



**Centro Universitario de la Defensa
en la Escuela Naval Militar**

TRABAJO FIN DE GRADO

*Diseño mecánico de una plataforma de despegue para UAV's de
ala fija en la Armada*

Grado en Ingeniería Mecánica

ALUMNO: Guillermo Busto Cuiñas

DIRECTOR: Carlos Casqueiro Placer

CURSO ACADÉMICO: 2015-2016

Universida_deVigo



Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

TRABAJO FIN DE GRADO

Diseño mecánico de una plataforma de despegue para UAV's de ala fija en la Armada

Grado en Ingeniería Mecánica
Intensificación en Tecnología Naval
Cuerpo General

Universida_{de}Vigo

RESUMEN

En el presente Trabajo de Fin de Grado se puede encontrar el diseño mecánico del lanzador de UAVs “Booster-J4” de creación propia. En él, se mencionan algunos aspectos como el surgimiento de los primeros UAVs y el porqué de su incorporación en los ejércitos. Se continúa con una descripción del lanzador actualmente empleado en la Armada española y se finaliza con el desarrollo del proyecto, que incluye el diseño de todos y cada uno de los componentes necesarios para el correcto funcionamiento del lanzador que da nombre a este trabajo, los datos empíricos sobre los que basar el diseño de las mencionadas piezas y los planos de las mismas, así como las fichas técnicas de aquellos elementos comerciales que incorpora.

El “Booster-J4” trata de conseguir mejorar algunos de los aspectos más críticos encontrados en otros lanzadores, como la complejidad de alguna de sus partes, los pesos, o las dimensiones, de modo que optimiza el lanzamiento del RPAS “ScanEagle” a bordo de los buques de la Armada. Su diseño es exclusivo para la citada aeronave, ya que hoy en día, es la única de ala fija que podemos encontrar de alta en la 11ª Escuadrilla.

PALABRAS CLAVE

Booster-J4, UAV, lanzador, Armada española, ScanEagle

AGRADECIMIENTOS

Sirvan estas palabras para agradecer, en primer lugar, al TN (CG-EOF) Don Francico Javier Moreno Ochoa su inestimable y desinteresada labor de colaboración y entregada disposición al responder todas cuantas preguntas me han podido surgir durante la elaboración de este proyecto. Sus consejos y recomendaciones, como gran especialista en materia de UAVs, han sido de gran utilidad en la elaboración del diseño.

En segundo lugar, pero no por ello menos importante, a mi tutor y profesor Don Carlos Casqueiro Placer, por todas las horas compartidas dentro y fuera de las aulas a lo largo de mi periodo de formación en esta Escuela Naval Militar y por todas sus sabias aportaciones a este proyecto, respaldándome en todo momento y mostrándose siempre disponible para atender todas mis cuestiones. A mi compañero de camareta y amigo, el AF (CG-EOF) Don Ignacio Rodríguez Ribas, por su disposición e interés al resolver todas mis inquietudes en la materia de este trabajo.

Por último pero en lugar preferente, a mi padre, el GD (CINA-EOF) Don Francisco Busto Salgado, porque todas sus enseñanzas son aplicables a mi vida personal y profesional, porque ha sido, es y será siempre mi más alta referencia, el ejemplo de militar impecable que en todo momento he querido seguir pero que tan difícil es de alcanzar.

CONTENIDO

Contenido	1
Índice de Figuras	5
Índice de Tablas.....	9
1 Introducción y objetivos	11
1.1 Necesidad de incorporación de UAVs	11
1.1.1 Seguridad e integridad del piloto	11
1.1.2 Avances tecnológicos	12
1.1.3 Marco económico	12
1.2 Objetivos del proyecto	12
2 Estado del arte	13
2.1 Historia.....	13
2.1.1 Aparición del primer UAV	13
2.1.2 Primeros usos militares	14
2.1.3 Incorporación a la Armada Española del primer UAV.....	14
2.2 Tipos de UAV	14
2.3 Tipos de sistemas de lanzamiento	15
2.4 Tipos de sistemas de recogida.....	16
2.5 Armada Española: nuestro sistema de lanzamiento	18
2.6 Armada Española: nuestro sistema de recogida.....	21
2.7 Determinación de necesidades del sistema de lanzamiento.....	21
3 Desarrollo del TFG.....	23
3.1 Software utilizado	23
3.1.1 Qué es CAD	23
3.1.2 Qué es CAE	24
3.1.1 Qué es CAM	24
3.2 El lanzador “Booster-J4”	24
3.2.1 ¿Por qué elástico?	25
3.3 Descripción general.....	26
3.4 Posición de lanzamiento estándar	27
3.5 Piezas y componentes del “Booster-J4”.....	28
3.5.1 Soporte trasero	28
3.5.1.1 Patas traseras	29
3.5.1.2 Eje de ruedas	29

3.5.1.3 Ruedas neumáticas	30
3.5.2 Pata telescópica delantera	31
3.5.2.1 Viga ancha	32
3.5.2.2 Viga estrecha	32
3.5.2.3 Plancha de sujeción para las ruedas.....	33
3.5.2.4 Pie de apoyo multidireccional	34
3.5.2.5 Ruedas delanteras	34
3.5.2.6 Perno pasante.....	35
3.5.3 Conjunto del rail	36
3.5.3.1 Rail	36
3.5.3.2 Enganche del perno disparador al rail	36
3.5.4 Conjunto de poleas traseras	37
3.5.4.1 Poleas con rodamiento.....	37
3.5.4.2 Poleas con pasador sin rodamiento.....	39
3.5.4.3 Eje inferior.....	40
3.5.4.4 Separador de poleas pequeño	41
3.5.4.5 Motor-reductor	41
3.5.4.6 Soporte del motor-reductor.....	42
3.5.4.7 Placas laterales inferiores	43
3.5.4.8 Goma elástica	44
3.5.4.9 Cable.....	45
3.5.5 Conjunto de poleas delanteras	46
3.5.5.1 Eje superior.....	46
3.5.5.2 Placas laterales superiores	47
3.5.5.3 Poleas con rodamiento.....	48
3.5.5.4 Separador de poleas grande	48
3.5.6 Conjunto del carrito	49
3.5.6.1 Ruedas de nylon	50
3.5.6.2 Ejes de las ruedas	51
3.5.6.3 Pastillas antifricción	52
3.5.6.4 Armazón	52
3.5.6.5 Pivotes	53
3.5.6.6 Refuerzos de los pivotes.....	54
3.5.6.7 Brazos rotatorios.....	54
3.5.6.8 Espuma protectora.....	56
3.5.6.9 Brazos imantados	56
3.5.6.10 Placa de enganche del disparador.....	57
3.5.6.11 Perno disparador.....	58

3.5.6.12 Enganche de la goma al carrito	59
3.6 Funcionamiento.....	60
3.6.1 Recorrido del cable y la goma	60
3.6.2 Desde la posición de reposo hasta la posición de carga	60
3.7 Determinación de la fuerza necesaria	61
3.7.1 Definir el peso en movimiento	62
3.7.2 Cálculo del peso “freno”	62
3.7.3 Cálculo de la fuerza necesaria	62
3.7.3.1 Cálculo de la velocidad necesaria según características de la goma	63
3.8 Simulación mediante elementos finitos del carro	65
4 Resultados / Validación / Prueba.....	69
4.1 Comparación de lanzadores	69
4.1.1 Dimensiones	69
4.1.2 Pesos	69
4.1.3 Montaje	69
4.1.4 Empleo.....	69
4.1.5 Fundamentos de accionamiento.....	70
4.1.6 Puntos en común.....	70
5 Conclusiones y líneas futuras	71
5.1 Cumplimiento de objetivos	71
5.2 Líneas futuras	71
6 Bibliografía.....	74
Anexo I: Planos	77
Anexo II: Fichas Técnicas	143
Anexo III: Tablas de perfiles.....	159

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1 Fotografía del “Aerial Target” (tomada de [2]).....	13
Figura 2-2 Clasificación de UAVs (obtenida de [3])	14
Figura 2-3 Catapulta neumática “SuperWedge” del “ScanEagle” (Imagen tomada de [4])	15
Figura 2-4 Catapulta elástica.....	15
Figura 2-5 Lanzamiento manual del “Raven RQ-11” (imagen tomada de [5])	16
Figura 2-6 Lanzador cohete del “Mohajer-4” (imagen tomada de [6]).....	16
Figura 2-7 Toma con paracaídas (imagen tomada de [7]).....	17
Figura 2-8 Enganche con sistema “Skyhook” para el “ScanEagle” (imagen tomada de [3])	17
Figura 2-9 Red de aterrizaje (imagen tomada de [8]).....	17
Figura 2-10 Sistema de lanzamiento “SuperWedge” con “ScanEagle” montado (imagen tomada de [3]).....	18
Figura 2-11 Lanzador “SuperWedge” (imagen tomada de [9])	19
Figura 2-12 Sistema de recogida “SkyHook” (imagen tomada de [2]).....	21
Figura 2-13 Dimensiones del RPAS “Scaneagle” (imagen tomada de [9])	22
Figura 3-1 Vista 1 del “Booster-J4”	25
Figura 3-2 Vista 2 del “booster-J4”	25
Figura 3-3 Despiece de los subconjuntos más generales.....	26
Figura 3-4 Sistema de calzos y trincas (imagen tomada de [12]).....	28
Figura 3-5 Pata trasera.....	29
Figura 3-6 Eje de ruedas.....	30
Figura 3-7 Eje de ruedas con tuercas.....	30
Figura 3-8 Rueda neumática.....	31
Figura 3-9 Ensamble de la pata telescópica delantera.....	31
Figura 3-10 Viga ancha	32
Figura 3-11 Viga estrecha	33
Figura 3-12 Plancha de sujeción para las ruedas.....	33
Figura 3-13 Pie de apoyo multidireccional	34
Figura 3-14 Rueda delantera	35
Figura 3-15 Perno pasante	35
Figura 3-16 Perno pasante con tuerca	35
Figura 3-17 Rail.....	36
Figura 3-18 Enganche del perno disparador al rail	37
Figura 3-19 Polea con rodamiento	37

Figura 3-20 Polea sin rodamiento	38
Figura 3-21 Rodamiento de bolas sin cubiertas	38
Figura 3-22 Polea con pasador sin rodamiento	39
Figura 3-23 Perno de fijación del cable.....	39
Figura 3-24 Perno de fijación del cable con tuerca	40
Figura 3-25 Eje inferior.....	40
Figura 3-26 Eje inferior con tuerca	41
Figura 3-27 Separador de poleas pequeño.....	41
Figura 3-28 Motor-reductor.....	42
Figura 3-29 Soporte del motor-reductor.....	42
Figura 3-30 Placa lateral inferior.....	43
Figura 3-31 Rodamiento de bolas con cubierta.....	43
Figura 3-32 Certificado de calidad de “Sandow Technic”	44
Figura 3-33 Ejemplo de colocación de la anilla en la goma (imagen tomada de [17]).....	44
Figura 3-34 Empalme de las gomas (imagen tomada de [17]).....	45
Figura 3-35 Cable de acero.....	45
Figura 3-36 Guardacabos de acero galvanizado.....	46
Figura 3-37 Mosquetón de acero inoxidable	46
Figura 3-38 Eje superior.....	47
Figura 3-39 Eje superior con tuercas.....	47
Figura 3-40 Placas laterales superiores	48
Figura 3-41 Separador de poleas grande	49
Figura 3-42 Carrito, vista delantera.....	49
Figura 3-43 Carrito, vista trasera.....	50
Figura 3-44 Rueda de nylon del carrito.....	51
Figura 3-45 Eje de las ruedas del carrito	51
Figura 3-46 Eje de las ruedas del carrito con tuerca	52
Figura 3-47 Pastilla antifricción	52
Figura 3-48 Armazón del carrito	53
Figura 3-49 Pivotes sobre el armazón	54
Figura 3-50 Brazos rotatorios encastrados en los pivotes sobre el armazón.....	55
Figura 3-51 Brazo rotatorio	55
Figura 3-52 Foam montado sobre el brazo giratorio.....	56
Figura 3-53 Brazos soporte del imán.....	56
Figura 3-54 Vista de los imanes en el carrito	57
Figura 3-55 Disco magnético	57

Figura 3-56 Placa de enganche del disparador en el carrito.....	58
Figura 3-57 Perno disparador	59
Figura 3-58 Enganche de la goma al carrito.....	59
Figura 3-59 Vista inferior del enganche soldado al carrito	60
Figura 3-60 Diagrama de fuerzas de la goma.....	65
Figura 3-61 Vista lateral del desplazamiento producido.....	66
Figura 3-62 Vista oblicua del desplazamiento producido	66
Figura 3-63 Tensión de Von Mises	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1 Componentes del “SuperWedge”	19
Tabla 2-2 Dimensiones del lanzador “SuperWedge”	20
Tabla 3-1 Cálculo de las fuerzas necesarias	62

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Como el propio título del presente Trabajo de Fin de Grado indica, versa sobre el diseño de una plataforma de despegue para UAVs de ala fija en la Armada mediante el uso de la herramienta informática “NX Siemens”.

Los UAVs (Unmanned Aircraft Vehicle Systems) o RPAS (Remotely Piloted Aircraft Systems), son una de las puntas de lanza y uno de los más destacados intereses que tiene la Armada española actualmente en lo que a las operaciones aéreas se refiere. Su desarrollo se encuentra a la orden del día, por ello se ha planteado este trabajo en el que se diseñará y explicará la plataforma ya mencionada, intentando mejorar las ya existentes o, en su defecto, mejorar alguna de las características particulares de las mismas. En particular, de la empleada por la Armada española.

Dado que las aplicaciones de los UAVs son múltiples. En la etapa de concepción de este proyecto se ha tomado la decisión de centrar su estudio y desarrollo para sistemas embarcados. De todos modos, su posible aplicación no excluye a los sistemas en tierra.

1.1 Necesidad de incorporación de UAVs

La aparición de estos sistemas viene marcada por factores como la seguridad e integridad de las personas físicas que componen la Armada, el avance de las nuevas tecnologías o las limitaciones económicas actuales.

1.1.1 Seguridad e integridad del piloto

El fundamento de los RPAS es el vuelo no tripulado, lo que no quiere decir que la aeronave no sea pilotada, sino que actualmente se controla en el buque desde el cual ha sido lanzada.

Es un factor muy positivo en escenarios de alta intensidad, en los que poner en riesgo la vida del piloto no es un factor condicionante para el éxito de la misión. Es decir, hay situaciones en las que la necesidad de empleo de una aeronave tripulada es todavía imperiosa, como puede ser un bombardeo, o la detención y neutralización de un esquiife pirata. Sin embargo, estas aeronaves de pequeño tamaño, pueden actuar en otros escenarios y operaciones, tales como ISR (Intelligence, Surveillance &

Reconnaissance), vigilancia marítima, apoyo a las operaciones, control de fronteras, control de incendios...

1.1.2 Avances tecnológicos

En el campo de las aeronaves no tripuladas, la industria aeronaval está avanzando mucho en la actualidad. Por ello, para todas las fuerzas armadas, situarse a la cabeza de la nueva maquinaria y métodos es una cuestión esencial. No sólo se trata de conocer las capacidades del enemigo, sino de evolucionar lo máximo posible para conseguir que las propias sean aún mejores.

1.1.3 Marco económico

El desarrollo y empleo de los RPAS supone un gran avance en este campo, de gran actualidad y que ayuda a cumplir los planes de austeridad de la Armada.

Las aeronaves tripuladas, por lo general, consumen grandes cantidades de combustible. El consumo de los UAVs es mucho menor, lo que les da un atractivo extra de cara a todos los mercados de carácter militar. Por ello, la consecución de los mejores sistemas y el desarrollo de las mejores tecnologías relacionadas con los RPAS, son factores de gran interés para todas las empresas del sector.

1.2 Objetivos del proyecto

El objetivo del presente proyecto es llevar a cabo un diseño innovador de una plataforma de lanzamiento de RPAS, que recibirá el nombre de “Booster-J4”.

El sistema con el que cuenta la Armada en la actualidad cumple con su objetivo principal de funcionamiento, pero con la plataforma que se desarrollará a lo largo de este trabajo, se tratará de optimizar aspectos como el lanzamiento, los pesos, la movilidad, el almacenamiento y la estiba de sus componentes en espacios lo más reducidos en la medida de lo posible.

A tal efecto, en las líneas que siguen, se llevará a cabo el estudio y análisis del surgimiento de estas aeronaves no tripuladas, sus tipos, los tipos de lanzadores, así como el de actual vigencia en la Armada española.

Se determinarán las necesidades y requerimientos del sistema a diseñar en cuanto a factores como: tamaño y peso de la aeronave, velocidad de despegue y vuelo, etc.

Una vez efectuado tal estudio, se desarrollará la plataforma y se diseñará, de modo que cumpla con las especificaciones requeridas.

2 ESTADO DEL ARTE

2.1 Historia

2.1.1 Aparición del primer UAV

Su aparición data de mediados del siglo XIX, más concretamente el 22 de agosto de 1849, en un ataque del ejército austríaco a la ciudad de Venecia. Se podría decir que este ataque supuso la primera utilización de la historia de un dron. Aunque no se trata del concepto que tenemos hoy día de aeronave no tripulada de control remoto, sí que es cierto que cumplía con el objetivo de volar y llevar a cabo una misión.

Se trataba de globos cargados con explosivos lanzados desde un buque, cuyo movimiento dependía de la dirección e intensidad con la que soplase el viento. Los globos explotaban sobre la ciudad gracias a un sistema que portaba una batería galvánica con un hilo de cobre aislado. Este sistema hacía caer el explosivo verticalmente sobre el punto en el que se había hecho romper el globo.

Sin embargo, lo que hoy en día cumple en mayor medida con el concepto de RPAS, surgió durante la Primera Guerra Mundial, en 1916 bajo el nombre de “Aerial target” (*Figura 2-1*). Su objetivo era servir de blanco de tiro para baterías antiaéreas, según [1].



Figura 2-1 Fotografía del “Aerial Target” (tomada de [2])

2.1.2 Primeros usos militares

Este hito, de mayor entidad que el citado anteriormente, supone la primera aparición de un UAV en el marco histórico y a su vez, su primera aparición con carácter militar. El “Aerial Target” surge de manos del ejército británico durante la Primera Guerra Mundial, a la par que empiezan a hacerlo los primeros misiles, cuyo fundamento es el guiar explosivos hasta un objetivo mediante el seguimiento de este.

2.1.3 Incorporación a la Armada Española del primer UAV

Es el 14 de julio de 2014 cuando el Almirante Jefe de Estado Mayor de la Armada (AJEMA) da la directiva para la creación y entrada en servicio de la 11ª Escuadrilla de Aeronaves de la Armada (de Sistemas Aéreos Pilotados de Forma Remota), o lo que es lo mismo, RPAS.

Se reciben en España los primeros cuatro aviones a fecha de 7 de enero de 2015 y el sistema es instalado por primera vez a bordo del buque de la Armada “LPD Galicia”. Se trata del “ScanEagle”, un sistema de la compañía Boeing que, por sus buenas características, está presente en la mayoría de las Armadas de primera línea.

2.2 Tipos de UAV

Hay varios factores a tener en cuenta a la hora de clasificar los UAV y, atendiendo a la clasificación que les da la OTAN, son los que siguen: peso al despegue o MTOW (Maximum Take-Off Weight), empleo, altitud operacional o techo y alcance o radio de misión.

La tabla resumen de la *Figura 2-2* que se encuentra a continuación relaciona todos estos factores de la forma más visual posible.

Tipo Tarjeta	Clase (MTOW)	Categoría	Empleo	Altitud Operacional AGL	Radio de Misión	Ejemplo de Plataforma
Tipo I	CLASE I ≤ 150 Kg	SMALL > 20 Kg	Unidad Táctica	Hasta 1.200 ft	50 Km (LOS)	Hermes 90
		MINI 2-20 Kg	Subunidad Táctica	Hasta 1.000 ft	25 Km (LOS)	Raven
		MICRO < 2 Kg	Táctico, Pelotón, Sección, personal	Hasta 200 ft	5 Km (LOS)	Black Widow
Tipo II	CLASE II >150/≤600 Kg	TÁCTICO	Formación Táctica	Hasta 10.000 ft	200 Km (LOS)	Searcher MK II
	CLASE III > 600 Kg	Strike /Combat	Estratégico	Hasta 65.000 ft	Sin límite (BLOS)	
		HALE (High Altitude Long Endurance)	Estratégico	Hasta 65.000 ft	Sin Límite (BLOS)	Global Hawk
		MALE (Medium Altitude Long Endurance)	Operacional /de Teatro	Hasta 45.000 ft	Sin Límite (BLOS)	Predator A y B, Heron y Heron TP

Figura 2-2 Clasificación de UAVs (obtenida de [3])

El “ScanEagle” se encuadra dentro de los UAV de clase I, de categoría “Small”, pero opera como “Táctico”.

