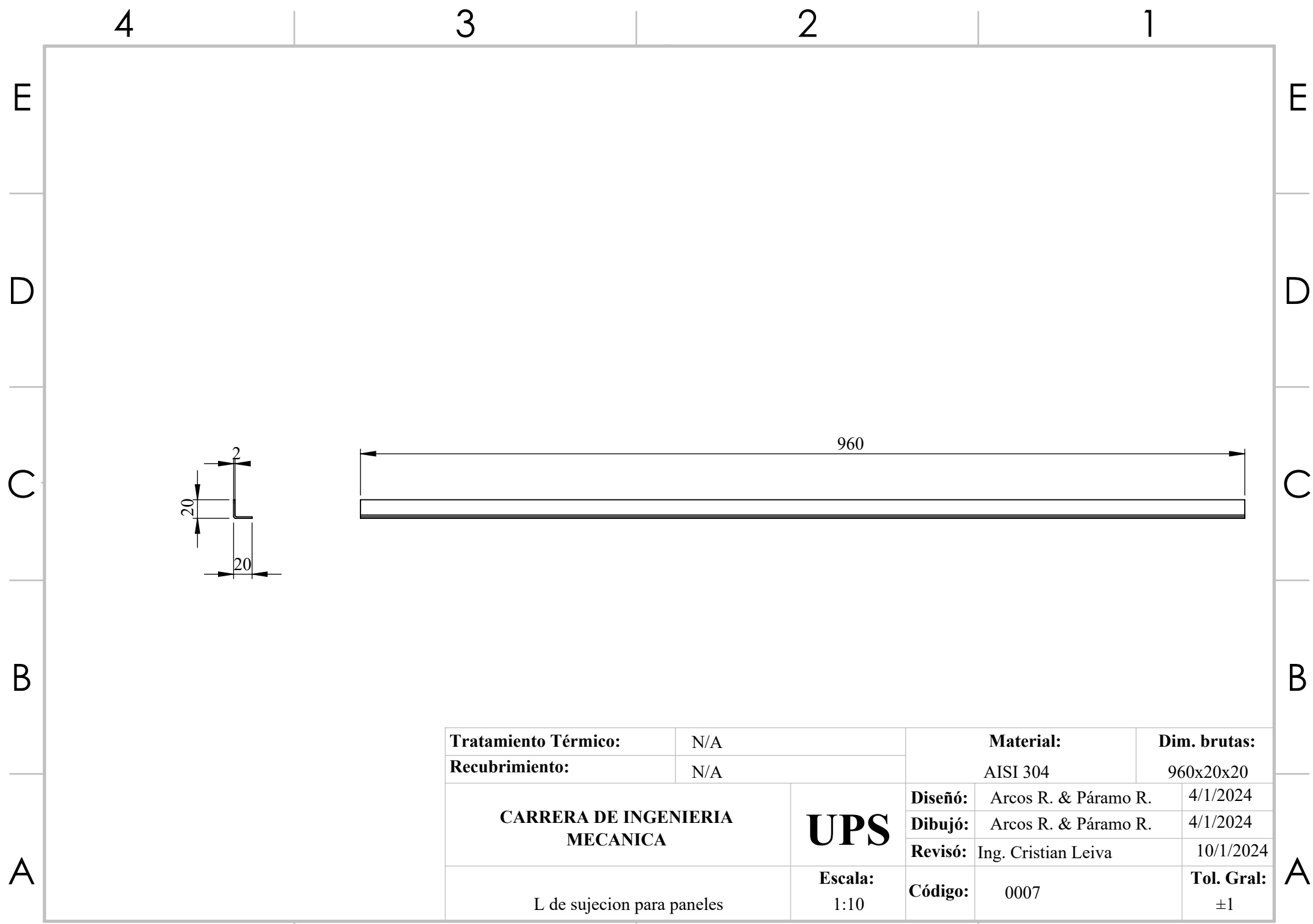


<b>Tratamiento Térmico:</b>	N/A	<b>Material:</b> ASTM 304	<b>Dim. brutas:</b> 20x20x2
<b>Recubrimiento:</b>	N/A		
<b>CARRERA DE INGENIERIA MECANICA</b>	<b>UPS</b>	<b>Diseño:</b>	Arcos R. & Páramo R. 3/1/2024
		<b>Dibujó:</b>	Arcos R. & Páramo R. 3/1/2024
		<b>Revisó:</b>	Ing. Cristian Leiva 10/1/2024
Guia Caminadora	<b>Escala:</b> 1:10	<b>Código:</b> 0005	<b>Tol. Gral:</b> ±1

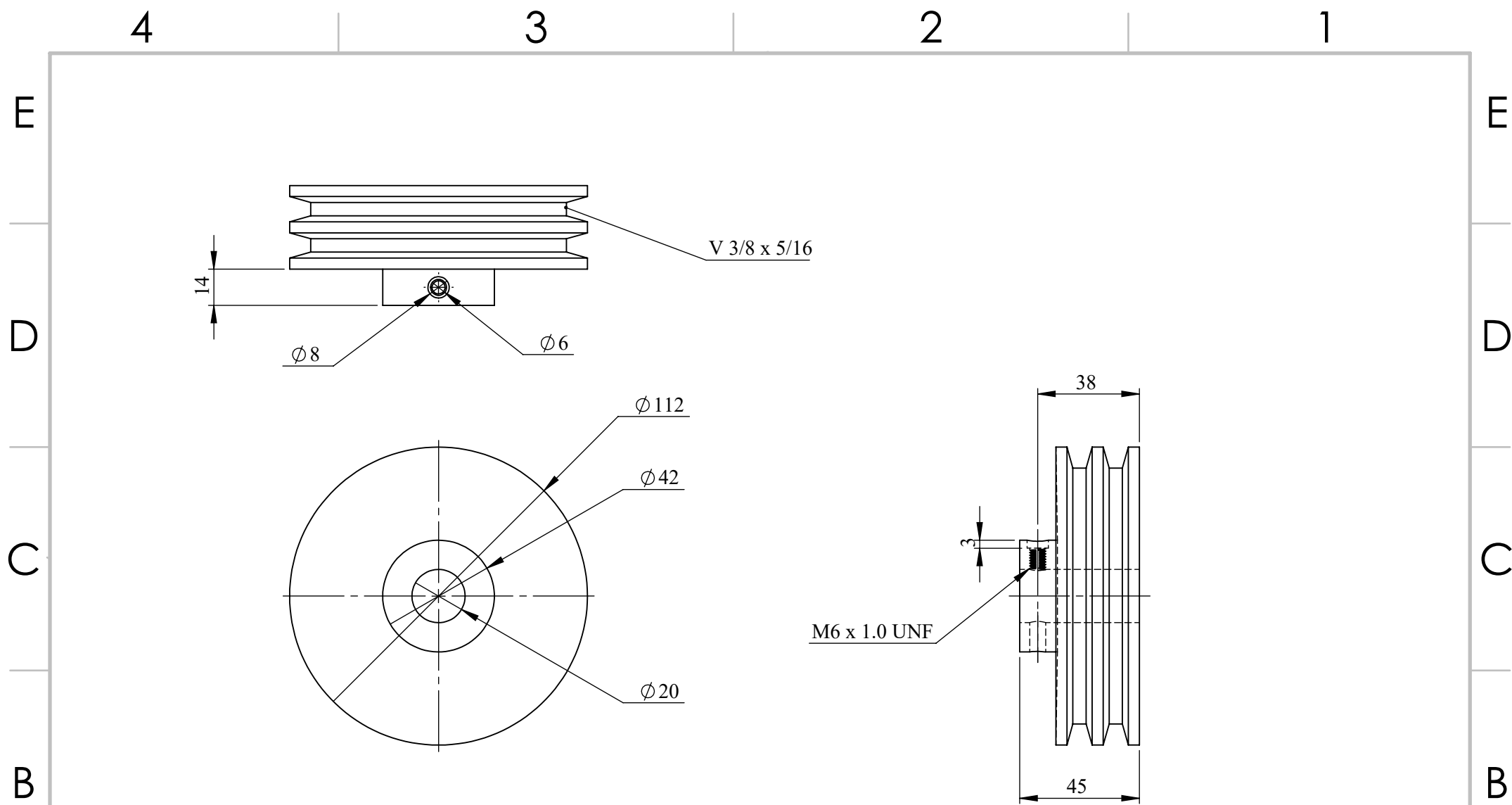


<b>Tratamiento Térmico:</b>	N/A	<b>Material:</b>	ASTM 304	<b>Dim. brutas:</b>	Ø19x100