2.3 Tipos de sistemas de lanzamiento

En cuanto a lo que realmente es materia del proyecto, se hablará ahora de los diferentes sistemas de lanzamiento existentes.

Los RPAS actualmente pueden ser lanzados mediante catapulta (de acción neumática, elástica o hidráulica), manualmente o por cohetes auxiliares en el cuerpo del avión o en la propia plataforma lanzadora.



Figura 2-3 Catapulta neumática "SuperWedge" del "ScanEagle" (Imagen tomada de [4])



Figura 2-4 Catapulta elástica



Figura 2-5 Lanzamiento manual del “Raven RQ-11” (imagen tomada de [5])



Figura 2-6 Lanzador cohete del “Mohajer-4” (imagen tomada de [6])

2.4 Tipos de sistemas de recogida

En lo que a los sistemas de recogida de RPAS se refiere, puede efectuarse mediante el uso de un paracaídas adecuado al tamaño de la aeronave, mediante un cable, provocando el impacto contra una red o mediante el truncado del cuerpo de la aeronave y su caída al suelo.

El haber visto estos sistemas lanzadores puede dar lugar a pensar cómo se efectúa la recogida de los aparatos no tripulados. Por lo que a continuación se adjuntan algunas imágenes que permiten su visualización.



Figura 2-7 Toma con paracaídas (imagen tomada de [7])



Figura 2-8 Enganche con sistema "Skyhook" para el "ScanEagle" (imagen tomada de [3])



Figura 2-9 Red de aterrizaje (imagen tomada de [8])

2.5 Armada Española: nuestro sistema de lanzamiento

Actualmente, la Armada Española está dando uso al sistema de lanzamiento “SuperWedge”, válido para efectuar el despegue del “ScanEagle”. Se le conoce coloquialmente como el “SuperEasy” debido a su sencillez y fiabilidad.

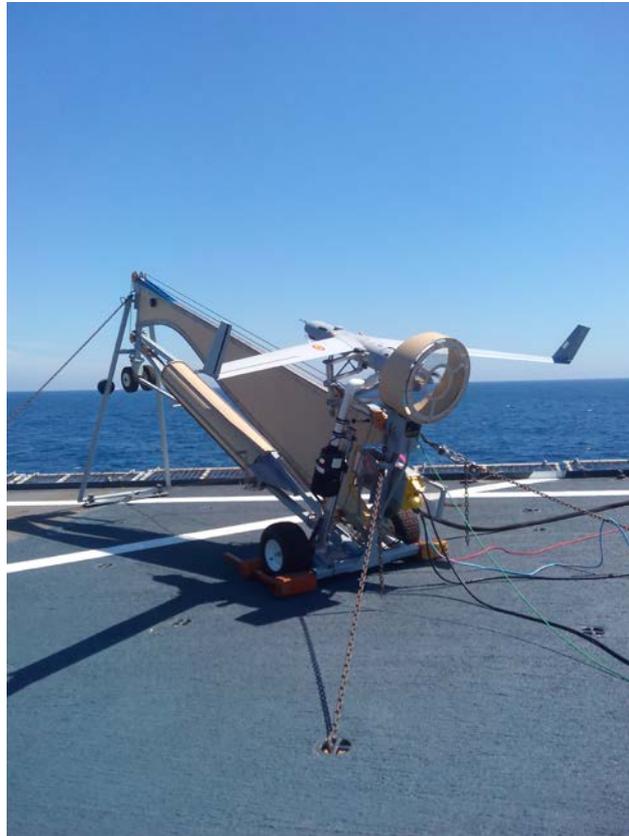


Figura 2-10 Sistema de lanzamiento “SuperWedge” con “ScanEagle” montado (imagen tomada de [3])

El Superwedge emplea un sistema de propulsión neumática, encargado de proporcionar el impulso que dota a la aeronave de la velocidad inicial necesaria para realizar el despegue efectivamente.

Como vemos en la *figura 2-10*, se trata de un sistema compacto que no necesita de gran espacio para ser instalado. El aparato va firme a la cubierta mediante un sistema de calzos y trincas, muy similar al que emplean las aeronaves tripuladas de otras escuadrillas a bordo. Todo esto, la sencillez de la sujeción y el pequeño espacio que ocupa una vez instalado, le permiten ser empleado en casi todas las cubiertas de los buques de la Armada.

El lanzador va montado sobre ruedas que le permiten el movimiento a lo largo de toda la superficie de la cubierta. Este está compuesto de un cilindro de aire y de un compresor. En la *figura 2-11*, podemos ver un esquema general del mismo.

En cuanto a la energía eléctrica empleada en el lanzamiento, el SuperWedge, utiliza 120V de corriente alterna.

El aire presurizado necesario para efectuar un lanzamiento proviene del compresor, alimentado eléctricamente. Este aire es conducido al cilindro de aire a través de unas vías neumáticas para empujar al pistón durante la secuencia de lanzamiento.

Dicho compresor, se enciende o se apaga mediante accionamiento en la consola de control remoto del lanzador.

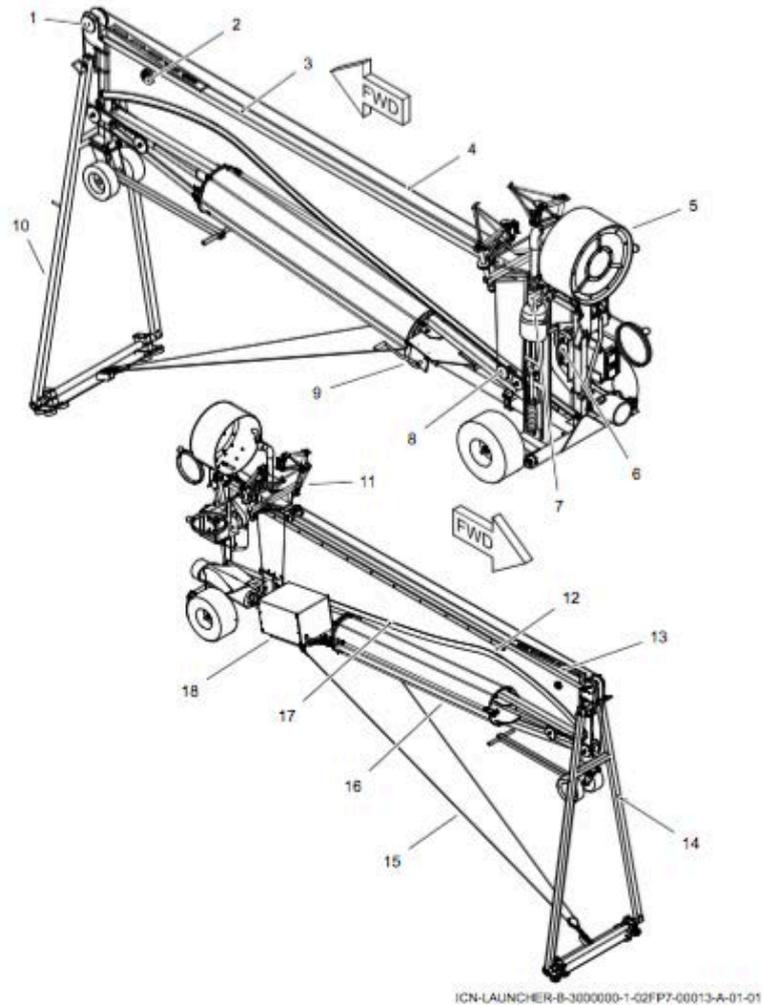


Figura 2-11 Lanzador “SuperWedge” (imagen tomada de [9])

Cuyas piezas correspondientes se asocian a continuación en la *tabla 2-1*.

Componentes	Componentes
1.- Polea	10.- Patas en forma de “A”
2.- Polea de frenado	11.- Carrito superior
3.- Rail superior	12.- Cuello del lanzador
4.- Cable	13.- Rampa de despegue
5.- Protector del rotor	14.- Estiba de las ruedas en las patas
6.- Cabrestante de armado	15.- Erection cable
7.- Proveedor de aire (Blower)	16.- Cilindro de aire
8.- Carrito inferior	17.- Rail inferior
9.- Cabrestante de elevación	18.- Compresor de aire

Tabla 2-1 Componentes del “SuperWedge”

A continuación [9], se explica la función y algunas características que ayudan a entender de mejor modo el funcionamiento de las partes anteriormente citadas:

- Las poleas son unos discos metálicos que ayudan a cambiar la dirección de transmisión del cable.
- Las (arresting pulleys) son discos de metal que detienen el movimiento de transmisión del cable y de los carritos.
- El rail superior es la superficie que permite al carrito superior su movimiento durante el lanzamiento.
- El cable de transmisión es un cable de acero que provee de movimiento al carrito superior.
- La carcasa del propulsor es un cilindro metálico y plástico que proporciona protección a los miembros de la dotación del sistema de propulsión del vehículo aéreo.
- El (cocking winch) da tensión al cable de transmisión a través de la retracción del carrito superior con el (cocking winch strap).
- El blower es un ventilador que proporciona aire al motor del vehículo a través del (duct assembly for cooling).
- El carrito inferior es una estructura metálica que dirige al cable de transmisión y se mueve con el carrito superior.
- El (erection winch) tensa o destensa el cable que permite el levantamiento o la bajada del lanzador.
- Las patas en forma de A sujetan el lanzador en el ángulo requerido para el lanzamiento.
- El carrito superior, hecho de fibra de vidrio y metal, sostiene al vehículo aéreo durante el lanzamiento.
- El cuello del lanzador (launcher neck) es el punto donde el rail superior y el inferior están juntos.
- La rampa de ski es una tira (strip) de metal que ayuda al vehículo aéreo a ser lanzado con el ángulo correcto.
- La estiba de las ruedas en las patas es necesaria cuando las patas en forma de A del lanzador están desplegadas.
- El (erection cable) se conecta al soporte en forma de A y, cuando entra en estado de tensión, eleva al lanzador.
- El cilindro de aire es la carcasa cilíndrica que contiene al pistón.
- La pista inferior es el rail que permite el movimiento del carrito inferior durante el lanzamiento.
- El compresor de aire introduce aire comprimido al interior del cilindro.

En la *Tabla 2-2* se puede ver, de manera resumida, un cuadro con las dimensiones del lanzador “SuperWedge”.

	Estibado	Desplegado
Altura	2,00 m	3,05 m
Ancho	1,25 m	1,25 m
Largo	4,98 m	6,40 m
Peso	-	707 kg

Tabla 2-2 Dimensiones del lanzador “SuperWedge”

2.6 Armada Española: nuestro sistema de recogida

El mecanismo empleado actualmente para llevar a cabo la recogida del RPAS en vuelo recibe el nombre de “SkyHook”. Su funcionamiento es relativamente sencillo. El aterrizaje de la aeronave se efectúa mediante la instalación de esta plataforma, que consiste en un brazo hecho firme a la cubierta que tiende un cable encargado de recuperar la aeronave. Esta última va provista de un gancho en una de sus alas que le permite efectuar tal maniobra.



Figura 2-12 Sistema de recogida “SkyHook” (imagen tomada de [2])

Mediante el I-Muse, que es el interfaz informático encargado de gestionar los planes de vuelo, el lanzamiento, la operación, la monitorización y la recuperación de la aeronave, se informa al operador de las discrepancias que el sistema encuentra respecto a la misión y los comandos que en él van cargados:

1. Orografía del terreno.
2. Combustible disponible.
3. Condiciones meteorológicas.
4. Parámetros de lanzamiento y recuperación.
5. Sobrevuelo de zonas restringidas.

2.7 Determinación de necesidades del sistema de lanzamiento

En este apartado, se introducen algunos datos que son críticos o muy importantes para efectuar el lanzamiento óptimo y conseguir así la sustentación del aparato una vez en vuelo.

En lo que al tamaño del lanzador se refiere, dependerá en gran medida de la fuerza con la que el sistema sea capaz de lanzar el avión. Es decir, en función de la fuerza y de la velocidad con la que necesite salir el avión para conseguir su sustentación, se determinarán estas características. En el caso del “Superwedge” sus dimensiones (en metros) son las de la *Tabla 2-2*.

En el caso de la propia aeronave, su MTOW o peso máximo en el despegue es de 22kg, su longitud es de 1,55 m y su envergadura de 3,11 m.



Figura 2-13 Dimensiones del RPAS “Scaneagle” (imagen tomada de [9])

Su velocidad en el momento del lanzamiento ha de ser de entre 19 y 28 m/s, y dentro de ese margen, oscilará en función del viento relativo a la hora del lanzamiento.

El ángulo de lanzamiento es estándar y no es modificable. Siempre se efectúa el lanzamiento con 17 grados de elevación.

En cuanto a la posición del barco en el momento del lanzamiento, este ha de maniobrar para conseguir un despegue óptimo del avión, como ocurre con cualquier otra aeronave embarcada. La unidad lanzadora del “ScanEagle” junto a la dotación de la 11ª Escuadrilla, antes de salir a la mar, ha de embarcar las cartas de viento para dichas aeronaves, mediante las que se determina el rumbo que ha de adoptar el buque en función del viento existente y en función de los requerimientos de la aeronave para su disparo.

3 DESARROLLO DEL TFG

3.1 Software utilizado

Durante el proceso de diseño del “Booster-J4”, se ha empleado el programa de diseño *NX 9.0* de *Siemens*.

Se trata de un software que, como podemos leer en [10], “ayuda a desarrollar diferentes diseños y productos. A diferencia de las soluciones empresariales cerradas y exclusivamente CAD, NX ofrece el más alto nivel de integración entre las diversas disciplinas de desarrollo en un entorno abierto y de colaboración”. Esta es una de las principales razones que han llevado a la elección de este software, ya que ciertas piezas que se verán más adelante, no son de diseño propio, sino que han sido tomadas de sus diferentes vendedores y, cada una de ellas, ha empleado diferentes herramientas de diseño para su concepción.

Otra de las razones por las que se ha elegido esta plataforma, es que NX no sólo permite el diseño de piezas en 2D o en 3D, sino que, entre otros, también permite la construcción de ensambles de piezas y la elaboración de planos detallados de cada pieza.

Pero este software, no solo permite el diseño con sistemas como CAD, sino que también permite la utilización de CAE, o CAM. En el caso de este Trabajo de Fin de Grado, se ha utilizado la metodología CAD, puesto que básicamente se trata de un proyecto de diseño. Por llamarlo de algún modo, CAD es la columna vertebral de los sistemas CAE y CAM, puesto que estos últimos no pueden operar sin el anterior. Es decir, para llevar a cabo diferentes estudios sobre piezas o la fabricación de las mismas, es necesario tener un diseño previo sobre el que poder trabajar. A continuación se explicará brevemente de qué se trata cada uno.

3.1.1 Qué es CAD

Las siglas CAD hacen referencia a “Computer-Aided Design”, o lo que es lo mismo, el Diseño Asistido por Ordenador. Es comúnmente considerado un programa de ingeniería que permite la creación, modificación y optimización de un diseño.

Como dice Leão [11], los programas CAD buscan alcanzar lo siguiente: aumento de la productividad del ingeniero, mejorar la calidad del diseño, mejorar la comunicación a través de la documentación o crear una base de datos para la manufactura.

Se trata de una herramienta tan desarrollada que, hoy en día, es empleada por grandes sectores como el de la industria automovilística, la construcción naval y la aeroespacial.

3.1.2 *Qué es CAE*

Las siglas CAE responden al término de “Computer-Aided Engineering”, traducido como Ingeniería Asistida por Ordenador. Consiste en permitir el análisis en tareas de ingeniería, como puede ser el caso del análisis de elementos finitos o la mecánica de fluidos computacional. Sin embargo, estos sistemas son mayoritariamente empleados en el análisis de la solidez y el rendimiento de los componentes y ensambles. Algunos de los parámetros más frecuentemente empleados en las simulaciones CAE son: temperatura, presión, interacción de los componentes o fuerzas aplicadas.

La mayoría de estos parámetros están basados en lo que más comúnmente se puede hallar en el ambiente y en las interacciones con el mismo, que nuestro modelo o diseño debería experimentar una vez que empiece a operar.

3.1.1 *Qué es CAM*

CAM significa “Computer-Aided Manufacturing”, o lo que es lo mismo, Fabricación Asistida por Ordenador. Se trata de controlar, mediante el programa, el uso de las máquinas herramienta y de la maquinaria involucrada en el proceso de manufactura. Se trata de buscar un proceso de creación más rápido con componentes y herramientas más precisos. Generalmente, este proceso se emplea después de CAE y éste, a su vez, después de CAD. Es decir, primero se diseña el elemento en cuestión mediante CAD, después se verifica mediante CAE y, por último y si es pertinente, se fabrica mediante CAM. Esta herramienta de CAM, puede ser empleada en procesos de fabricación como: torneado, fresado, soldadura, lijadura, grabadura o incluso electroerosión o manufactura por descarga eléctrica.

3.2 El lanzador “Booster-J4”

Actualmente, la Armada española cuenta con el “SuperWedge”, una plataforma diseñada para el lanzamiento de la aeronave “ScanEagle”. Se trata de un sencillo lanzador neumático, en lo que a su instalación y empleo se refiere, según los que lo han probado [3]. Si bien, en la etapa de concepción de este proyecto, se considera la posibilidad de simplificar aún más el sistema no sólo en su funcionamiento, sino también en el mantenimiento de sus piezas y componentes.

Bajo este pretexto y los mencionados condicionantes, nace la idea de crear el “Booster-J4” (visible en la *Figura 3-1* y *Figura 3-2*), un lanzador que emplea un sistema elástico que, a grades rasgos, proporciona el impulso necesario al carrito que transporta la aeronave para aportarle una velocidad inicial necesaria para que comience a sustentarse en vuelo de forma autónoma y que, de este modo, pueda desarrollar su misión.

La aeronave que se puede ver en la *Figura 3-1* es una simple maqueta, que cumple con las dimensiones más generales del “ScanEagle”, de modo que el lector pueda hacerse una idea de cómo va colocado el mencionado UAV sobre el lanzador.



Figura 3-1 Vista 1 del "Booster-J4"



Figura 3-2 Vista 2 del "booster-J4"

Este lanzador, ha sido diseñado específicamente para la aeronave de ala fija "ScanEagle" que, actualmente, forma parte de la Undécima Escuadrilla de Aeronaves de la Armada española. Sus características y necesidades han condicionado la elaboración de los componentes del mismo en cuanto a peso de la aeronave, carrera necesaria para conseguir una velocidad en boca suficiente para la sustentación del avión, dimensiones generales de la aeronave (sección, embergadura, longitud...) y diámetro del rotor para la elaboración del carrito, entre otros.

3.2.1 ¿Por qué elástico?

El hecho de que el "Booster-J4" sea elástico, a simple vista, puede parecer aportar una menor calidad y fiabilidad al sistema con respecto al ya existente que, como ya se ha mencionado, es un lanzador neumático.

Sin embargo, desde el otro punto de vista, el del mantenimiento, el hecho de que sea elástico es considerado una ventaja. Es decir, en caso de haber una avería en un sistema neumático, lo más probable es que haya que desmontarlo y en caso de que la avería sea reparable, volver a montarlo e instalarlo de nuevo en el aparato, lo cual conlleva pérdidas de tiempo que, en la mar, pueden no ser asumibles. En el caso contrario, si la avería no es reparable, habría que sustituir el componente por uno idéntico, dependiendo del fabricante y del tiempo que este pueda tardar en reponerlo. No obstante, en el caso de llevar repuestos del mismo a bordo, estos, por sus características de peso y tamaño, ocuparían más espacio que una goma elástica.

En el caso de nuestro lanzador, una simple goma, a parte de que es mucho menos costosa, es mucho más fácilmente estibable. Puede parecer que la goma soporta menos esfuerzo, pero si seleccionamos la goma adecuada y no superamos su resistencia máxima, no tiene por qué producirse la avería.

Además, el sistema neumático precisa de lubricación para evitar una fricción indeseada entre sus componentes y, en el caso de la goma, no se necesita ningún mantenimiento extra para su buen funcionamiento.

Otra ventaja es que la posición de las gomas en el lanzador facilita su acceso a cualquier operario, pudiendo estas ser reemplazadas por otras nuevas cuando sea conveniente y, lo que es más importante, sin la necesidad de desmontar ninguno de los demás componentes del sistema para su sustitución.

En cualquier caso, se recomienda a los usuarios que comprueben el estado de las gomas al sacar el lanzador de su estiba y una vez se efectúe la recogida del aparato para que, en caso necesario, puedan ser intercambiadas por unas nuevas.

3.3 Descripción general

A modo de descripción general, el “Booster-J4” cuenta con los siguientes componentes:

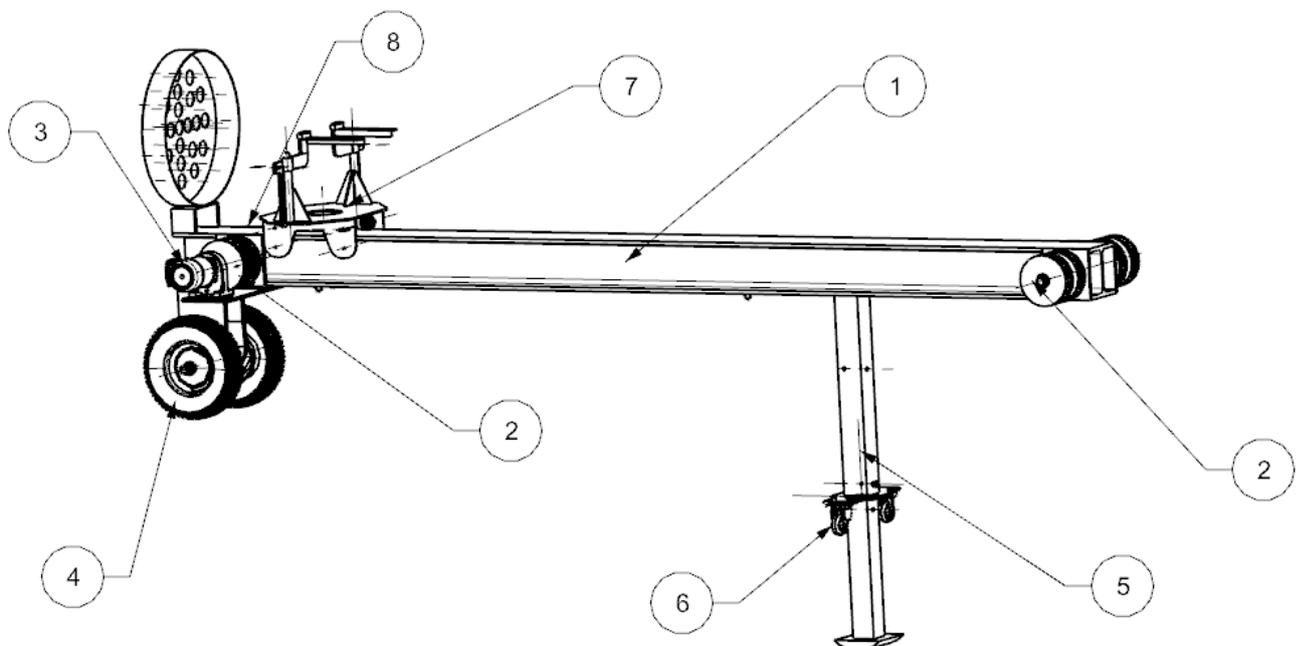


Figura 3-3 Despiece de los subconjuntos más generales

1. Un rail que permite la conducción del carrito desde el punto de reposo hasta el de liberación de la aeronave.

2. Cuatro pares de poleas a cada lado de cada uno de los ejes, cuya función es conducir al cable y a la goma mientras esta última es tensada en el momento del lanzamiento. Seis de las poleas tienen como objetivo conducir la goma. Las otras dos, sirven a modo de carretel, para enrollar el cable de acero en su trabajo de tensar la goma.
3. Un motor eléctrico con reductora, que permite girar el eje inferior, de modo que este pueda dar tensión a la goma de forma automática sin necesidad de intervención de ningún operario.
4. Un par de ruedas neumáticas en la parte trasera que soportan el peso del lanzador y le permiten ser desplazado.
5. Una pata delantera telescópica de sección cuadrada con pie de apoyo multidireccional.
6. Un par de ruedas delanteras que permiten el desplazamiento del lanzador cuando la pata de sección cuadrada está plegada.
7. Un carrito, que sirve de apoyo al avión en todo momento de su carrera sobre el rail. Este incorpora unos brazos giratorios que permiten la expulsión del "ScanEagle" en el momento en que el carro hace tope y no puede continuar su carrera por el rail. El carrito efectúa su movimiento a través del rail gracias a 8 ruedas de nylon colocadas simétricamente a lo largo de su estructura. Incluye dos pastillas de polietileno, cuya función es evitar la fricción entre las planchas de acero del carrito y las del rail.
8. Un disparador, que consiste en un perno con argolla, que es pasante a un agujero ubicado entre la parte trasera del carrito y la parte superior del rail, sobre las poleas inferiores.

3.4 Posición de lanzamiento estándar

Una vez colocado en el sitio, el "Booster-J4 ha de ser configurado en la posición de lanzamiento estándar, o lo que es lo mismo, con un ángulo de elevación del rail de diecisiete grados. Para ello, se regulará la pata telescópica de la parte delantera del lanzador y se colocará el perno en el agujero central de la serie de cinco agujeros que se pueden ver en el componente de sección cuadrada más delgado del apoyo. Los agujeros están preconfigurados para dar diferentes elevaciones al lanzador, por si en algún caso pudiese ser necesario. Estas elevaciones oscilan entre los quince y los diecinueve grados, ambos incluidos. Sin embargo, según información de la 11ª Escuadrilla de Aeronaves [3], el lanzamiento se efectúa únicamente en el caso de los diecisiete grados mencionados anteriormente.

Cuando se encuentre en la posición de lanzamiento que se explica en el anterior párrafo, el aparato ha de ser agarrado a la cubierta del buque mediante un sistema de calzos y trincas igual al que utilizan el resto de aeronaves embarcadas. En la *Figura 3-1* podemos ver un Harrier AV-8B Plus de la 9ª Escuadrilla de Aeronaves de la Armada española trincado a la cubierta con el sistema mencionado y con los calzos pertinentes en la rueda delantera.



Figura 3-4 Sistema de calzos y trincas (imagen tomada de [12])

Las trincas irán firmes a unos agujeros en cubierta dispuestos a tal efecto y los calzos evitarán el movimiento de las ruedas colocándose cada uno de ellos a sendos lados de cada rueda neumática en el caso del lanzador. De esta forma el “Booster-J4” quedará perfectamente asentado en la cubierta previniendo así cualquier movimiento indeseado.

3.5 Piezas y componentes del “Booster-J4”

Para la explicación de todas las piezas del lanzador, se dividirá el ensamble en seis grupos generales, repartidos por zonas y funciones en el lanzamiento. De este modo, se simplifica la explicación de cada una de sus partes desde lo más general, hacia lo más particular. Estos subconjuntos, por llamarlos de algún modo, son los siguientes: soporte trasero, pata telescópica delantera, rail, conjunto de poleas traseras, conjunto de poleas delanteras y carrito.

Esta sección se centra únicamente en la explicación del porqué de cada pieza y en tratar de hacerlas llegar al lector de la forma más clara posible. En cada una de ellas, se incluirá una imagen descriptiva que tratará de mostrar lo básico para su visualización. Los planos de todas y cada una de ellas podrán ser encontrados adjuntos en el *Anexo I* al final de esta memoria.

La mayoría de los componentes estructurales del lanzador están diseñados en acero inoxidable, sin embargo, para evitar cualquier tipo de confusión, se aclarará en la explicación que sigue, el material del que está hecha cada pieza.

Desde un primer momento se evaluó la posibilidad de diseñar la gran mayoría en aluminio debido a su ligereza, pero se desechó esta opción debido a que el aluminio arde con gran facilidad en caso de incendio, lo que no es nada deseable a bordo de un barco. También se tuvo en cuenta a la hora de la selección del material el efecto de la corrosión que, navegando, a consecuencia de la elevada humedad constante, es un factor altamente determinante. Con estos motivos y, pese a que se trata de un material más pesado, se decidió seleccionar el acero inoxidable como uno de los materiales principales a encontrar en la mayoría de los componentes.

3.5.1 Soporte trasero

El soporte trasero, esta formado por tres piezas diferentes: las patas traseras, el eje de las ruedas y las propias ruedas neumáticas.

3.5.1.1 Patas traseras

Estas placas de acero inoxidable tienen como función dar sujeción al eje que hace girar las ruedas. No son de forma perfectamente recta, para evitar que el centro de los neumáticos, por donde pasa el eje y donde se encuentran los rodamientos de las ruedas, choque con la propia placa. Estas placas irán colocadas en la cara inferior del rail, situadas de forma simétrica, para conseguir un funcionamiento correcto del conjunto.

En ese mismo punto, en la parte inferior de la pata, se puede ver un agujero, cuyo objetivo es permitir pasar al eje que ha de facilitar el movimiento conjunto de ambas ruedas.

En la parte inferior de la pieza, como se divisa en la *Figura 3-5*, hay un redondeo de borde para darle un aspecto semicircular al elemento en esa parte.

El peso de cada unidad es de 10,68 kg.

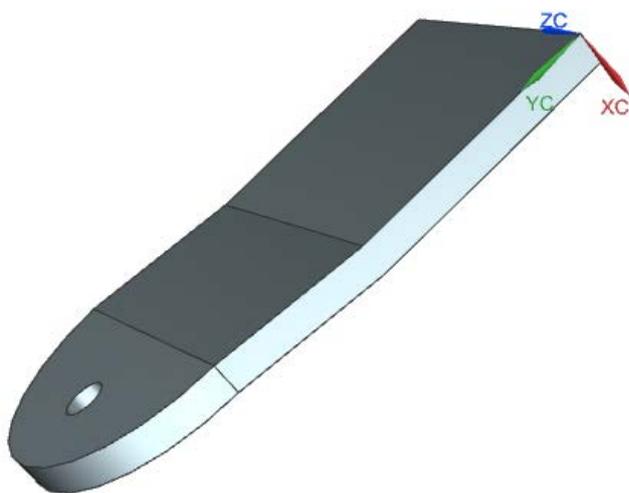


Figura 3-5 Pata trasera

3.5.1.2 Eje de ruedas

Se trata de uno de los tres ejes que conforman el “Booster-J4”. En este caso, es un eje fijo. Es decir, no es el eje el que gira con las ruedas firmes a él, sino las ruedas las que giran sobre el eje gracias a los cojinetes de bolas que se encuentran en la parte interior del ánima de la rueda. Como se puede comprobar en la *Figura 3-6*, se trata de un eje de sección circular, hecho en acero inoxidable, con un peso de 1,91 kg. En ambos extremos del mismo, se hallan dos roscados, dispuestos para colocar una tuerca roscada por su interior, de forma que las ruedas no puedan salir del eje una vez colocadas en el mismo.

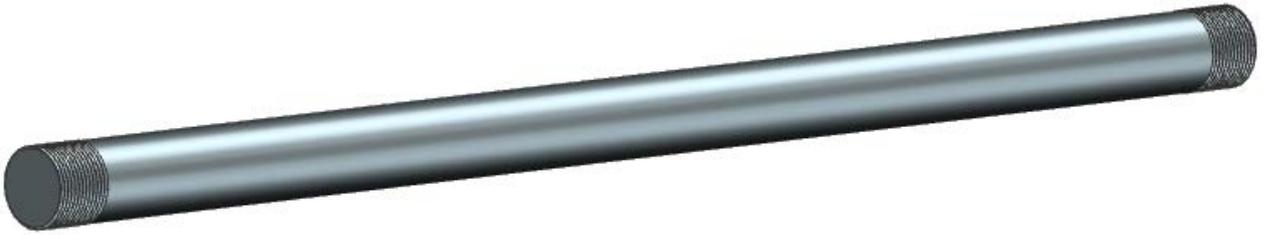


Figura 3-6 Eje de ruedas

A continuación, en la figura puede verse la disposición de los elementos roscados en los extremos del eje.

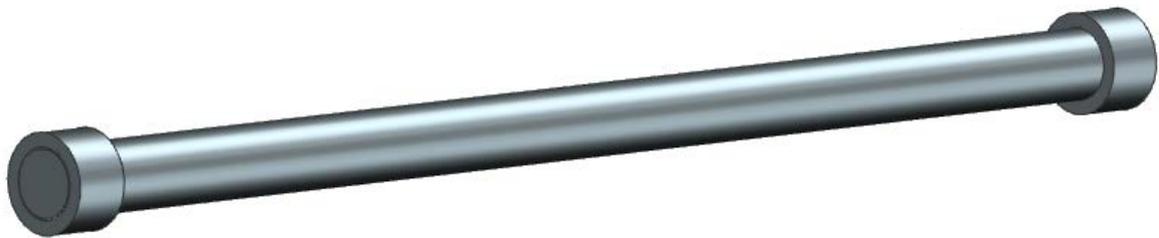


Figura 3-7 Eje de ruedas con tuercas

3.5.1.3 Ruedas neumáticas

El fabricante es *Ruedas Alex* [13] y el diseño en CAD de las ruedas fue suministrado por esta empresa. Podemos ver su ficha técnica con más detalles y todos los datos de sus características, así como los planos de las mismas en los *Anexos I y II* de esta memoria. Como se observa en la *Figura 3-8*, las cubiertas exteriores de la rueda están hechas de neumático de color negro y las llantas son metálicas. El diámetro de la rueda, teniendo en cuenta la altura de la viga o rail que veremos más adelante y la altura del carrito, está pensado para que un operario de estatura media, pueda colocar la aeronave sobre los brazos impulsores sin mayor dificultad. Su peso es de 3,4 kg.

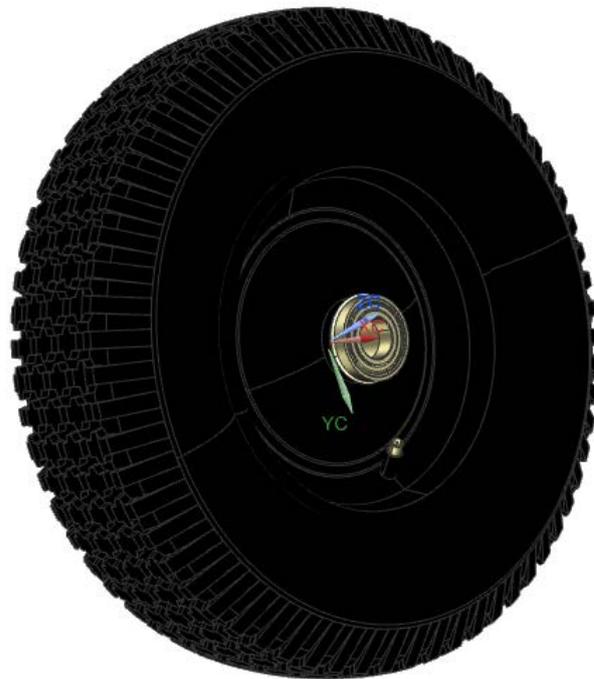


Figura 3-8 Rueda neumática

3.5.2 Pata telescópica delantera

La pata telescópica delantera está formada por 6 componentes: una viga ancha, una viga estrecha, una plancha de sujeción para las ruedas, un par de ruedas, un pie de apoyo multidireccional y un perno pasante a la pata para fijarla en la altura deseada. Para mayor detalle, puede verse este conjunto en la *Figura 3-9* a continuación.

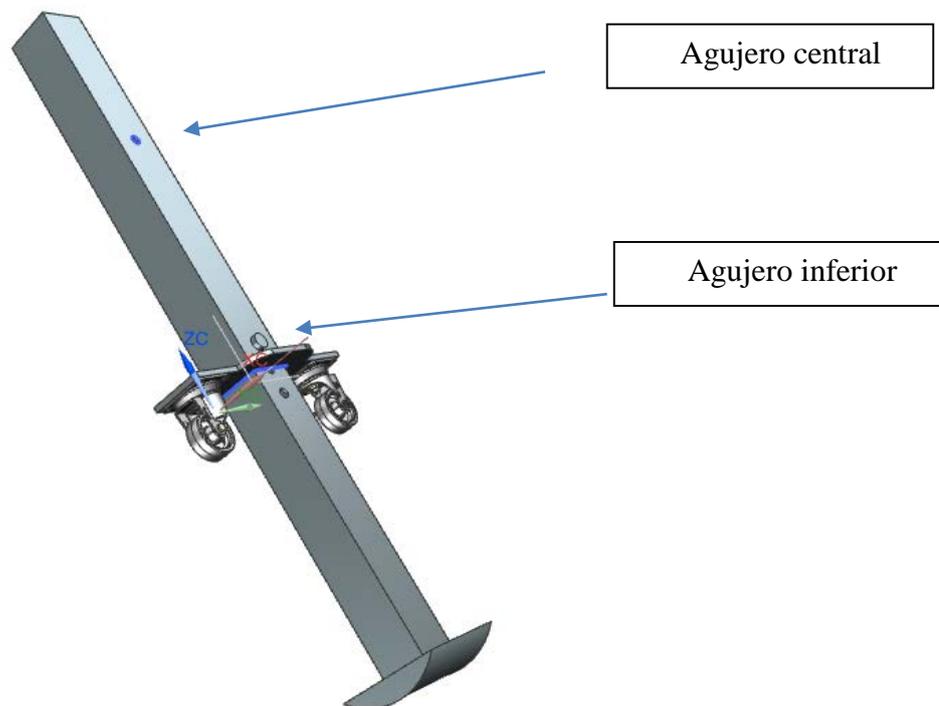


Figura 3-9 Ensamble de la pata telescópica delantera

3.5.2.1 Viga ancha

Se trata de un perfil hueco cuadrado 100.5 de acero [14]. A lo largo de su extensión, se observan dos agujeros, visibles en la *Figura 3-10*; el que se encuentra en la parte más central de la viga sirve para la colocación del perno en el momento en que el conjunto “pata telescópica delantera” se encuentra recogido, o lo que es lo mismo, en su medida más corta. Cuando se encuentra en ese punto, el pie inferior no toca la cubierta, sino que lo hacen las ruedas y, de ese modo, el lanzador es móvil en cualquier dirección. El otro agujero, que se halla en la parte inferior de la viga, sirve para que, alineado con el agujero que corresponda y con el perno pasante, pueda dar al lanzador la elevación deseada que, como se ha mencionado anteriormente, es de diecisiete grados. Su peso es de 11,85 kg.

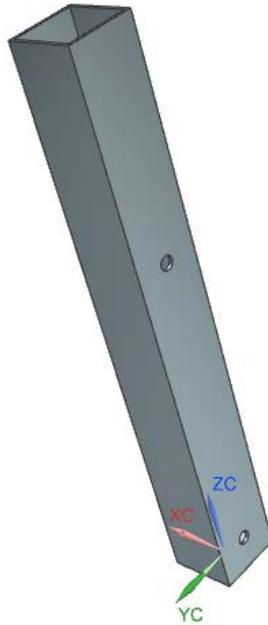


Figura 3-10 Viga ancha

3.5.2.2 Viga estrecha

Su diseño es muy similar al caso anterior, pero en este caso se trata de un perfil hueco cuadrado 90.5 de acero [14]. Las tablas a las que se hace referencia tanto en este perfil como en el caso anterior, podrán ser encontradas en el *Anexo III*. La única particularidad de esta viga con respecto a la anterior, obviando su perfil más pequeño, es el número, la situación y la función de los agujeros pasantes. En el caso de esta viga, encontramos hasta un total de cinco orificios. El más central de todos es el que permite fijar la viga en los diecisiete grados deseados para el lanzamiento y también enrasar con el orificio central de la otra viga, para poder recoger la pata telescópica en los momentos de estiba y desplazamiento del “Booster-J4”. Los otros cuatro orificios, permiten que la pata sea regulable para elevaciones del lanzador de entre los quince y los diecinueve grados, ambos incluidos. Pueden ser vistos en la *Figura 3-11* a continuación. Su peso es de 10,52 kg.