<b>Recubrimiento:</b>	N/A				
<b>CARRERA DE INGENIERIA MECANICA</b>		<b>UPS</b>	<b>Diseño:</b>	Arcos R. & Páramo R.	3/1/2024
			<b>Dibujó:</b>	Arcos R. & Páramo R.	3/1/2024
			<b>Revisó:</b>	Ing.Cristian Leiva	10/1/2024
Guia cilindrica		<b>Escala:</b> 1:1	<b>Código:</b>	00016	<b>Tol. Gral:</b> ±1

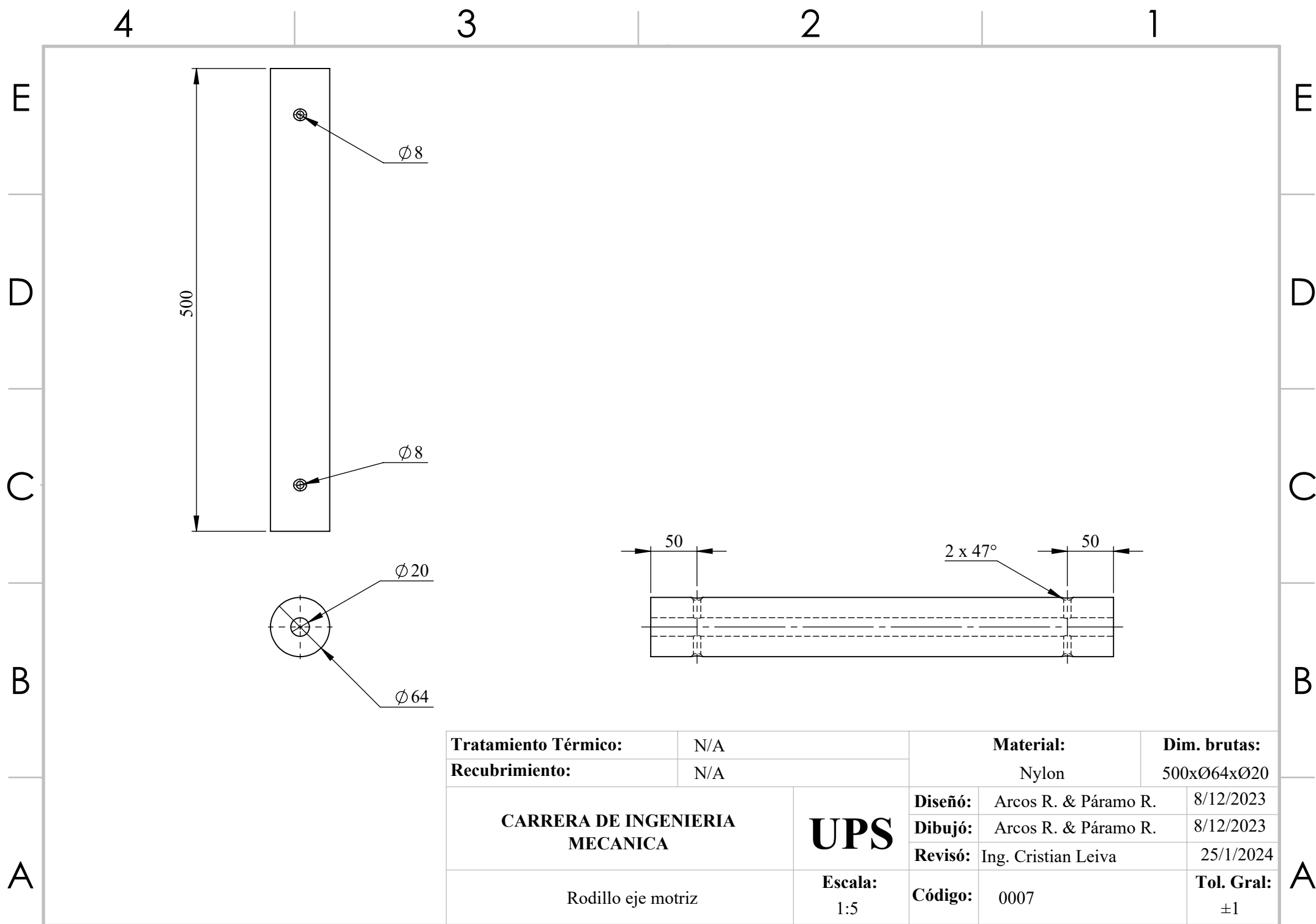




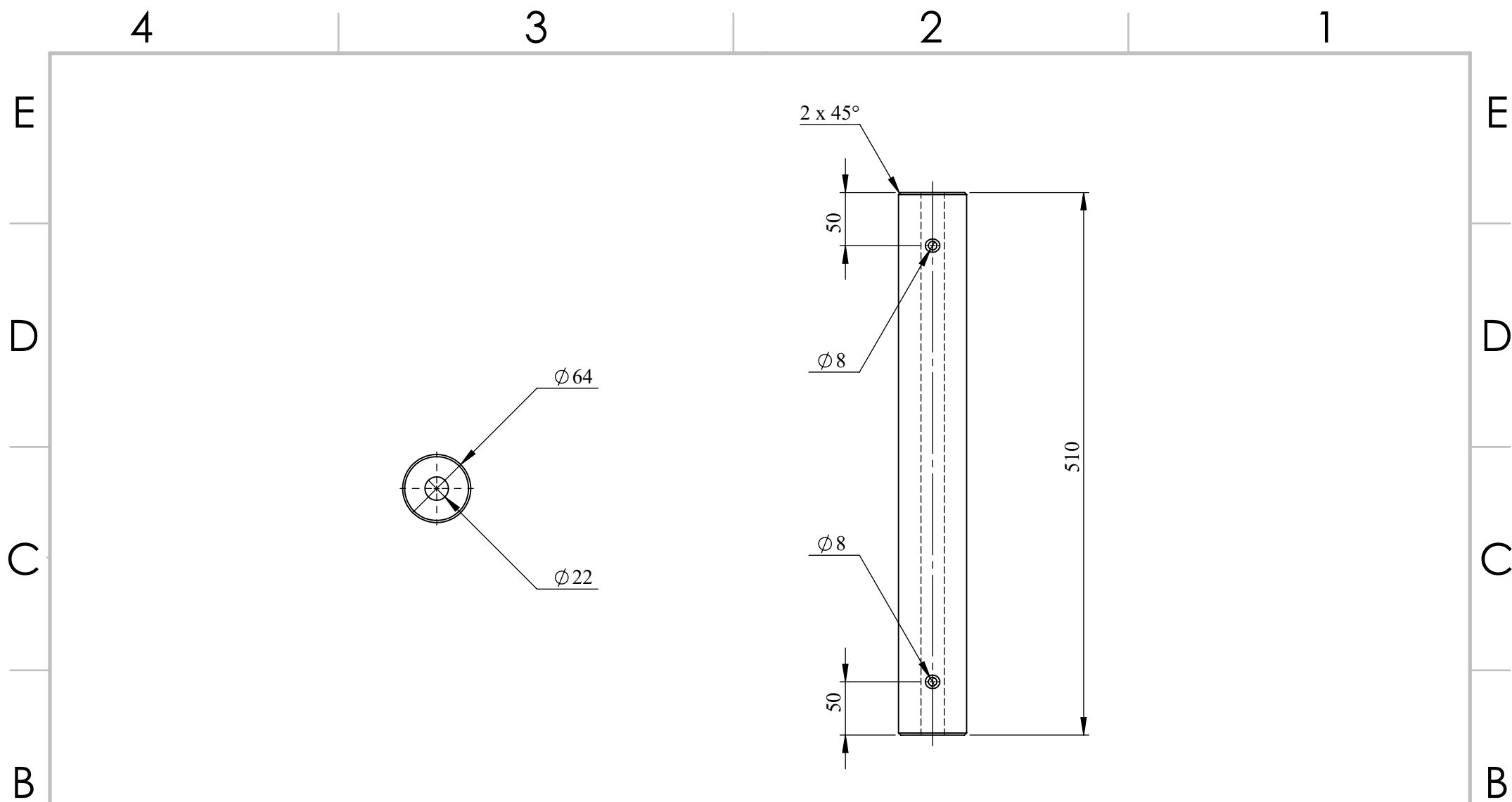
<b>Tratamiento Térmico:</b>	N/A	<b>Material:</b>	<b>Dim. brutas:</b>
<b>Recubrimiento:</b>	N/A	AISI 304	960x20x20