Figura 3-11 Viga estrecha

3.5.2.3 Plancha de sujeción para las ruedas

Esta plancha de acero con un orificio central de sección rectangular está pensada para ir soldada a la parte baja de la viga estrecha vista anteriormente. Está diseñada para soportar dos ruedas que permitirán el movimiento del lanzador cuando la pata telescópica se halle recogida. Sus dimensiones permiten que las ruedas libren completamente el pie de la pata y puedan actuar libremente, apoyadas en la cubierta del buque, en cualquiera de sus direcciones de acción. La mencionada plancha, que puede verse en la *Figura 3-12*, cuenta con 4 orificios a cada lado para poder hacer fijas las ruedas. Su peso es de 4,02 kg.

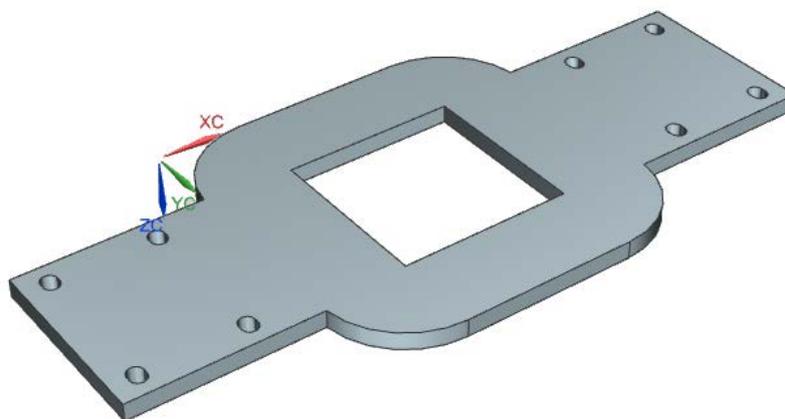


Figura 3-12 Plancha de sujeción para las ruedas

3.5.2.4 Pie de apoyo multidireccional

El pie de apoyo multidireccional de la *Figura 3-13* también está hecho en acero inoxidable. Se trata de un diseño pensado para que, con una pieza simple, pueda actuar firmemente en cualquiera de las cinco posiciones en las que puede encontrarse el lanzador. Las cinco diferentes elevaciones a las que este puede trabajar. Este pie va soldado perpendicularmente a la parte inferior de la viga estrecha, de modo que así ejerce contacto directo con la cubierta del buque sobre el que desplegamos el “Booster-J4”. Su peso es de 8,61 kg.



Figura 3-13 Pie de apoyo multidireccional

3.5.2.5 Ruedas delanteras

Al igual que en el caso de las ruedas neumáticas que vimos en el subconjunto anterior, el fabricante de las ruedas delanteras es *Ruedas Alex* [13] y el diseño en CAD de las ruedas fue suministrado por esta empresa. Su ficha técnica, es visible con más detalles y todos los datos de sus características, así como los planos de las mismas en el *Anexo II* de esta memoria.

Estas ruedas (las de la *Figura 3-14*), llevan una platina que permite fijarlas a su plancha de sujeción y están diseñadas para poder girar en todas las direcciones de los trescientos sesenta grados, lo que aporta una gran movilidad al lanzador en los momentos de su desplazamiento. Cada una de ellas puede soportar hasta trescientos kilogramos. La rueda en sí es de nylon extrafuerte, pero los elementos de fijación y estructura de la platina son de acero. En su eje llevan un doble rodamiento de bolas reforzado con pistas de rodadura endurecidas. En este caso, serán necesarias dos de ellas para dar estabilidad al lanzador en el movimiento.

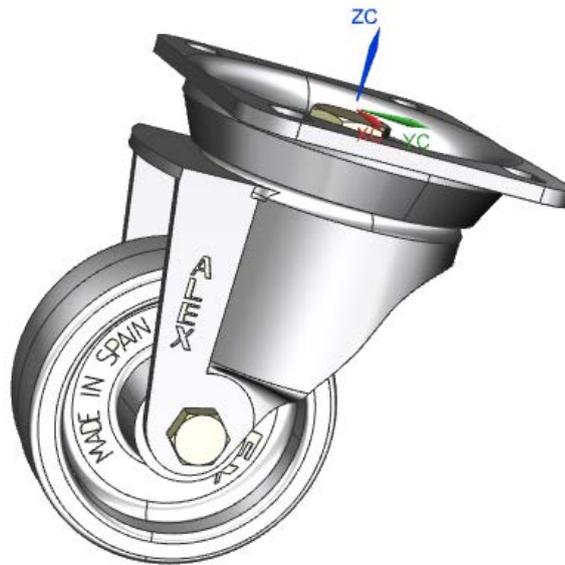


Figura 3-14 Rueda delantera

3.5.2.6 Perno pasante

Como último componente de este subconjunto, se encuentra el perno pasante, visible en la *Figura 3-15*. Su función es fijar la pata telescópica a la posición deseada; o bien la de lanzamiento, o bien la de desplazamiento y estiba. Está diseñado en acero inoxidable y tiene dos secciones circulares diferentes; una más ancha que otra. La sección más estrecha de las dos es la que pasa por el interior de los orificios hechos en la pata telescópica y la otra se encarga de que el perno no pueda atravesar el mencionado elemento, de forma que pueda trabajar firme en una posición. En su extremo va roscado, y en él va colocada una tuerca que evita su movimiento. Su peso es de 0,34 kg.



Figura 3-15 Perno pasante



Figura 3-16 Perno pasante con tuerca

3.5.3 Conjunto del rail

Debido a su entidad y gran tamaño, este subconjunto está compuesto por una pieza principal, que es el rail y otra pieza secundaria de dimensiones mucho menores, el enganche del perno disparador al propio rail.

3.5.3.1 Rail

Se trata de una viga de acero de perfil de doble T HEB 200, como se puede observar en la tabla que figura en el *Anexo III*. Su función principal es la de servir de elemento conductor y guía para el carrito, que rodará sobre él. Su longitud está determinada en función de la distancia que se necesita entre poleas, para que la goma pueda dar las vueltas necesarias y de ese modo, efectuar el lanzamiento dentro del margen de velocidades en boca requerido, como se ha visto anteriormente.

En la cara inferior del rail se pueden ver 4 anillas, dispuestas paralelamente por parejas. Dos en la parte superior y dos en la parte inferior. Su función será servir de enganche a las trincas que irán firmes a la cubierta del barco para evitar cualquier movimiento indeseado del lanzador.

A continuación, en la *Figura 3-17*, se ve una imagen del perfil mencionado con dos orificios. Uno de ellos más grande que el otro. El pequeño está pensado para que pase un eje fijo que va situado en la parte delantera del lanzador y, el grande de la parte trasera, tiene que dar cabida a un rodamiento de bolas que permitirá el giro del eje inferior, que va solidario al giro del eje del motor-reductor. Su peso es de 246,84 kg.



Figura 3-17 Rail

3.5.3.2 Enganche del perno disparador al rail

Se trata de dos placas de pequeño tamaño, como se aprecia a continuación en la *Figura 3-18*, cuya única función es servir de enganche al perno disparador, encargado de fijar el carrito en la posición de carga del lanzador hasta el momento de efectuar el disparo. Son dos piezas idénticas de acero entre las cuales pasa otra pieza proveniente del carrito y, atravesando el agujero común a todas ellas, el perno disparador. Estas dos piezas idénticas irán soldadas al rail en su cara superior, de forma que queden fijas e inamovibles. Su peso es de 0,13 kg.

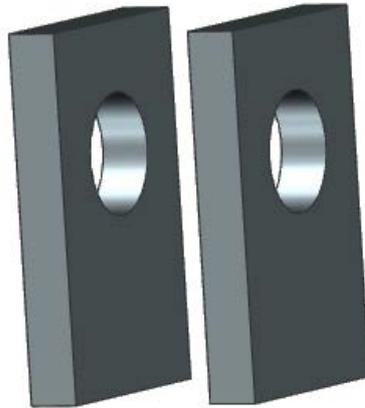


Figura 3-18 Enganche del perno disparador al rail

3.5.4 Conjunto de poleas traseras

Este subconjunto abarca piezas como: poleas con rodamientos, poleas con pasador sin rodamientos, eje, separadores de poleas, motor-reductor, soporte del motor reductor, placas laterales, rodamientos de bolas con cubierta, rodamientos de bolas sin ella y por último, la goma elástica y el cable de tensión.

3.5.4.1 Poleas con rodamiento

Estas poleas sirven para la conducción de la goma y son las dos más centrales del eje. El rodamiento de bolas que llevan les permite girar sobre el eje a discreción de modo que se mueven cuando la goma lo requiere de ellas, a pesar del giro simultáneo del eje. A continuación, en la *Figura 3-19*, se puede apreciar el conjunto de la polea y el rodamiento.

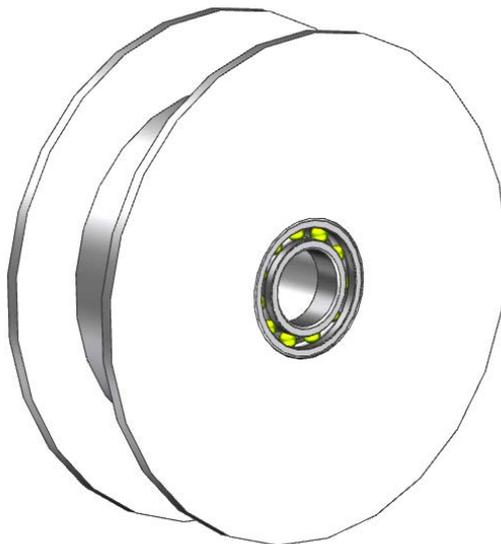


Figura 3-19 Polea con rodamiento

Para su explicación, se dividirá la misma en los dos componentes diferentes que la conforman. En el caso de la polea, se trata de un elemento con valle plano, que le permite dar cabida a las cuatro gomas que por ella han de pasar. En el interior del eje de la polea, pueden verse dos cavidades dentro

de las que han de ir introducidos los rodamientos a ambos lados de la misma. Como se trata de un rodamiento de bolas sin cubierta exterior, la altura de esa hendidura, no sobrepasa la altura de la carcasa interior del rodamiento, de modo que la polea en ningún momento toca las bolas del rodamiento. Este es un concepto importante, de cara a entender algunas piezas que veremos más adelante. Éste elemento está diseñado en nylon y su peso por unidad es de 1,71 kg.

En la *Figura 3-20*, podemos observar las cavidades dispuestas a tal efecto, a falta de colocar el rodamiento.

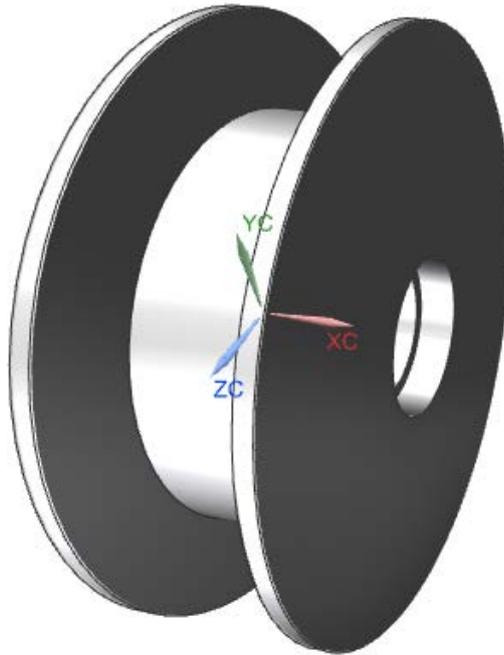


Figura 3-20 Polea sin rodamiento

En el caso del rodamiento, se trata de un elemento comercial, su fabricante es *SKF* [15] cuya ficha técnica podemos hallar en el *Anexo II*. Es un rodamiento de bolas simple, y se ajusta a la cavidad de la polea enrasando perfectamente con la cara exterior de la misma, ya que ha sido diseñada a tal efecto. Puede verse en la *Figura 3-21*.



Figura 3-21 Rodamiento de bolas sin cubiertas

3.5.4.2 Poleas con pasador sin rodamiento

Estas poleas están ideadas para girar solidarias al eje, una a cada lado del mismo en la parte más exterior, que es movido por el motor-reductor. En su superficie, se puede ver un orificio, en el cual hay un perno pasante. Su función es enganchar el cable que va ser recogido al girar el eje y, este último, irá firme a la goma, que coherá tensión en la dirección deseada al enrollar el cable sobre la polea. Puede verse el conjunto de la polea en la *Figura 3-22* a continuación. Es un componente diseñado en aluminio-5086, con un peso de 3,99 kg por unidad.

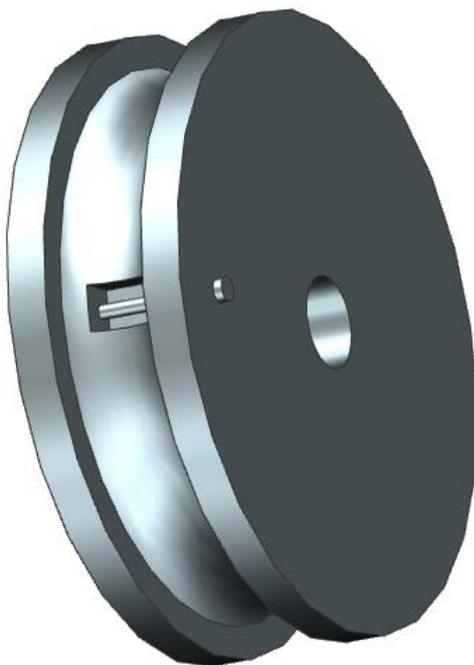


Figura 3-22 Polea con pasador sin rodamiento

El perno pasante es un pequeño elemento de acero inoxidable de sección circular que permite enrollar el cable de acero en la polea, sin él, dicho cable giraría loco, sin ningún tipo de fijación. En su extremo, lleva una cabeza, también de sección circular, pero de mayor diámetro, para evitar que pueda moverse de un lado a otro de la polea. En el otro extremo, con la misma función, lleva un roscado, en el cual se coloca una tuerca. Para su utilización, una gaza de cable ha de ser introducida en el agujero y, una vez hecho esto, se pasa el perno, para que quede perfectamente fijado. En la *Figura 3-23* podemos ver esta pieza. Su peso es de 0,011 kg.



Figura 3-23 Perno de fijación del cable



Figura 3-24 Perno de fijación del cable con tuerca

3.5.4.3 Eje inferior

Se trata de un eje giratorio de sección circular con dos grosores diferentes. El diámetro de la parte central es más ancho que el de las partes laterales por un motivo principal, que las poleas no puedan tocar en ningún momento con el rail, ni desplazarse hacia el centro. La diferencia de diámetros entre el más grande y el más pequeño no es aleatoria, sino que está pensada para que pueda ajustar en el rodamiento con cubiertas laterales que se explicará más adelante.

Sin embargo, la mayor particularidad del eje, es que en uno de sus extremos hay una sustracción de material, que irá encastrada al eje del motor-reductor. Para asegurar que el motor consiga dar el movimiento requerido al eje, se ha colocado en el mismo una chaveta y se ha hecho también la pertinente sustracción de esa chaveta en el interior del eje, como podemos comprobar en la *Figura 3-25*. En el otro extremo hay un roscado, para evitar el desplazamiento de las poleas en el sentido longitudinal del eje.

Está diseñado en acero inoxidable y su peso es de 4,27 kg.



Figura 3-25 Eje inferior



Figura 3-26 Eje inferior con tuerca

3.5.4.4 Separador de poleas pequeño

Esta pieza de sección circular hueca de acero inoxidable, de diámetro interior igual al diámetro de la parte estrecha del eje, tiene como función separar la polea con rodamientos de bolas de la parte ancha del eje, de modo que en ningún caso pueda ésta entrar en contacto con las bolas del rodamiento, lo que sería perjudicial para el correcto funcionamiento de las poleas del “Booster-J4”. En la *Figura 3-27* que sigue, se pueden apreciar sus características. La pieza ha de ir colocada por partida doble. Una a cada lado del eje. Su peso por unidad es de 0,033 kg.

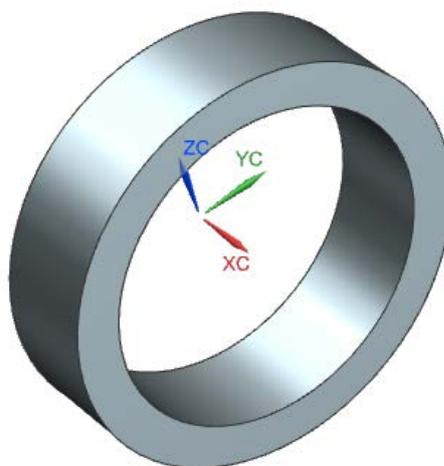


Figura 3-27 Separador de poleas pequeño

3.5.4.5 Motor-reductor

Se trata de un motor con reducción “SK33-90L/4” de la casa “Nord” [16] cuyo diseño ha sido tomado de la propia marca. Entrega una potencia de 1,5 kW y un par de 573 N·m. Con la reducción, gira a razón de 25 vueltas por minuto y su peso en conjunto es de 43 kg. Va situado en la parte trasera, a la derecha del rail visto desde atrás.

Este motor-reductor se ha seleccionado principalmente por su forma y por el par que puede entregar. En cuanto a la forma, era necesario que fuese coaxial, debido a las características del conjunto formado por el eje y las poleas, ya que no puede ser perpendicular al eje por motivos de espacio. En cuanto al par necesario, fue calculado en función de los 265,9 kg que ha de soportar cada polea por el radio de la polea, que es de 0,1 m. El par resultante es de 265,9 N·m, puesto que, como se puede ver en la *Ecuación 3-1*:

$$T = m \times g \times R = 265.9kg \times \frac{10m}{s^2} \times 0,1m = 265.9N \times m$$

Ecuación 3-1 Cálculo del par necesario por polea

A continuación, en la *Figura 3-28*, se adjunta una imagen del motor-reductor.

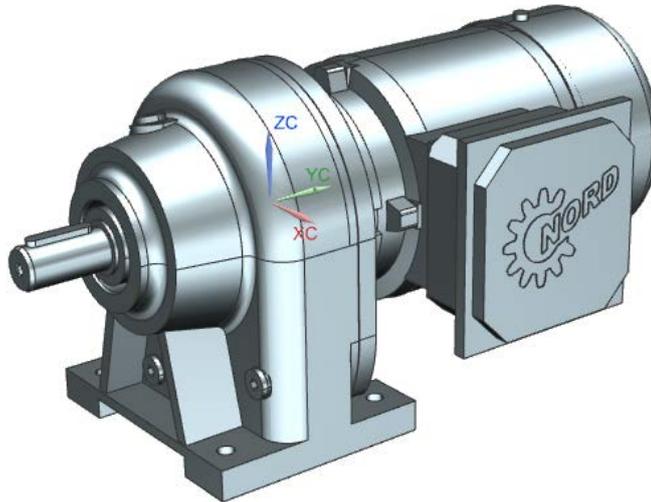


Figura 3-28 Motor-reductor

3.5.4.6 Soporte del motor-reductor

Esta formado por tres planchas de acero inoxidable. Una de ellas con ancho igual al ancho del rail, otra con área igual a la de la base del motor y otra que se encarga de unir ambas.

Como la base del motor queda dos milímetros más baja que la cara inferior del rail, siendo estas paralelas, la placa que va unida al rail será dos milímetros mas alta que la otra, de forma que así se compensa la diferencia de alturas.

El motor va unido a su placa por cuatro tornillos, uno para cada esquina. Sin embargo, el rail, va soldado a la placa de forma que queden fijos. A continuación se puede ver gráficamente en la *Figura 3-29* cómo es el conjunto del soporte.

El peso neto de las tres planchas es de 12,67 kg.