<b>CARRERA DE INGENIERIA MECANICA</b>		<b>UPS</b>	<b>Diseño:</b> Arcos R. & Páramo R. 4/1/2024
			<b>Dibujó:</b> Arcos R. & Páramo R. 4/1/2024
L de sujecion para paneles		<b>Escala:</b> 1:10	<b>Revisó:</b> Ing. Cristian Leiva 10/1/2024
			<b>Código:</b> 0007



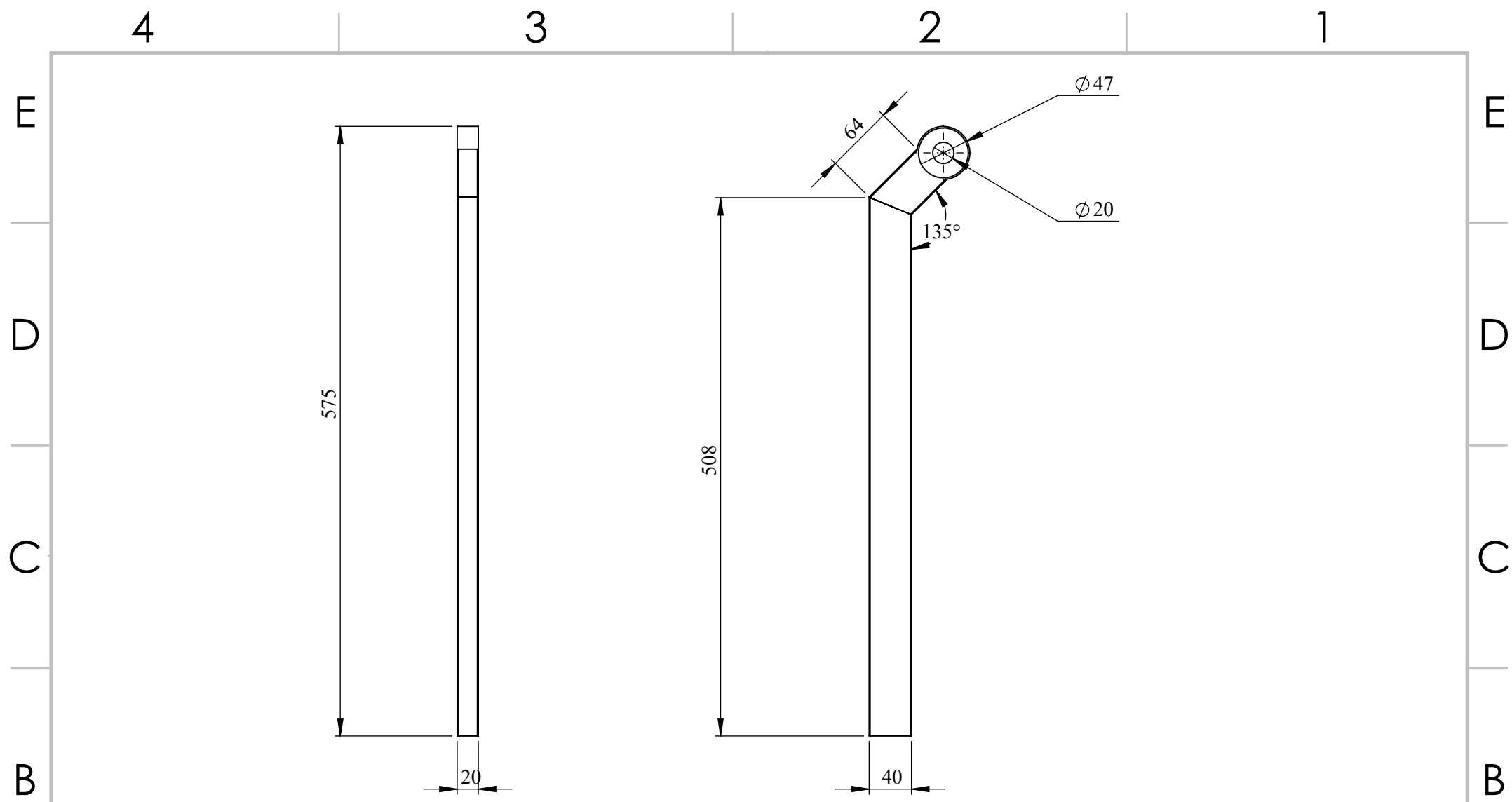
<b>Tratamiento Térmico:</b>	N/A	<b>Material:</b>	Aluminio	<b>Dim. brutas:</b>	$\text{Ø} 112 \times \text{Ø} 45 \times \text{Ø} 20$
<b>Recubrimiento:</b>	N/A				
<b>CARRERA DE INGENIERIA MECANICA</b>		<b>UPS</b>	<b>Diseño:</b>	Arcos R. & Páramo R.	24/1/2024