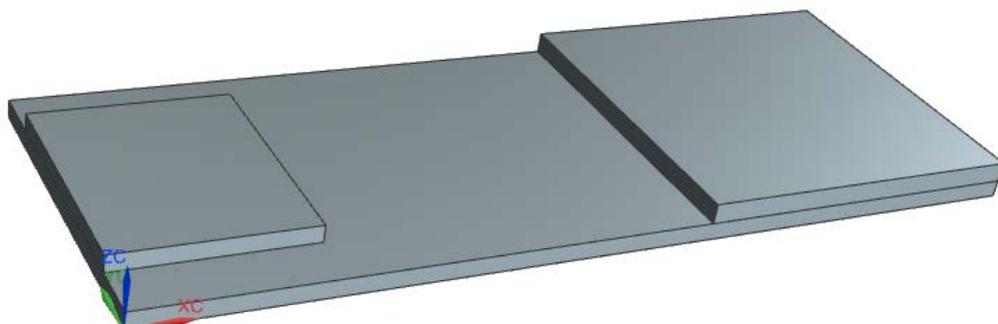


Figura 3-29 Soporte del motor-reductor

3.5.4.7 Placas laterales inferiores

Las placas del epígrafe están pensadas para dar estabilidad al eje y que tenga más que el punto de apoyo que le proporciona el eje. Estas placas, se colocan a sendos lados del rail, siendo necesaria una de ellas para cada lado. Su espesor es igual al grosor del rodamiento que va en ellas. Puede verse la forma de la plancha en la *Figura 3-30* adjunta. Su peso por unidad es de 4,92 kg.

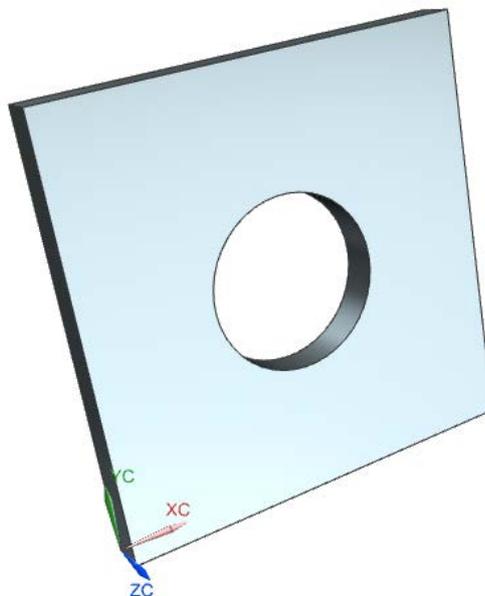


Figura 3-30 Placa lateral inferior

Al igual que en estas poleas, también podemos encontrar el mencionado rodamiento con cubiertas laterales en el perfil de la viga del rail, pero en su caso, sobresale ligeramente por los extremos, puesto que el espesor de la viga no es suficiente comparado con el del rodamiento.

Se trata de un elemento comercial y su fabricante es *SKF* [15], el mismo que en el caso del rodamiento anterior. Su ficha técnica se halla en el *Anexo II*. La diferencia principal con el otro se encuentra en su diámetro exterior, ya que este último es mayor y en que las bolas del elemento no se encuentran al aire libre, sino que van tapadas con cubiertas.

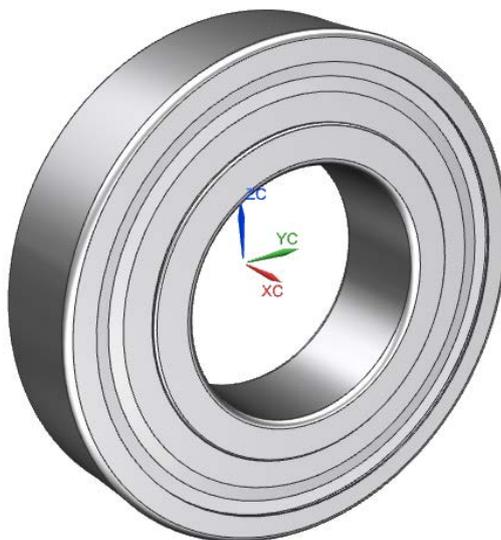


Figura 3-31 Rodamiento de bolas con cubierta

3.5.4.8 Goma elástica

Se trata de una goma elástica de la casa “Sandow Technic” [17] con recubrimiento de algodón, poliamida y de doble vaina, de 18 mm de diámetro. El fabricante ofrece una amplia gama de productos, entre ellos, gomas hechas a la medida que se pueda requerir. En este caso, son necesarias ocho, de 7,5 metros de longitud. Más adelante, se puede encontrar un apartado (3.7) específico para demostrar el por qué de estas dimensiones. La acción de las ocho gomas de forma simultánea conseguirá la fuerza necesaria para lanzar el aparato en el rango de velocidades requerido.

La calidad de esta marca está certificada por diversas entidades, entre ellas la OTAN. En el sector aeronáutico, hacen uso de sus productos las siguientes conocidas empresas como “Airbus”, “Ejército del Aire francés”, “Ejército de Tierra francés” o “Renault” entre otros. A continuación, en la *Figura 3-32*, puede verse la referencia del certificado de calidad del que hace gala el fabricante.



ISO-9001:2008
OTAN: N°F4144

Figura 3-32 Certificado de calidad de “Sandow Technic”

En el chicote de las gomas, a modo de remache, llevará colocada una pieza que formará una gaza en el extremo con una anilla. La casa le da la referencia de “04XDURAL” y ofrece una amplia gama de anillas en lo que a su diámetro exterior e interior se refiere. En todo caso, nuestro único requerimiento es que la anilla tenga un diámetro interior de 10mm, en función de la pieza de enganche en el carrito (visible en el apartado 3.5.6.12). De este modo, el fabricante se encargará de emplazar la anilla que cumpla nuestra condición en ambos extremos de las dos gomas. En la *Figura 3-33* puede verse, a modo de ejemplo, la forma en la que se coloca la anilla.

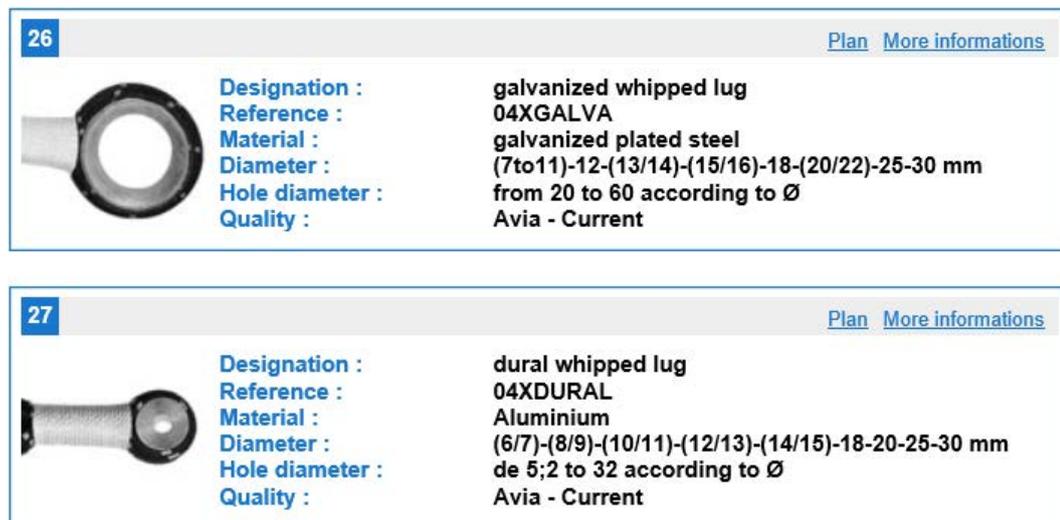


Figura 3-33 Ejemplo de colocación de la anilla en la goma (imagen tomada de [17])

A cada lado del lanzador deben ir colocadas cuatro gomas, que deben empalmar en una sola anilla en cada extremo. A modo de ejemplo de esta disposición, podemos ver la *Figura 3-34*. A pesar de que en la referenciada imagen no se pueden ver cuatro gomas, tras hablar con la casa [17], se confirma la posibilidad de realizar tal unión.

7

[Plus d'informations](#)



diamètre :
Qualité :

6 à 25 mm
Avia

-

Figura 3-34 Empalme de las gomas (imagen tomada de [17])

3.5.4.9 Cable

En este caso, hemos seleccionado un cable de acero con número de referencia “10357151” [18]. El fabricante, “Leroy Merlin”, lo vende al corte, por lo que será necesario solicitar dos piezas de 6 metros cada una. El cable está formado por seis cordones con siete hilos, tiene un grosor de 8 mm y una capacidad de carga de 590 kg (suficiente para soportar la tensión descrita en el apartado 3.7.3). Puede verse un corte del elemento en la *Figura 3-35*.



Figura 3-35 Cable de acero

Cada cable llevará en sus dos extremos un guardacabos [19] de acero zincado de 8 mm de valle con número de referencia “66122”, de la misma casa. Se puede ver una imagen del elemento en la *Figura 3-36* a continuación.



Figura 3-36 Guardacabos de acero galvanizado

En los dos cables, en el extremo opuesto al de la fijación en la polea trasera, irá un mosquetón cuyo fabricante es el mismo que el del guardacabos anterior. Su número de referencia es “16710785” Este mosquetón de acero inoxidable tiene un diámetro de 10 mm y soporta una carga de 333 kg, suficiente para las especificaciones requeridas. Se trata del elemento de unión entre el cable de acero y la goma elástica. Se puede ver su apariencia en la *Figura 3-37*.



Figura 3-37 Mosquetón de acero inoxidable

3.5.5 Conjunto de poleas delanteras

En este apartado se definirán las piezas del eje de la parte delantera del lanzador. El que se encuentra sobre la pata telescópica atravesando el rail. Este subconjunto cuenta con cuatro poleas con rodamientos, dos a cada lado del rail, y con un separador de poleas de mayor tamaño que el mencionado anteriormente a cada lado del eje.

3.5.5.1 Eje superior

A diferencia del eje inferior del apartado 3.5.4.3, éste no gira sobre si mismo, sino que va soldado al rail. Sin embargo, su forma es muy similar a la del caso anterior, difiriendo únicamente en sus dimensiones y en el hecho de que al no ir enganchado a ningún motor, no ha de llevar un orificio enchavetado en una de sus caras laterales. El eje es de acero inoxidable y sus dimensiones quedan reflejadas en los planos del *Anexo 1*. En la *Figura 3-38* se puede ver una imagen del mismo. Se trata de un eje de acero inoxidable, cuyo peso es de 4,45 kg. En sus extremos, se colocan dos tuercas, una a cada lado, sobre los roscados.

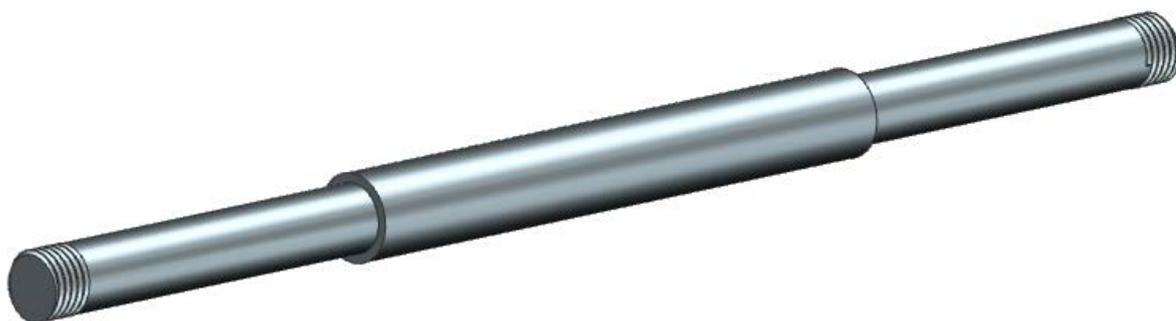


Figura 3-38 Eje superior

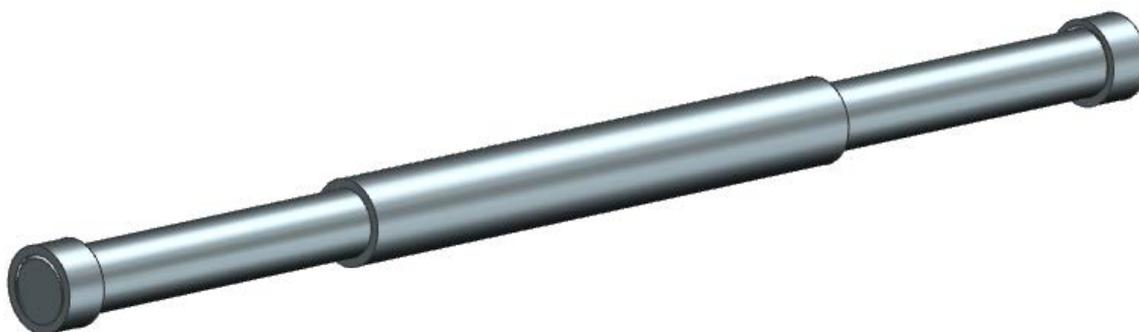


Figura 3-39 Eje superior con tuercas

3.5.5.2 Placas laterales superiores

También cuadradas de acero inoxidable, van enrasadas y soldadas, una por cada lado, al extremo superior del rail, quedando perfectamente alineadas con las caras exteriores del mismo. Difieren de las inferiores del apartado 3.5.4.7 en dos aspectos principales; el primero que el diámetro del agujero no es el mismo. En este caso es menor, ya que el eje, al ir fijo, no necesita un rodamiento que requiera un agujero mayor. El segundo es que el grosor de la pieza es también menor en este caso, ya que en el caso anterior se había decidido darle un grosor igual al ancho del rodamiento, para que este no sobresaliese. Sin embargo en este caso no es necesario, al no tener rodamiento, tener una pieza tan gruesa. Su peso por unidad es de 3,04 kg.



Figura 3-40 Placas laterales superiores

De igual modo que en la pieza de anterior, la principal razón de ser de este elemento es proporcionar al eje más puntos de apoyo que el que tiene al pasar por el centro de la viga y así dar estabilidad al conjunto.

3.5.5.3 Poleas con rodamiento

Se trata de un elemento formado por una polea y un rodamiento de bolas, sus características son exactamente iguales a las del conjunto explicado en el apartado 3.5.4.1. La salvedad con respecto al conjunto inferior es el número de ellas. En este caso habrá dos poleas a cada lado del eje.

3.5.5.4 Separador de poleas grande

Es una pieza muy similar al separador de poleas pequeño visto en el apartado 3.5.4.4, la única diferencia radica en el tamaño y en la posición. El anterior era más pequeño para evitar que el rodamiento de bolas de la polea pudiese tocar con la cara saliente del diámetro grande del eje. En este caso, se emplea el separador para separar los pares de poleas a una distancia de 4 cm entre sus caras exteriores y evitar de este modo que estas puedan chocar entre sí.

En este subconjunto no es necesario colocar un separador entre la polea y el eje porque el propio elemento cilíndrico está diseñado para que su diámetro grande no sobrepase el ancho del componente exterior del rodamiento, es decir, en ningún caso entra en contacto con las bolas de este. Están fabricados en acero inoxidable y su peso por unidad es de 0,13 kg. A continuación puede verse la imagen del elemento en la *Figura 3-41*.

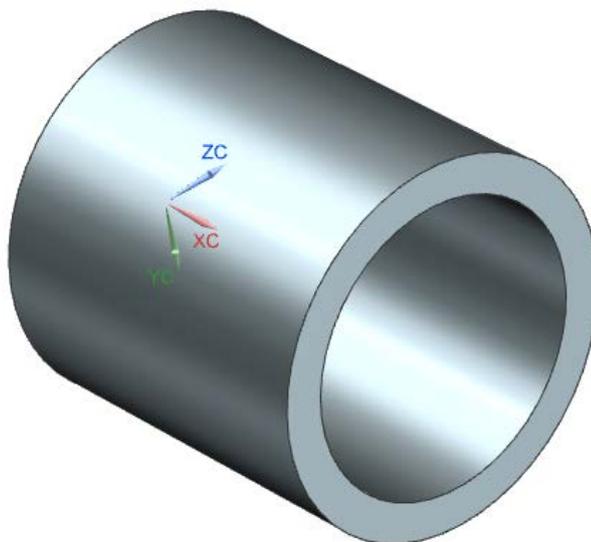


Figura 3-41 Separador de poleas grande

3.5.6 Conjunto del carrito

El carrito es el subconjunto encargado de portar al RPAS durante su carrera por el rail. Está fabricado mayoritariamente en acero inoxidable. Podemos ver su apariencia en la *Figura 3-42* visto desde delante y en la *Figura 3-43* visto desde detrás. En este caso, debido a la complejidad del subconjunto, es necesaria la inclusión de las dos imágenes para poder ver todos los componentes que lo conforman. Se trata del subconjunto con más elementos de todo el “Booster-J4”, estos son: ruedas de nylon, ejes de ruedas, pastillas antifricción, el armazón o carrito en sí, pivotes, brazos rotatorios, espuma protectora, brazos imantados, refuerzos de pivotes, perno disparador, placa de enganche del perno disparador y el enganche para la goma al carrito. A continuación, se describirán sus componentes individualmente. El peso total del carrito en su conjunto es de 18 kg.

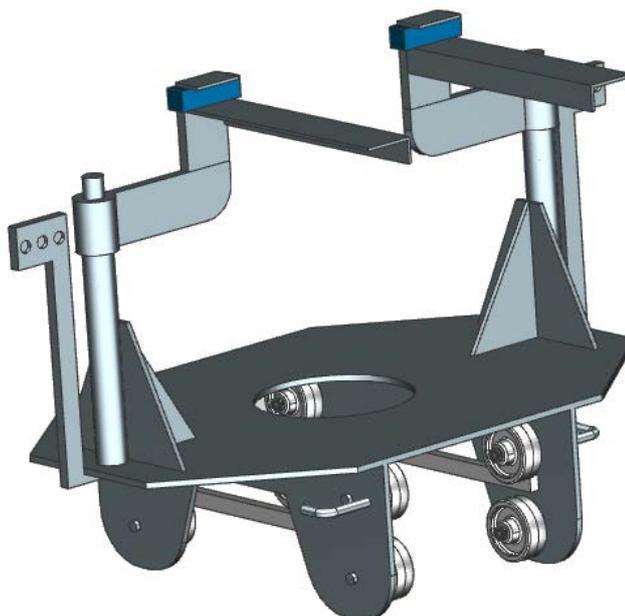


Figura 3-42 Carrito, vista delantera

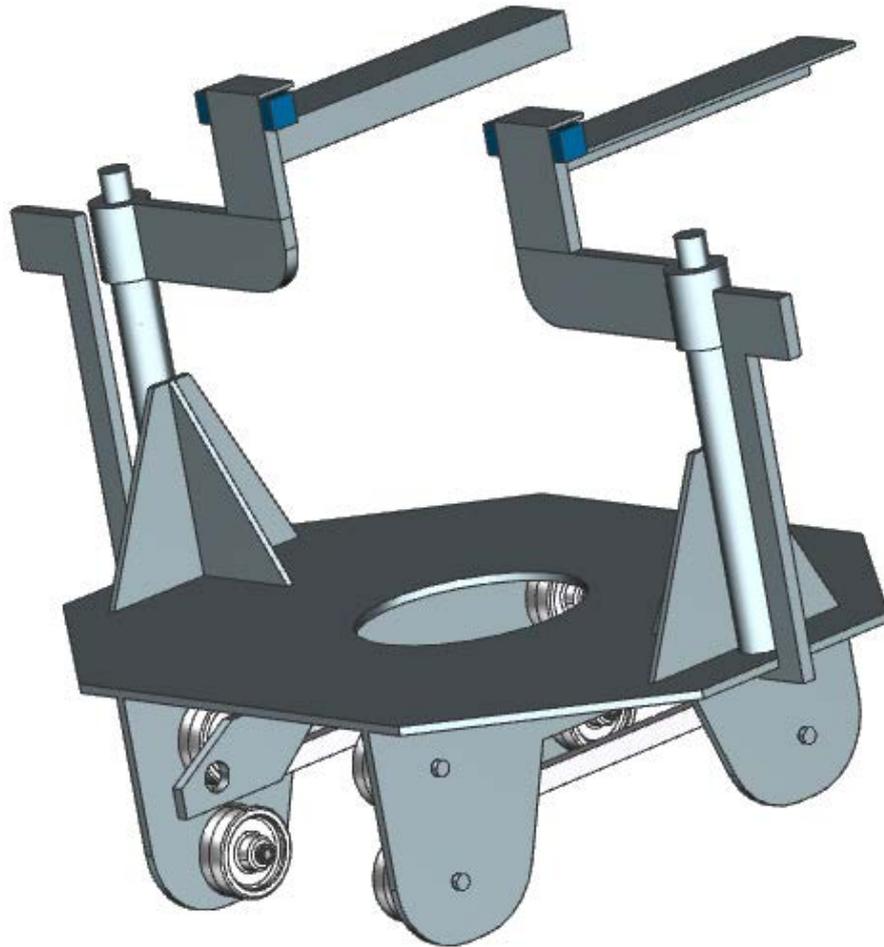


Figura 3-43 Carrito, vista trasera

3.5.6.1 Ruedas de nylon

Al igual que en el caso de las ruedas neumáticas visibles en el subconjunto del apartado 3.5.1.3 y las ruedas de la pata telescópica del apartado 3.5.2.5, el fabricante de las ruedas delanteras es *Ruedas Alex* [13] y el diseño en CAD de las ruedas fue suministrado por esta empresa. Podemos ver su ficha técnica con más detalles y todos los datos de sus características, así como los planos de las mismas en los *anexos I y II* de esta memoria.