			<b>Dibujó:</b>	Arcos R. & Páramo R.	24/1/2024
Polea conducida		Escala: 1:2	<b>Revisó:</b>	Ing. Cristian Leiva	25/1/2024
			<b>Código:</b>	0010	<b>Tol. Gral:</b> $\pm 1$



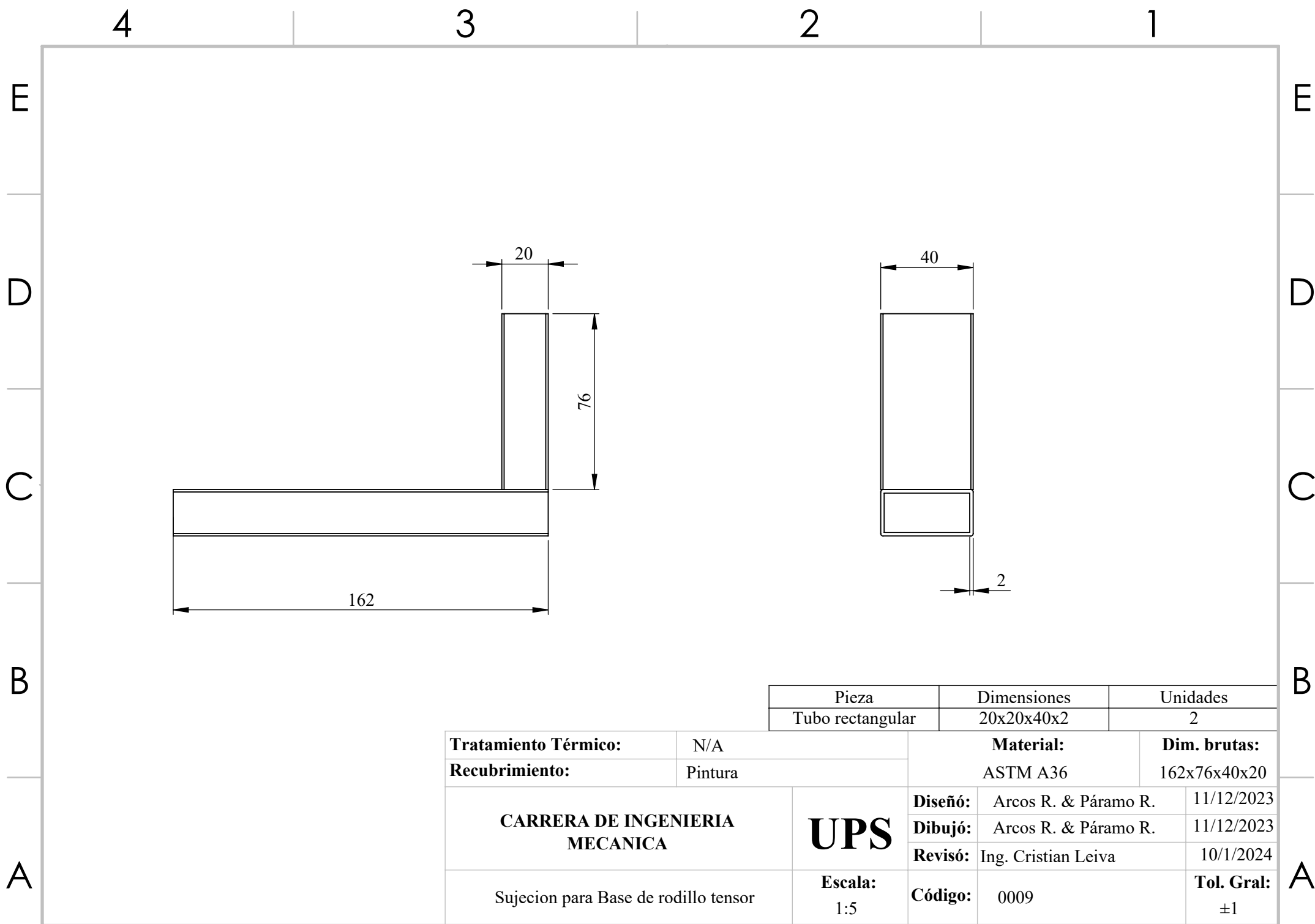
<b>Tratamiento Térmico:</b>	N/A	<b>Material:</b>	Nylon	<b>Dim. brutas:</b>	500xØ64xØ20
<b>Recubrimiento:</b>	N/A				
<b>CARRERA DE INGENIERIA MECANICA</b>		<b>UPS</b>	<b>Diseño:</b>	Arcos R. & Páramo R.	8/12/2023
			<b>Dibujó:</b>	Arcos R. & Páramo R.	8/12/2023
			<b>Revisó:</b>	Ing. Cristian Leiva	25/1/2024