Sin embargo, al contrario de los otros pares de ruedas, estas no sirven para permitir el desplazamiento del lanzador por la cubierta, sino que su función es permitir el desplazamiento del carrito a lo largo de toda la carrera útil en el rail. En este caso, son necesarias ocho ruedas, cuatro por cada lado del carrito, para permitir la sustentación del mismo y proporcionarle estabilidad.

Estas ruedas de nylon de pequeño tamaño, cuya imagen vemos en la *Figura 3-44*, han de correr sobre el perfil de doble T del rail. Llevan cojinetes lisos que les permiten el giro sobre sus ejes y tienen una capacidad de carga de 125 kg cada una.



Figura 3-44 Rueda de nylon del carrito

3.5.6.2 Ejes de las ruedas

Son piezas cilíndricas con cabeza de forma también cilíndrica, muy similares a los pernos de las poleas del subconjunto de poleas inferiores vistos en el apartado 3.5.4.2. La diferencia se encuentra en sus dimensiones. Se trata de piezas de acero inoxidable de sección circular, con una cabeza cuyo diámetro es mayor al del cuerpo del eje. El elemento del epígrafe está fijo al carrito, es decir, es la rueda la que gira sobre él. Él no se mueve en ningún momento. A continuación, en la *Figura 3-45*, pueden verse los mencionados ejes de acero inoxidable con su roscado en el extremo. Su peso por unidad es de 0,044 kg.



Figura 3-45 Eje de las ruedas del carrito

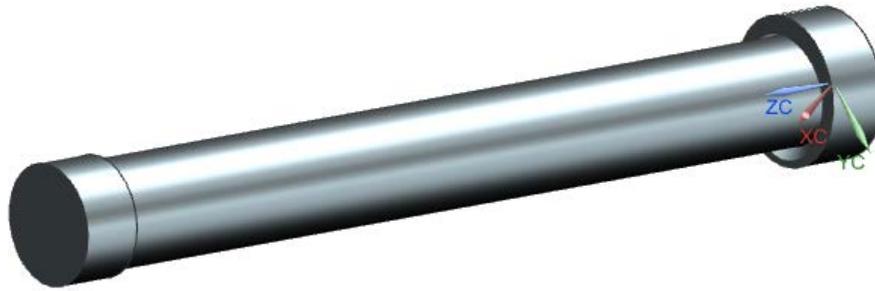


Figura 3-46 Eje de las ruedas del carrito con tuerca

3.5.6.3 Pastillas antifricción

Se trata de dos piezas de polietileno de alta densidad cuya función es evitar el roce directo entre el perfil del rail y el armazón del carrito. Van colocadas pegadas en ambas paredes de este último y una en cada lado.

El mencionado material tiene una alta resistencia al impacto, es muy ligero, es flexible (incluso a temperaturas bajas) y tiene alta resistencia térmica entre otras características. Es habitualmente encontrado en utensilios domésticos, cascos, rodilleras y elementos de protección y suele emplearse en laboratorios para contención de ácidos por su alta resistencia a los mismos.

Sus principales ventajas y aquellas que nos resultan más interesantes en nuestra aplicación son: elasticidad y flexibilidad, no se deforma permanentemente, fácil de transportar, con una larga vida útil, resistente a cualquier forma de corrosión y su costo de adquisición e instalación es muy reducido [20]. Su peso por unidad es de 0,054 kg.

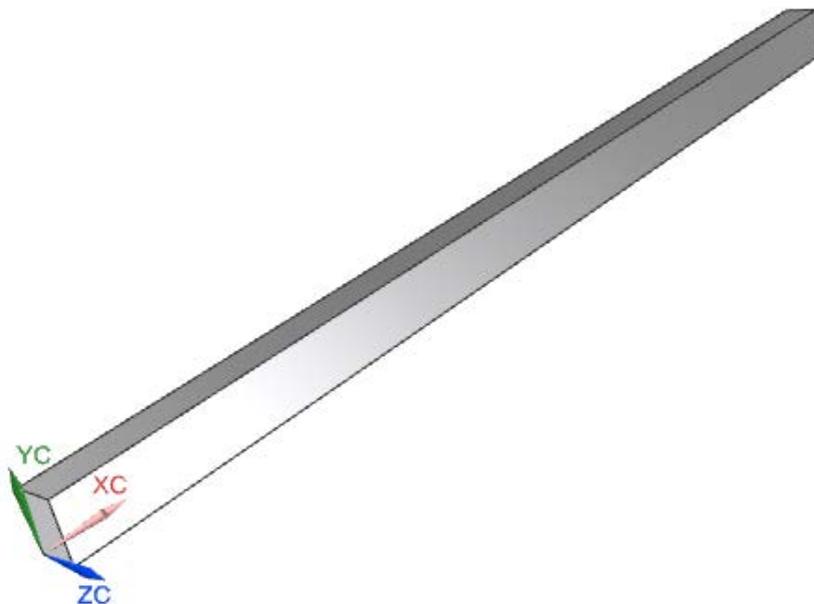


Figura 3-47 Pastilla antifricción

3.5.6.4 Armazón

Recibe este nombre la estructura principal del carrito, la que conforma las placas laterales y la superior, sobre las que se colocan los elementos que conforman el conjunto.

Como queda plasmado en la *Figura 3-48*, se trata de tres placas planas de acero inoxidable de idéntico espesor soldadas entre sí. Las dos placas verticales están agujereadas de manera cuádruple cada una, con un diámetro igual al del eje descrito en el apartado 3.5.6.2.

Tanto la cavidad existente en el centro de las planchas verticales como el agujero central de la placa horizontal, están colocados de modo que se optimiza el peso del carrito, reduciéndolo en la medida de lo posible.



Figura 3-48 Armazón del carrito

3.5.6.5 Pivotes

Estas dos piezas sobresalen de la cubierta superior del armazón y van soldadas a él. Se trata de elementos de acero inoxidable y van colocadas en ambos lados del mismo. Su función principal es soportar a los brazos giratorios lanzadores y dar la elevación necesaria al UAV para que su rotor de cola no toque en ningún momento con el rail o la plancha superior del carro.

Tienen sección circular y están formados por dos cuerpos. Uno más gordo, hueco, que es el que va soldado al armazón y uno más delgado que va soldado al anterior en su parte interior, introduciéndose en él 30 mm. Este último sirve como eje de giro a los brazos rotatorios que serán explicados más adelante.

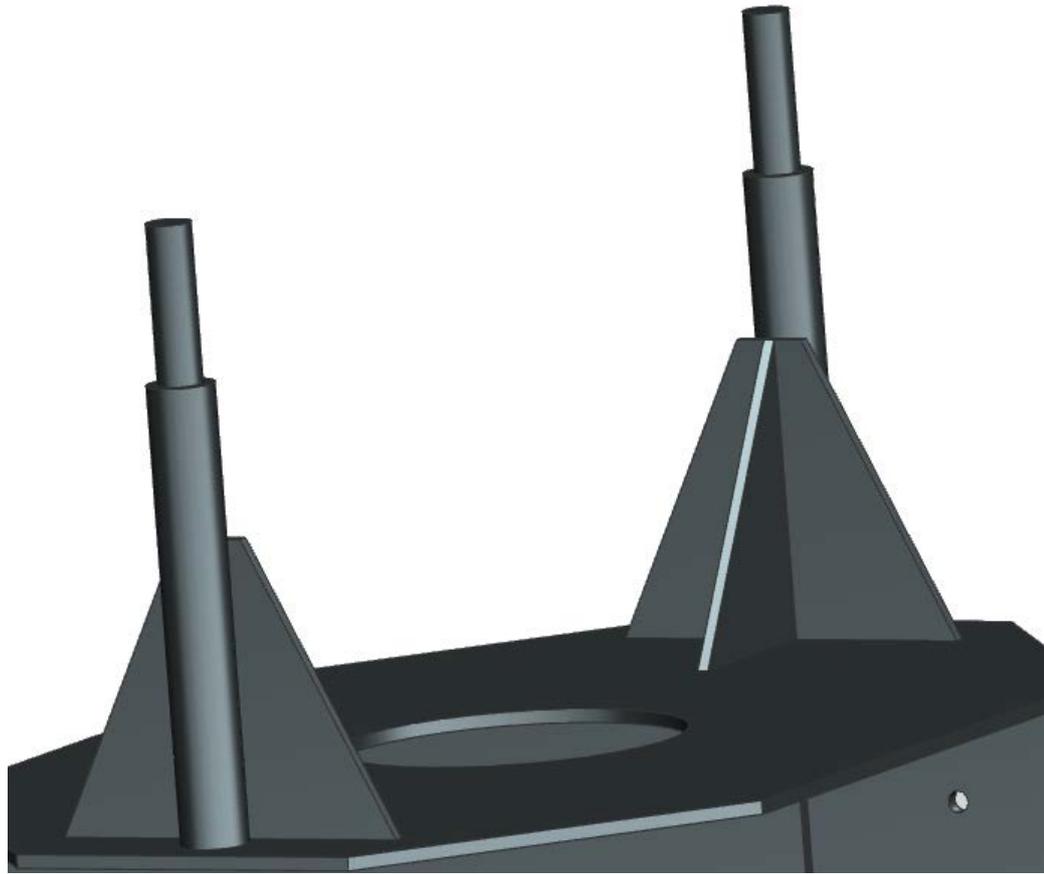


Figura 3-49 Pivotes sobre el armazón

En la imagen de la *Figura 3-49*, se observan ambos pivotes colocados en su posición sobre el armazón del carrito del “Booster-J4”. El peso del conjunto formado por el armazón y los pivotes es de 11,74 kg.

3.5.6.6 Refuerzos de los pivotes

Se trata de cuatro planchas de acero inoxidable; dos triangulares y otras dos diseñadas para dar apoyo a los pivotes en toda la dirección longitudinal de avance del carro sobre el rail. Su función es evitar que los pivotes venzan y caigan debido a la carga ejercida sobre ellos. Los refuerzos van soldados a ellos y, en su superficie inferior, a la cara superior del armazón. Cada uno de los dos pares de refuerzos pesa 0,39 kg.

En la *Figura 3-49* puede verse también la disposición de los refuerzos sobre el armazón y en contacto con este y con los pivotes.

3.5.6.7 Brazos rotatorios

Son elementos hechos de acero inoxidable, encargados de sujetar al “ScanEagle” durante la carrera sobre el rail. Su función es liberarlo en cuanto el carrito impacta, justo al final de su carrera, con el tope dispuesto a tal efecto en el rail.

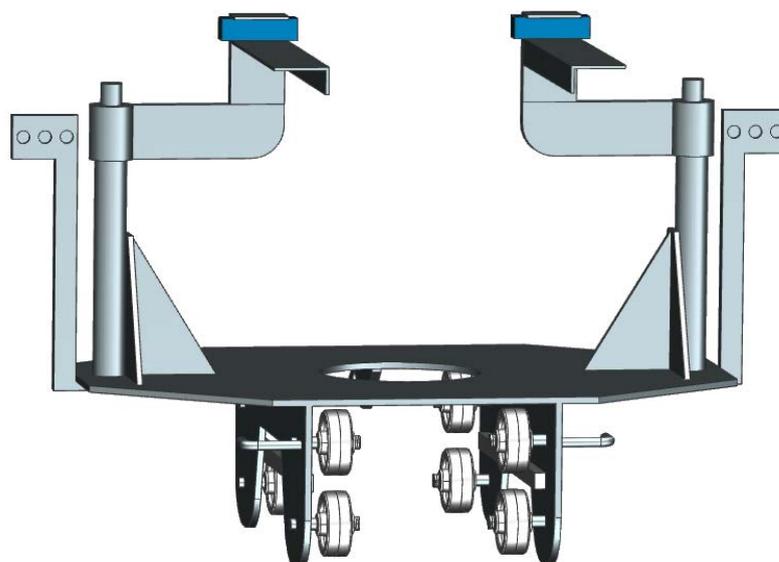


Figura 3-50 Brazos rotatorios encastrados en los pivotes sobre el armazón

Estos brazos están formados por varios elementos, que pueden verse en la *Figura 3-50*. En primer lugar la pieza que encastra sobre el pivote, es un cilindro hueco con diámetro interior igual al diámetro del saliente del pivote. Soldada a él, va una plancha que en la *Figura 3-51* puede verse en posición horizontal. Sobre esta última, va otra plancha de disposición vertical con el mismo espesor que la anterior.

En la parte superior del brazo, va colocada una pequeña placa, que tiene como función que el ala del avión no pueda saltar del brazo en el momento de la carrera, de forma que se quede trincada a él.

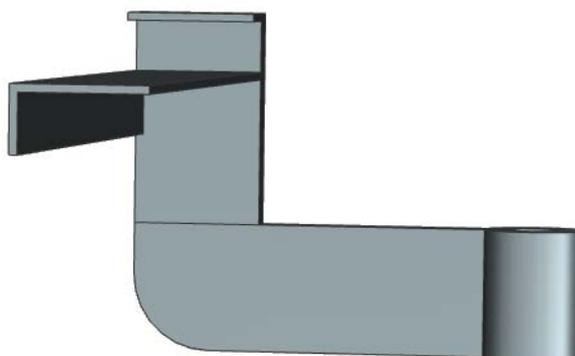


Figura 3-51 Brazo rotatorio

La plancha sobre la que apoya el ala, puede verse en la *Figura 3-51*. Se trata de un perfil “LF 50.25.3” en forma de L. Puede verse la tabla del perfil en el *Anexo III*.

El funcionamiento de estos brazos es el siguiente: con la inercia del impacto contra las placas laterales superiores, los brazos giran hacia adelante lanzando despedido al avión con la fuerza necesaria que le aporta la velocidad inicial requerida y para la que ha sido diseñada el “Booster-J4”.

Cada uno de estos dos brazos pesa 1,67 kg.

3.5.6.8 Espuma protectora

Se trata de un elemento hecho de Foam, o espuma de poliuretano. Esta pieza deberá ir pegada sobre el brazo. Está diseñada para evitar que el canto trasero del ala del avión toque con la placa que conforma el brazo giratorio de forma que evitamos dañar el dron. Es necesaria su colocación ya que el avión, al estar inclinado el carrito por la elevación del lanzador, descarga su peso sobre las alas, que entran en contacto con el brazo giratorio. De este modo, al colocar la espuma se evita el contacto directo y por consiguiente, cualquier tipo de daños.

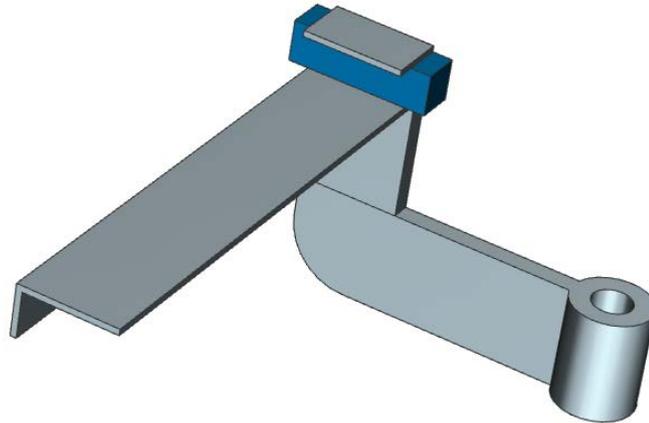


Figura 3-52 Foam montado sobre el brazo giratorio

En la imagen de la *Figura 3-52*, se ve la espuma de poliuretano adherida al citado brazo. Su nombre (poliuretano), es el nombre que reciben genéricamente los materiales fabricados mediante una polimerización de uretano. Esta espuma puede ser encontrada bajo diferentes apelativos: poliuretano flexible, espuma de poliuretano, foam o PUFF (Poliurethan Flexible Foam) [21].

3.5.6.9 Brazos imantados

Se trata de dos piezas de acero inoxidable colocadas simétricamente a ambos lados del lanzador. Su función es limitar la carrera de los brazos giratorios vistos en el apartado 3.5.6.7. Están situados ligeramente por detrás de la línea en la que los brazos giratorios se encuentran alineados en posición de lanzamiento.

En la placa superior del brazo llevan tres agujeros, visible en la *Figura 3-53*, pero no son completamente pasantes al elemento, sino que generan un pequeño hueco, que se ajusta con el imán para que este pueda adherirse correctamente. En su parte inferior, lleva dos pestañas, que le permiten ajustarse a la plancha superior del armazón del punto 3.5.6.4 y facilitan que la pieza sea soldada a dicha estructura.



Figura 3-53 Brazos soporte del imán

Sin embargo, esos agujeros no están destinados a albergar un imán cada uno de ellos, sino que de cada par de tres, sólo el de medio llevara la pieza magnética. Los otros dos llevarán un disco de polietileno de alta densidad (material visto en el apartado 3.5.6.3), que sobresale dos milímetros más que la pieza imantada, de forma que protege a esta y evita que el brazo choque directamente contra ella. Las tres piezas, tanto el imán como las pastillas, tienen forma cilíndrica con el mismo diámetro, como puede verse en la *Figura 3-54*, con las piezas ensambladas al carrito.

Cada uno de estos brazos pesa 0,55 kg.

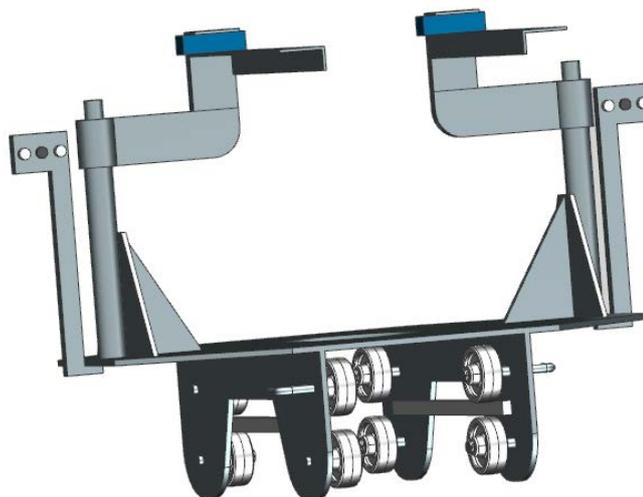


Figura 3-54 Vista de los imanes en el carrito

Puesto que el imán, cuya forma puede verse en la *Figura 3-55*, necesita tener la capacidad de detener el avance del brazo giratorio hacia atrás, este ha de tener una fuerza de sujeción mayor al peso de la placa giratoria.

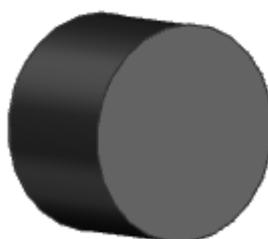


Figura 3-55 Disco magnético

Se trata de un imán de neodimio-hierro-boro (NdFeB), cuya ficha técnica puede ser vista en el *Anexo II*. Su fuerza de sujeción es de 4,5 kg aproximadamente y tiene un peso de 6,87 gramos.

El motivo de detener el avance es evitar que la placa giratoria, por la inercia que lleva al salir despedido el avión, pueda dar la vuelta completa y tocar la cola del avión antes de que este haya salido completamente.

3.5.6.10 Placa de enganche del disparador

Se trata de una plancha de acero inoxidable agujereada en su extremo, cuyo agujero coincide con el de los enganches del perno disparador en el rail del apartado 3.5.3.2 en la posición de carga. Sus

dimensiones le permiten ir colocada entre el carrito y el rail, soldada a la cara inferior de la plancha superior del armazón. En la *Figura 3-56* queda visible su disposición con respecto al carrito, en la parte trasera del mismo. Esta placa tiene un peso de 0,92 kg.