Rodillo eje motriz		<b>Escala:</b> 1:5	<b>Código:</b>	0007	<b>Tol. Gral:</b> ±1



<b>Tratamiento Térmico:</b>	N/A	<b>Material:</b> Nylon	<b>Dim. brutas:</b> Ø64xØ22x510
<b>Recubrimiento:</b>	N/A		
<b>CARRERA DE INGENIERIA MECANICA</b>	<b>UPS</b>	<b>Diseño:</b>	Arcos R. & Páramo R. 8/12/2023
		<b>Dibujó:</b>	Arcos R. & Páramo R. 8/12/2023
		<b>Revisó:</b>	Ing.Cristian Leiva 10/1/2024
Rodillo Tensor	<b>Escala:</b> 1:20	<b>Código:</b> 0008	<b>Tol. Gral:</b> ±1

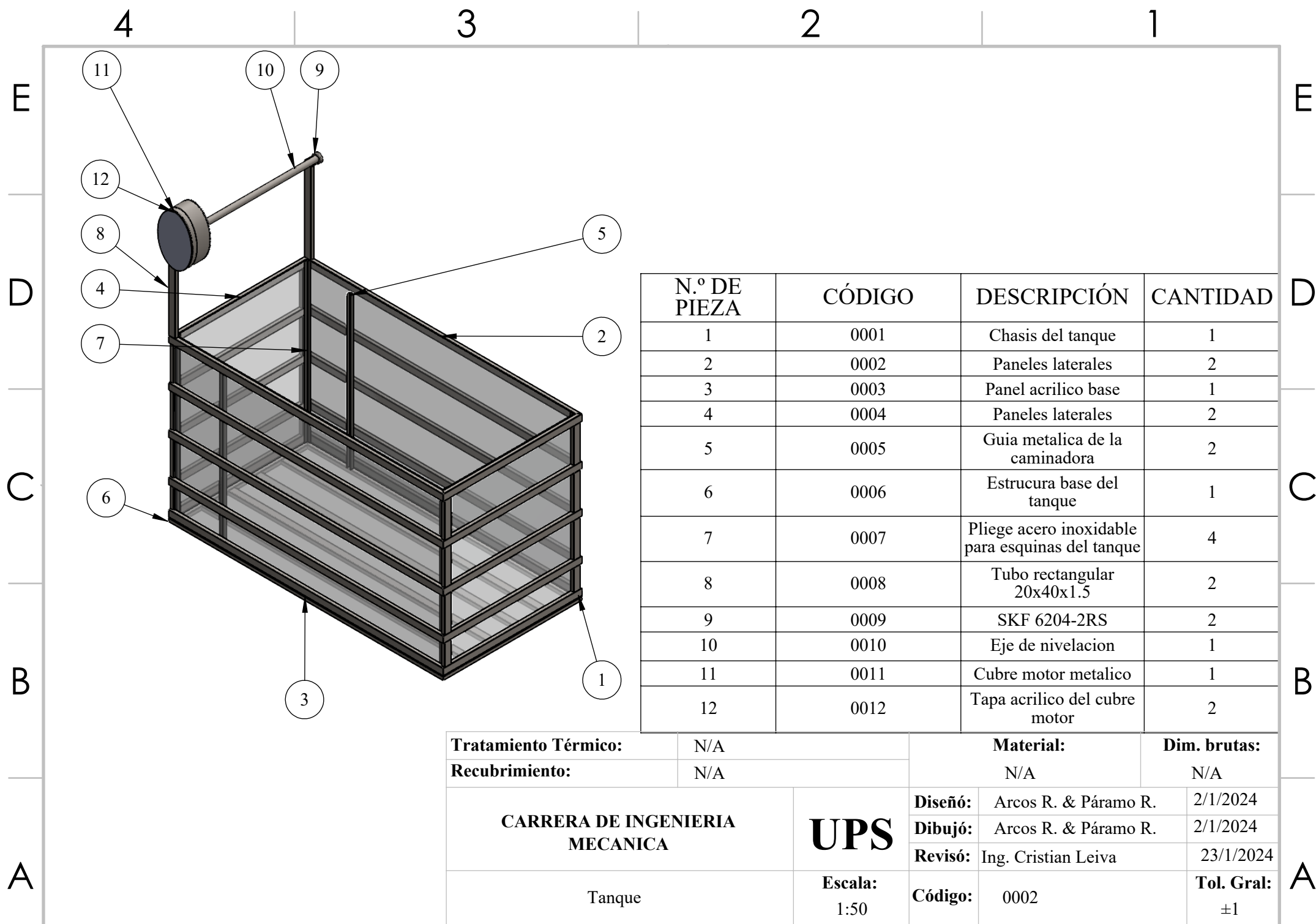


<b>Tratamiento Térmico:</b>	N/A	<b>Material:</b>	ASTM A36	<b>Dim. brutas:</b>	20x40x
<b>Recubrimiento:</b>	Pintura				
<b>CARRERA DE INGENIERIA MECANICA</b>		<b>UPS</b>	<b>Diseño:</b>	Arcos R. & Páramo R.	10/12/2023
			<b>Dibujó:</b>	Arcos R. & Páramo R.	10/12/2023
			<b>Revisó:</b>	Ing. Cristian Leiva	11/1/2024
Soporte motor de nivelacion delantero		<b>Escala:</b> 1:10	<b>Código:</b>	0008	<b>Tol. Gral:</b> ±1



Pieza	Dimensiones	Unidades
Tubo rectangular	20x20x40x2	2

<b>Tratamiento Térmico:</b>	N/A	<b>Material:</b>	<b>Dim. brutas:</b>
<b>Recubrimiento:</b>	Pintura	ASTM A36	162x76x40x20
<b>CARRERA DE INGENIERIA MECANICA</b>		<b>Diseño:</b>	Arcos R. & Páramo R. 11/12/2023
		<b>Dibujó:</b>	Arcos R. & Páramo R. 11/12/2023
		<b>Revisó:</b>	Ing. Cristian Leiva 10/1/2024
Sujecion para Base de rodillo tensor		<b>Escala:</b> 1:5	<b>Código:</b> 0009 <b>Tol. Gral:</b> ±1



N.º DE PIEZA	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	0001	Chasis del tanque	1
2	0002	Paneles laterales	2
3	0003	Panel acrilico base	1
4	0004	Paneles laterales	2
5	0005	Guia metalica de la caminadora	2
6	0006	Estrucura base del tanque	1
7	0007	Pliege acero inoxidable para esquinas del tanque	4
8	0008	Tubo rectangular 20x40x1.5	2
9	0009	SKF 6204-2RS	2
10	0010	Eje de nivelacion	1
11	0011	Cubre motor metalico	1
12	0012	Tapa acrilico del cubre motor	2

<b>Tratamiento Térmico:</b>	N/A	<b>Material:</b>	N/A	<b>Dim. brutas:</b>	N/A
<b>Recubrimiento:</b>	N/A				
<b>CARRERA DE INGENIERIA MECANICA</b>		<b>UPS</b>	<b>Diseño:</b>	Arcos R. & Páramo R.	2/1/2024
			<b>Dibujó:</b>	Arcos R. & Páramo R.	2/1/2024
			<b>Revisó:</b>	Ing. Cristian Leiva	23/1/2024
Tanque		<b>Escala:</b> 1:50	<b>Código:</b> 0002	<b>Tol. Gral:</b> ±1	