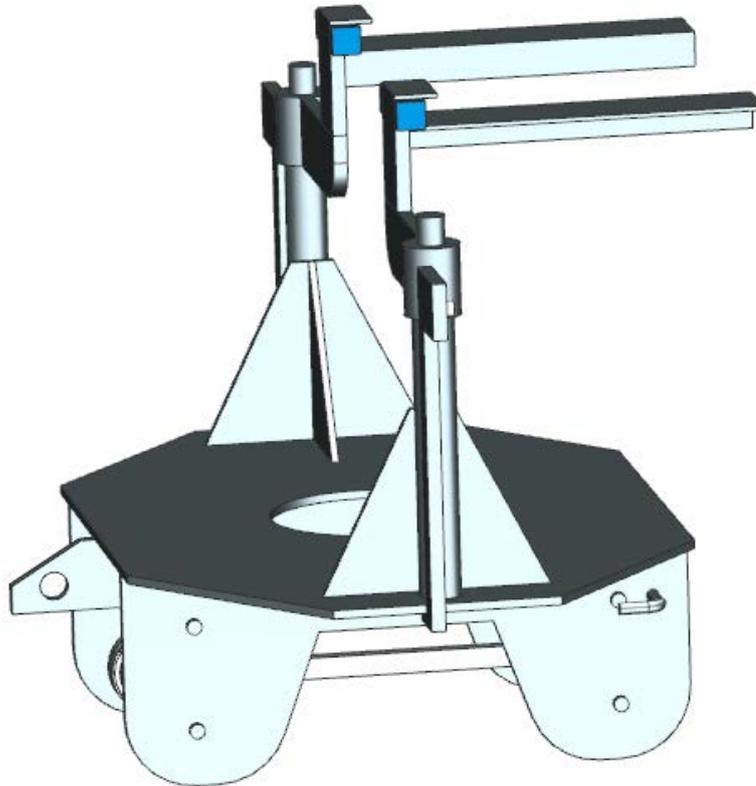


Figura 3-56 Placa de enganche del disparador en el carrito

3.5.6.11 Perno disparador

Se trata de una pieza de acero inoxidable que no difiere demasiado de los demás pernos vistos con anterioridad. Tiene también forma cilíndrica con una cabeza de igual forma, pero más pequeña que el cuerpo. La única salvedad es que en la cabeza lleva soldada una anilla, visible en la *Figura 3-57*, que será la encargada de permitir accionar el disparador de forma manual. El peso del mencionado perno es de 0,27 kg.

A esa anilla irá hecha firme un cabo de una mena pasante al agujero. Se recomienda afirmar el cabo mediante un nudo marinero conocido como “As de guía”.

El accionamiento del mismo es simple, en el momento en que se dé la orden de lanzar, un miembro de la dotación con conocimiento del funcionamiento del lanzador, ha de tirar del cabo y el perno saldrá disparado dejando libre al carrito para comenzar su carrera a causa de la tensión de la goma. Para el lanzamiento, el operario que vaya a tirar del cabo, ha de colocarse a una distancia lo suficientemente grande como para evitar un accidente por impacto con el carrito o con las alas del avión.

Puesto que la envergadura del avión es de 3,1 metros, el ala sobresaldrá 1,55 metros del centro del carrito, por lo que se recomienda conseguir un cabo de longitud mínima de 2,5 metros y de este modo, dejar un metro de huelgo con respecto al ala y garantizar así la seguridad del personal.



Figura 3-57 Perno disparador

3.5.6.12 Enganche de la goma al carrito

Se trata de una pieza de acero inoxidable, doblada por su cuerpo, de sección circular que debe ir soldada al carrito en la cara exterior de las planchas verticales del armazón. El hecho de que la pieza esté doblada, tiene como función que la goma no pueda salir despedida lateralmente, sino que se quede enganchada para permitir el desplazamiento del carro a lo largo de toda su carrera.

El diámetro de la pieza es un milímetro menor que el agujero de la goma que ha de pasar por ella, permitiendo así su movimiento sin que este sea excesivo y de este modo, evitar consecuencias indeseadas.

La pestaña que se forma al doblarla, visible en la *Figura 3-58*, va dirigida hacia atrás de forma que la goma, al tirar hacia delante, no tenga posibilidad de salir disparada imprevisiblemente. El peso de este elemento es de 0,03 kg.

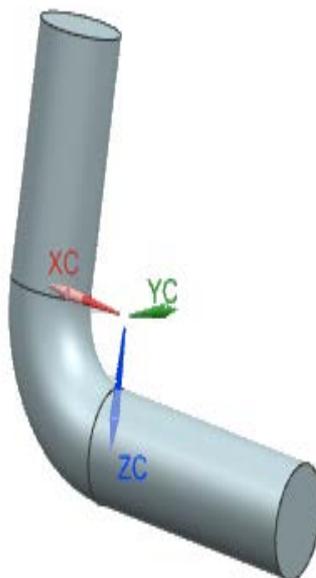


Figura 3-58 Enganche de la goma al carrito

En la imagen de la *Figura 3-59* puede verse la pieza soldada al carrito en una vista inferior del mismo.

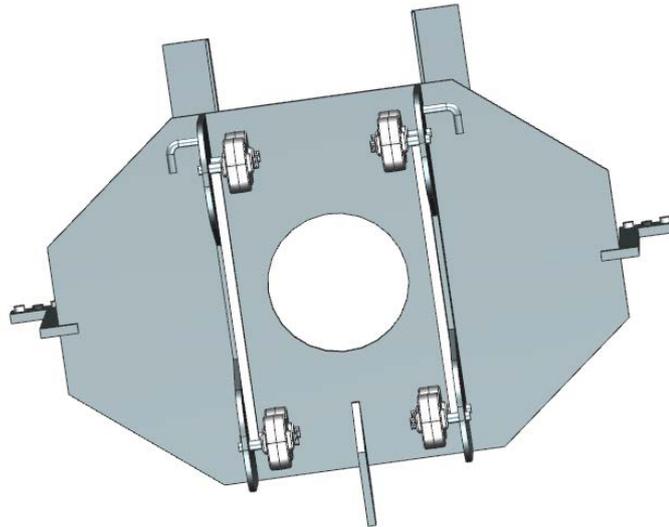


Figura 3-59 Vista inferior del enganche soldado al carrito

3.6 Funcionamiento

Una vez definidos los componentes del lanzador podemos pasar a explicar el mecanismo elástico, de modo que conozcamos exactamente la posición de cada uno de sus elementos. Para ello, es necesario definir dos posiciones del lanzador: la posición de carga y la posición de reposo.

La posición de carga se da cuando el carrito se encuentra en la parte inferior del lanzador, firme al rail por el perno disparador y, el mecanismo elástico va a ser tensado, está siendo tensado o ya está tenso. Sin embargo, la posición de reposo será aquella en la que el carrito, con el perno disparador sin colocar, se encuentre con las gomas sin tensar.

Aclarado esto, con los apartados que siguen, se pretende aclarar las dudas más comunes que surgen al explicar el funcionamiento del lanzador.

3.6.1 Recorrido del cable y la goma

En el presente punto, se explicará el recorrido de los componentes del epígrafe de uno sólo de los lados, ya que ambos son idénticos.

En primer lugar, es necesario afirmar el cable a la polea exterior trasera, mediante el sistema explicado en el apartado 3.5.4.9. Al salir de ese punto, el cable se dirige hacia la polea delantera más exterior, atacándola por la parte inferior del canal y saliendo de vuelta por la parte superior. En ese momento, se encuentra el empalme del cable con la goma. A partir de aquí, ya todo lo que recorre las poleas es la goma elástica. Pues bien, dicha goma se dirige ahora hacia la parte inferior de la polea interior trasera, pasando por su canal y sale de nuevo por la parte superior.

Desde ese punto, se sigue el mismo procedimiento que en el caso anterior, la goma entra por la parte de abajo del canal de la polea interior delantera y sale por arriba, dirigiéndose ya directamente al carrito, donde irá unida al elemento descrito en el apartado 3.5.6.12, encastrada en él.

3.6.2 Desde la posición de reposo hasta la posición de carga

Puede que llegados a este punto surjan preguntas sobre cómo efectuar el lanzamiento una vez en la posición de reposo. En el presente apartado se resuelve este tema explicando el proceso paso a paso.

En primer lugar, hay que empalmar la goma al carrito, situado este en la parte delantera del rail. Para poder continuar, es necesario saber que en ese momento, el cable en situación normal se encuentra recogido hasta la mitad de su extensión. Es decir, como son 6 metros de cable, 3 se encuentran enrollados y los otros tres libres.

Una vez hecho esto, habrá que largar 1.5 metros del cable (para ello es necesario hacer una marca con pintura indeleble en este punto), que inicialmente se encuentran recogidos, quedando así dispuestos 4,5 metros largados desde la polea donde se encuentra su enganche. De este modo, se podrá llevar a cabo la unión de manera efectiva.

Cuando se haya cumplido el anterior paso se podrá pasar al siguiente. Este consiste en recoger el metro y medio de cable largado anteriormente para dejar el carretel de cable con 3 metros largados y 3 metros recogidos. En este momento, el carrito se encuentra ya en posición de reposo.

Para cumplir el siguiente hito, se han de largar los 3 metros de cable restantes en la polea, de modo que el carrito caerá por su propio peso hacia la posición de carga. De todos modos, conviene que el operario acompañe manualmente a este último en todo momento.

Cuando el carrito se encuentre enganchado en esa posición y con los agujeros alineados, se pasa el disparador y se deja el carrito trincado en el sitio en la posición de carga. Llegados a este punto, se recuperarán de nuevo los 3 metros de cable largados anteriormente, de modo que el lanzador se quedará en posición de carga, previo paso al lanzamiento. En este momento, las gomas se encuentran al 60% de su elongación, de modo que están en la posición requerida para efectuar el lanzamiento.

Para poder dejar 3 metros de cable recogidos y otros tantos largados, es necesario realizar una nueva marca con pintura indeleble en la mitad de la longitud del cable. Es decir, a 3 metros de ambos extremos.

Finalmente, cuando la marca de la mitad del cable esté enrasada con la polea y la goma en tensión, habrá que parar el motor sin permitir que se largue cable, de modo que en ningún momento el sistema pierda tensión.

Una vez hecho esto y con las gomas en tensión, se colocará la aeronave sobre los brazos giratorios del lanzador, asegurándonos de que queda centrada sobre el carrito.

En este momento, es necesario que los operarios (en caso de no ser uno solo) encargados de colocar la aeronave y de llevar el carrito a la posición de carga se retiren, llevando consigo el cabo accionador del perno disparador (si es que no lo habían hecho ya), para evitar cualquier tipo de accidente fruto de la tensión de las gomas del lanzador.

Cuando el buque haya hecho las maniobras pertinentes, el motor de la aeronave esté arrancado y se reciba la orden necesaria para el lanzamiento, el operario a cargo del perno disparador, dará un tirón seco del cabo y el perno disparador saldrá despedido, dejando libre al carrito para comenzar su carrera hasta el momento de lanzar el avión.

Al tocar el carrito con las placas laterales superiores, el avión, que no está trincado a nada, sino que solo se encuentra apoyado sobre los brazos, saldrá a volar libremente, siendo desde ese momento en adelante cuando tendrá que sustentarse en vuelo autónomamente dirigido de manera remota por su piloto.

3.7 Determinación de la fuerza necesaria

Según información de la 11ª Escuadrilla [3], sabemos que la aeronave ha de salir en un margen de velocidades de entre 19 y 28 m/s, como se veía en apartados anteriores. La carrera que hace la aeronave por el rail antes de ser despedida, debido al diseño propio, es de 3 metros. Por tanto, mediante la fórmula de la velocidad:

$$V = \sqrt{2 \cdot a \cdot s}$$

Ecuación 3-2 Velocidad

Podemos hallar la aceleración experimentada por el avión en el momento de ser despedido, en ambos supuestos.

En el caso del margen de velocidades superior, mediante la fórmula de la *Ecuación 3-2*, obtenemos una aceleración en boca máxima de 130 m/s².

En el caso opuesto, en el margen inferior mediante la misma fórmula, obtenemos un valor de aceleración en boca mínima de 60 m/s².

Conocido el margen de aceleraciones y conocido el margen de pesos del avión (entre 15 y 22 kg [3]), no tenemos más que aplicar la “2ª Ley de Newton”, cuya fórmula podemos ver en la *Ecuación 3-3*.

$$F = m \cdot a$$

Ecuación 3-3 “2ª Ley de Newton”

De este modo, aplicando la fórmula, obtenemos el margen de fuerzas que vemos en la *Tabla 3-1*.

Velocidad máxima (m/s)	Masa (kg)	Aceleración (m/s ²)	Fuerza máxima (N)	Fuerza máxima (kg)
28	15	130	1950	195
	22	130	2860	286
Velocidad mínima (m/s)	Masa (kg)	Aceleración (m/s ²)	Fuerza mínima (N)	Fuerza mínima (kg)
19	15	60	900	90
	22	60	1320	132

Tabla 3-1 Cálculo de las fuerzas necesarias

3.7.1 Definir el peso en movimiento

Es importante tener claro que no sólo el peso del avión es el peso a mover por el rail, sino que el carrito también suma a la hora de determinar qué gomas elegir para poder mover el conjunto (carrito y avión). Por ello, teniendo en cuenta la masa máxima del avión, de 22 kg y la del carrito, 18 kg, se determina una masa total del conjunto a mover de 40 kg.

3.7.2 Cálculo del peso “freno”

Habrà que tener en cuenta que no sólo se trata de un peso muerto, sino que también existe una componente del peso del carro y el avión que, derivada de la inclinación del lanzador, actúa a modo de freno. Esta componente se calcula tal y como se refleja en la *Ecuación 3-4*. Siendo “P” el peso del conjunto y los 17 grados, la elevación del lanzador.

$$P \cdot \sin 17 = 40 \cdot 0.3 = 120N$$

Ecuación 3-4 Componente del peso “freno”

3.7.3 Cálculo de la fuerza necesaria

Para el cálculo del epígrafe es necesario aplicar la *Ecuación 3-3*, pero en este caso añadiendo la componente del peso “freno” como podemos ver a continuación en la

Ecuación 3-5.

$$F = m \cdot a + m \cdot g \cdot \sin 17 = 40 \cdot 130 + 40 \cdot 10 \cdot \sin 17 = 5317 N$$

Ecuación 3-5 Fuerza necesaria

De la *Figura 3-60* se deduce la fuerza media ejercida por la goma (sacada del valor de la fuerza con el 40% de la elongación de la goma) y se obtiene un valor de 700 N. Es decir, es necesario repartir esos 5317 N aproximados entre un número de gomas consecuente con el valor medio de la fuerza aplicada por cada una. Como vemos en la *Ecuación 3-6*:

$$\frac{5317 \text{ N}}{700 \text{ N}} = 7.6 \cong 8 \text{ gomas}$$

Ecuación 3-6 Número de gomas necesarias

3.7.3.1 Cálculo de la velocidad necesaria según características de la goma

Para el cálculo del epígrafe, el primer paso es importante recordar que la distancia que recorre el carro desde el momento del disparo, hasta el impacto con el tope es de 3 metros.

Por ello, es necesario tener en cuenta que en el punto de choque con el tope, la goma no está en reposo. De modo que hay que establecer una elongación de la goma asociada a esa distancia. En el caso que nos ocupa, la citada elongación será del 40% para esos 3 metros. Consideramos que en el momento en que el carro se encuentra en la parte superior del rail la elongación de la goma es del 20%, por ello, la elongación máxima de la misma en el momento del disparo, debe ser del 60%.

El hecho de que se produzca un alargamiento de 3 metros con un 40% de elongación se cumple para el caso de una goma de 7,5 metros en reposo. Ya que como vemos en la *Ecuación 3-7*:

$$\frac{3}{0.4} = 7.5 \text{ m}$$

Ecuación 3-7 Cálculo de la longitud de la goma en reposo

De este modo, y como se puede comprobar, el 20% de la longitud total de la goma en reposo, es de 9 metros. En el caso del 60%, se trata de estirar la goma hasta que llegue a los 12 metros.

Como se puede ver en la *Figura 3-60* correspondiente al diagrama de fuerzas de la goma en cuestión, la fuerza que entrega una goma de 18 mm de diámetro con una elongación del 60% es de 900 N y, para un 20%, es de 550 N. A continuación, en la *Gráfica 3-1*, podemos ver una relación entre la longitud de la goma en tensión y la fuerza capaz de imprimir sobre el carrito.



Gráfica 3-1 Fuerza de cada goma en tensión en función de su medida

Dado que el segmento estudiado (entre el 20 y el 60%), es un segmento aproximadamente recto, se puede aplicar a la recta de la *Gráfica 3-1*, la ecuación de recta que sigue (*Ecuación 3-8*):

$$F = F_{S_1} + (F_{S_2} - F_{S_1}) \cdot (S_x - S_1) = 550 + (900 - 550) \cdot (S_x - 9)$$

Ecuación 3-8 Ecuación de la recta

En cuanto al cálculo de la velocidad máxima en función de los factores descritos, se hace según la *Ecuación 3-9* a continuación:

$$V^2 = \int_{S_1}^{S_2} 2 \cdot a \, ds$$

Ecuación 3-9 Ecuación de la velocidad media

La descomposición de la anterior ecuación se hace mediante el desarrollo visible en la *Ecuación 3-10*, relacionando las dos últimas ecuaciones.

$$\begin{aligned} V^2 &= \int_9^{12} 2 \cdot \frac{F}{m} \, ds = \frac{2}{m} \int_9^{12} [550 + 350 \cdot (S_x - 9)] \, ds = \frac{2}{m} \int_9^{12} [(550 - 350 \cdot 9) + 350 \cdot S_x] \, ds \\ &= \frac{2}{m} \cdot \left[\frac{350 \cdot S_x^2}{2} - 2600 \cdot S_x \right]_9^{12} \end{aligned}$$

Ecuación 3-10 Desarrollo de la Ecuación 3-9

De todos modos, para que el cálculo sea preciso, habrá que tener en cuenta el peso “freno”, el cual queda reflejado en el apartado 3.7.2 y cuyo valor es 120 N. La masa a incluir a la ecuación será la masa total cargada por cada goma. Es decir, de los 40 kg totales, si el lanzador cuenta con 8 gomas, cada una cargará 5 kg.

De modo que la ecuación incluyendo el peso “freno”, queda como sigue ():

$$\begin{aligned} V^2 &= \frac{2}{5} \int_9^{12} [550 + 350 \cdot (S_x - 9) - 120] \, ds = \frac{2}{5} \int_9^{12} [430 + 350 \cdot (S_x - 9)] \, ds \\ &= \frac{2}{5} \int_9^{12} \left[\frac{350 \cdot S_x^2}{2} - 2720 \cdot S_x \right] \, ds \end{aligned}$$

Ecuación 3-11 Aplicación a la ecuación del peso “freno”

A continuación, en la *Figura 3-60*, se puede ver el diagrama de fuerzas correspondiente a la goma de 18 mm de diámetro empleada en el lanzador.

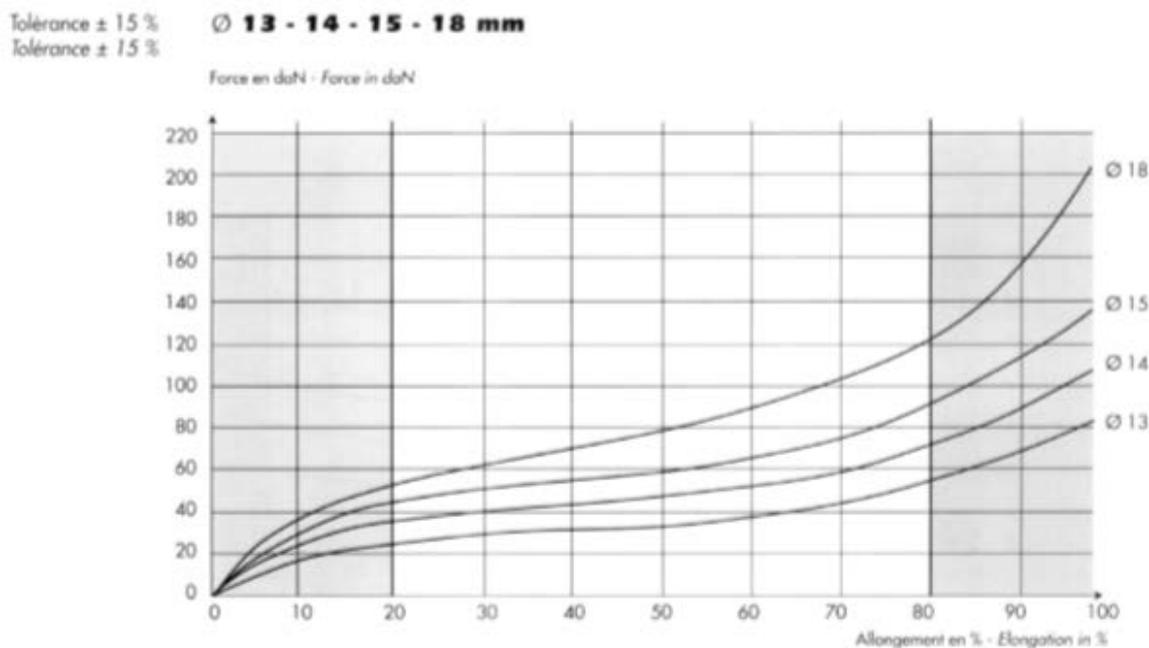


Figura 3-60 Diagrama de fuerzas de la goma

3.8 Simulación mediante elementos finitos del carro

El presente trabajo incluye la simulación mediante MEF de la parte más crítica, el carro. En las imágenes visibles a continuación, el programa hace una muestra de la deformación de manera exagerada, es decir, el elemento no experimenta el desplazamiento que aparentemente muestra la imagen. Lo hace para dejar visible la actuación de las fuerzas, ya que el desplazamiento es tan pequeño que, de no hacerlo, no sería perceptible en las imágenes.

En las capturas de pantalla visibles en la *Figura 3-61* y la *Figura 3-62*, se hace un estudio del desplazamiento producido en los pivotes del carrito, derivados de la tracción a la que es sometido por las gomas.

Como se puede ver en las mencionadas imágenes, el desplazamiento máximo producido sobre los pivotes es de 3,708 mm, por lo que prácticamente es despreciable.

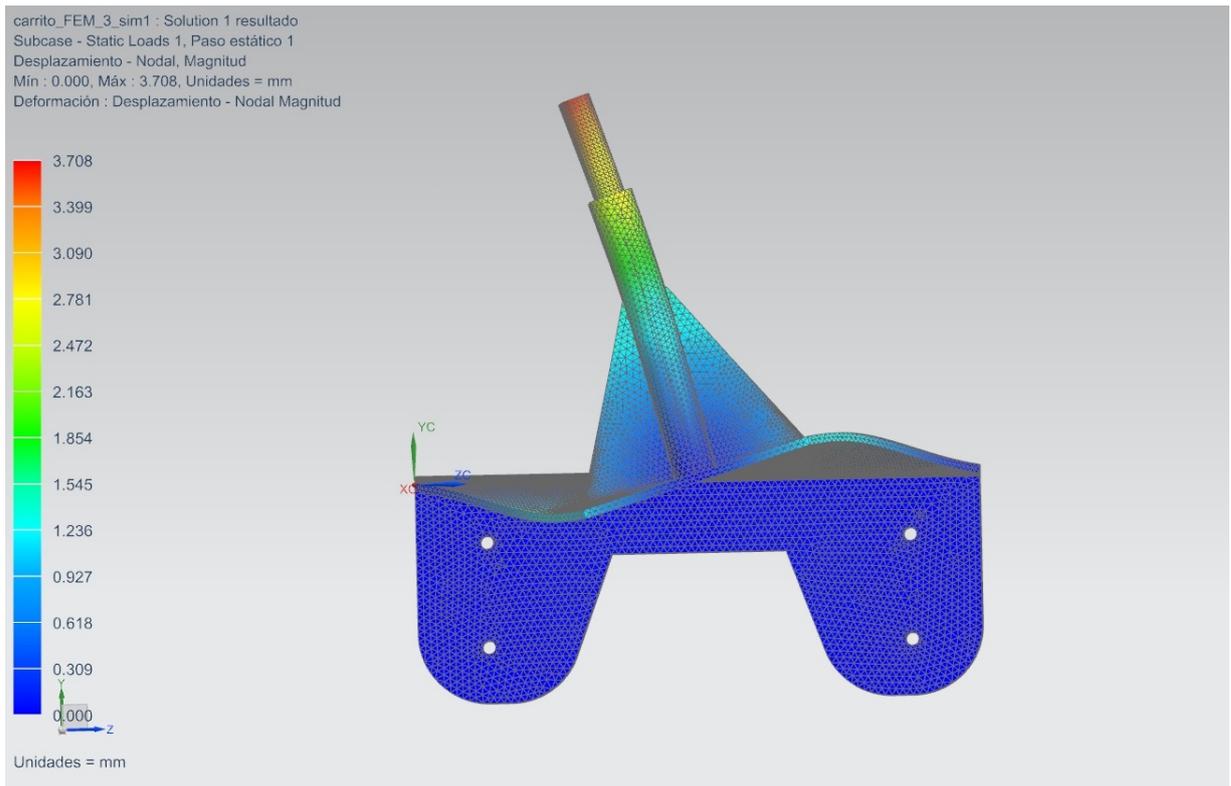


Figura 3-61 Vista lateral del desplazamiento producido

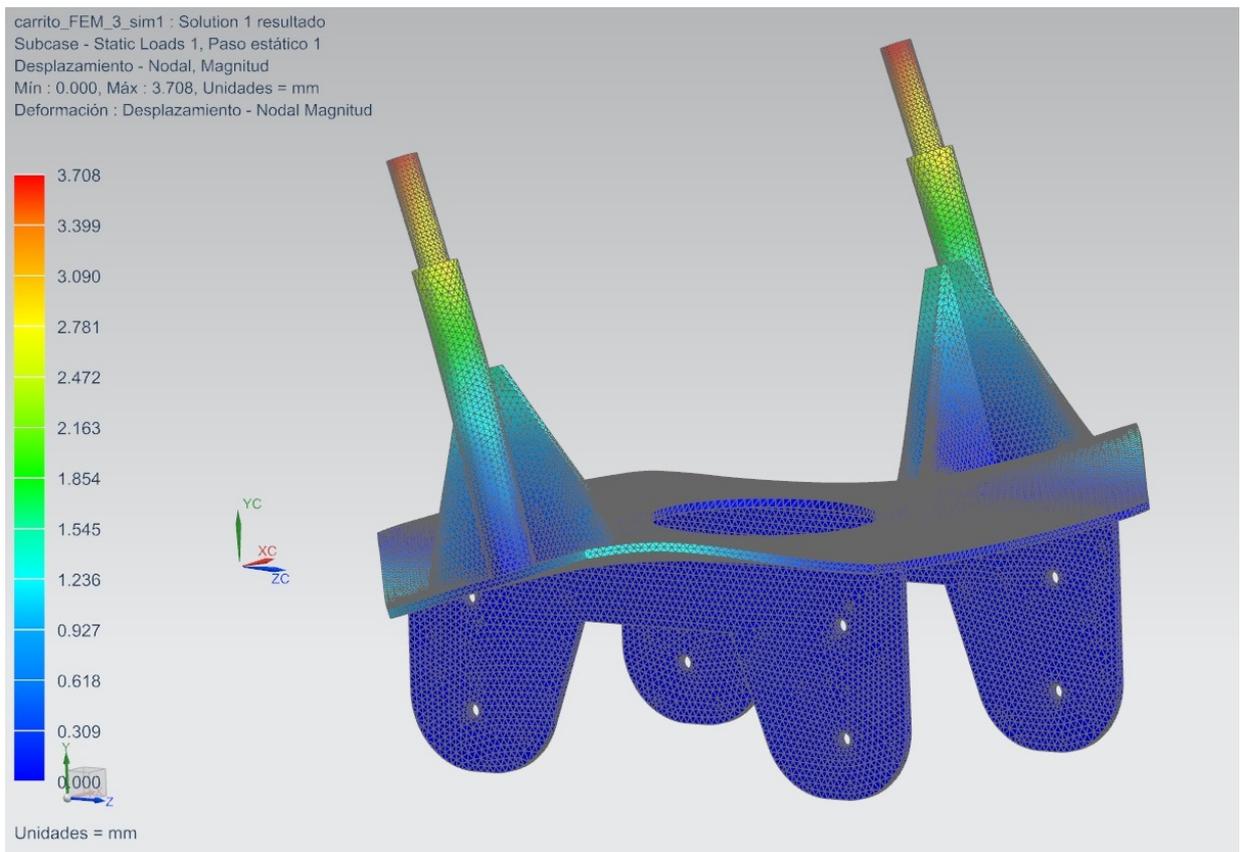


Figura 3-62 Vista oblicua del desplazamiento producido

En cuanto a la tensión de Von Mises, como se puede ver en la *Figura 3-63*, en algún punto del carrito se hace máxima con un valor de 298,7 MPa, pero este punto no es fácilmente distinguible, ya que debido a la resistencia del carrito, no son mostrados críticamente por la representación.

Es de entender que esta tensión se produce en algún punto del contacto de los refuerzos con los pivotes del carro, pero no resulta un valor preocupante, ya que como vimos en el caso anterior del desplazamiento, apenas produce efecto alguno sobre el carro.

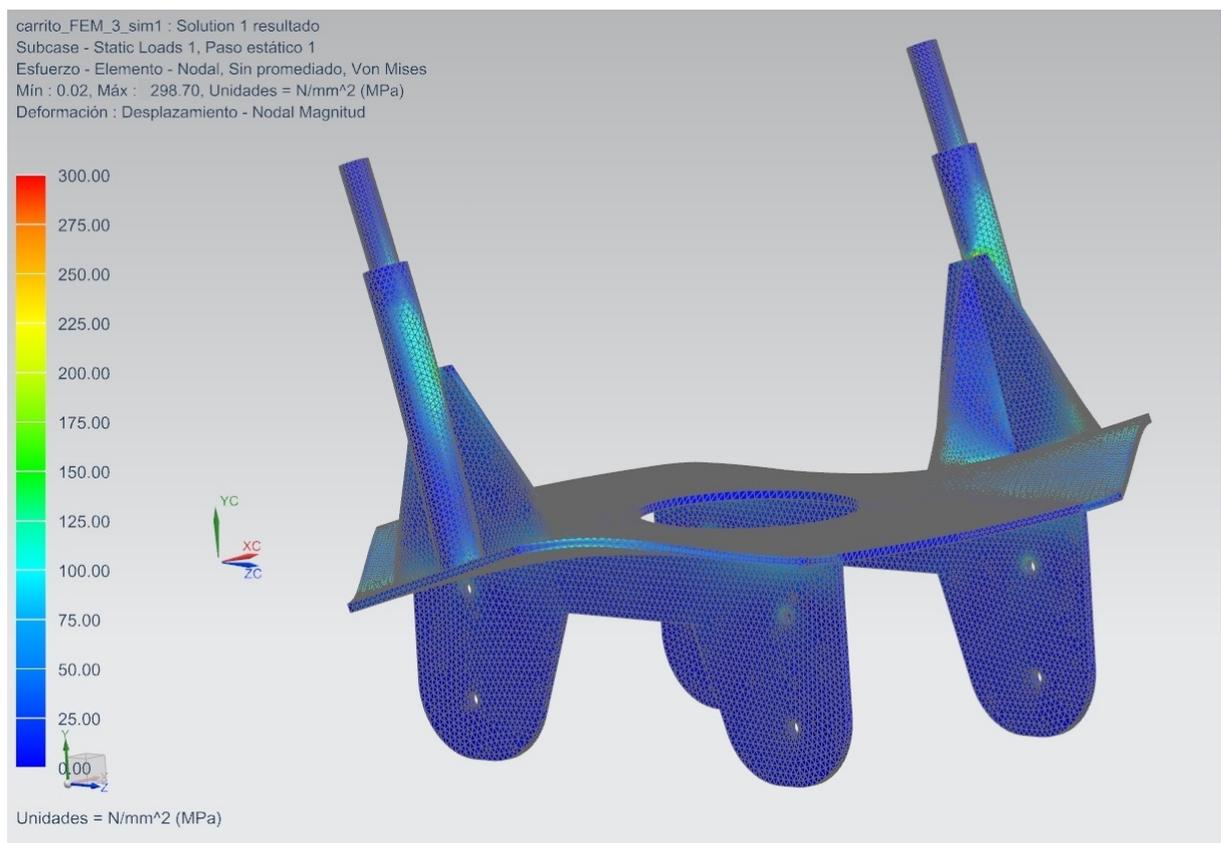


Figura 3-63 Tensión de Von Mises sobre el carro

4 RESULTADOS / VALIDACIÓN / PRUEBA

4.1 Comparación de lanzadores

Como se ha podido comprobar a lo largo del desarrollo del presente Trabajo de Fin de Grado, el “Booster-J4” y el “SuperWedge” cumplen un mismo objetivo, con diferentes enfoques, pero su función no se ve alterada. En ambos casos, el fin último es lanzar la aeronave “ScanEagle” desde la cubierta de un buque de la Armada. A continuación, se hablará sobre los puntos más importantes en común entre ambos, y lo que es más importante, las diferencias que convierten al “Booster-J4” en un sistema innovador y eficaz.

4.1.1 Dimensiones

Debido a su diseño y a las características que permiten a las gomas del “Booster-J4” efectuar cada lanzamiento, se ha conseguido reducir la carrera del RPAS antes de su sustentación en vuelo. Con el nuevo sistema, se consigue entregar al avión la fuerza necesaria para ser lanzado en un tiempo menor y con menos recorrido.

Con el lanzador diseñado en la presente memoria, se reduce a la mitad la longitud y el alto del aparato ya existente en posición de lanzamiento. El ancho se reduce de 1,25 metros a aproximadamente 90 cm (únicamente condicionado por la embergadura del UAV de 3,1 metros).

4.1.2 Pesos

Como se puede ver en el apartado 2.5 de la presente memoria, el peso del “SuperWedge” es de 707 kg. En este caso, el “Booster-J4” también mejora lo presente, teniendo un peso neto de 420 kg.

Esto se debe a la sencillez de sus componentes, sus dimensiones y los materiales que los conforman.

4.1.3 Montaje

El “SuperWedge” es conocido por la sencillez en el proceso de montaje previo al lanzamiento. Si bien, el “Booster-J4” debido a lo simple de sus componentes, si no mejora lo ya existente, consigue igualarlo.

4.1.4 Empleo

Como ya hemos dicho anteriormente, el “SuperWedge” no tiene un gran renombre únicamente por su sencillez de instalación, sino que también lo tiene por la facilidad en su empleo. Sin embargo, ésta es una de las características principales del “Booster-J4”, ha sido diseñado para poder ser accionado

por cualquier miembro de la dotación, bajo la orden de lanzamiento, sin necesidad de conocer previamente la plataforma.

4.1.5 Fundamentos de accionamiento

Como se puede leer al comienzo, el “Booster-J4” es un lanzador elástico, a diferencia del lanzador neumático “SuperWedge”. Este es el cambio inicial en torno al que giran el resto de implementaciones o variaciones de lo ya existente. Con este cambio de sistema, se pretende dotar al aparato de un nuevo beneficio, la simplificación de los componentes y la rápida capacidad de reparación en caso de avería.

4.1.6 Puntos en común

A grandes rasgos, ambos equipos son similares en cuanto a forma, ya que aparentemente, ambos tienen las mismas características. Los dos disponen de un rail sobre el que corre la aeronave, de un sistema de accionamiento, de un soporte que le aporta estabilidad y de ruedas que le permiten su movilidad por toda la cubierta.

5 CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

5.1 Cumplimiento de objetivos

El primer objetivo planteado era conseguir un nuevo diseño innovador de una plataforma de lanzamiento. Este ha sido completamente alcanzado, ya que se ha conseguido crear un nuevo lanzador, capaz de proyectar el “ScanEagle” del que dispone la Armada española hoy en día. En cuanto al nuevo diseño, también se puede contemplar como un objetivo cumplido, ya que existen otros lanzadores elásticos, como hemos visto anteriormente, pero ninguno de ellos tiene las mismas características de forma ni las mismas capacidades de lanzamiento para aeronaves de ese peso.

El siguiente objetivo era mejorar el “SuperWedge” en aspectos como el lanzamiento, pesos, movilidad o la estiba.

En el caso del lanzamiento, se ha conseguido simplificar el accionamiento del disparador cumpliendo los requerimientos para la sustentación en vuelo de la aeronave.

Los pesos, como se puede leer en el apartado anterior, han sido reducidos en aproximadamente 300 kg con respecto al aparato primitivo.

En cuanto a la movilidad, si no se consigue mejorar, se iguala, ya que es dirigitible en los 360°, gracias a la capacidad de rotación de sus ruedas delanteras. Sin embargo, el asunto de los pesos está estrechamente relacionado con esto, ya que a menor peso, menor esfuerzo para conseguir mover el aparato. Por ello, se puede considerar que sí se ha mejorado este punto.

Por último, el caso de la estiba. Pese a que es imposible probarlo sin el lanzador físico, se supone que sí se ha alcanzado este objetivo debido a la reducción a la mitad de prácticamente todas sus dimensiones.

5.2 Líneas futuras

En este apartado se propondrán una serie de vías de continuación del presente proyecto, de modo que alumnos de promociones venideras puedan retomar este estudio y ampliarlo para darle mayor entidad a lo proyectado.

En primer lugar, sería interesante cumplir los objetivos pretendidos cuando se planteó la idea de este trabajo. Es decir, idear y elaborar el diseño de una plataforma de recogida de UAVs de ala fija para la Armada. Finalmente, no quedó recogido entre los objetivos de este proyecto por limitaciones de tiempo.

En caso de ser factible, implementar ambas plataformas, construirlas e intentar probarlas con alguna maqueta de dimensiones y pesos iguales a los que tiene el “ScanEagle”.

Otro punto de continuación es el estudio de la resistencia estructural de los elementos del lanzador, mediante las cargas en movimiento aplicadas al mismo como efecto del desplazamiento del carrito con el avión, y mediante el método de los elementos finitos, de forma que se puedan conocer todos los puntos críticos, de haberlos, sometidos a las cargas derivadas del apoyo y movimiento de la aeronave en su carrera por el lanzador.

Para llevar a cabo este estudio mediante el MEF en el caso del carro, y debido a que el peso juega un papel de vital importancia, debe intentar reducirse éste, optimizando sus componentes sin mermar la resistencia.

No obstante, no sólo el carrito es objeto de la reducción de pesos, sino que en otras partes también se podría lograr una optimización de los mismos. De modo que se propone la modificación de los componentes previo paso a la realización del citado estudio de sus resistencias estructurales.

Otra de las líneas futuras a tener en cuenta, podría ser abordar el control eléctrico y la automatización del sistema.

Por último, también sería de interés la realización de un presupuesto y mejora del diseño en función de una reducción de coste, ya que se han empleado algunas piezas de diseño propio que podrían en algún caso modificarse para facilitar su fabricación y reducir su precio.

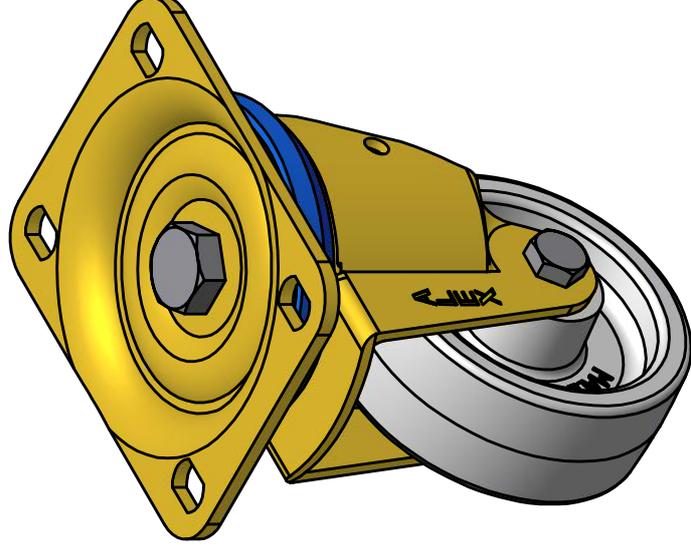
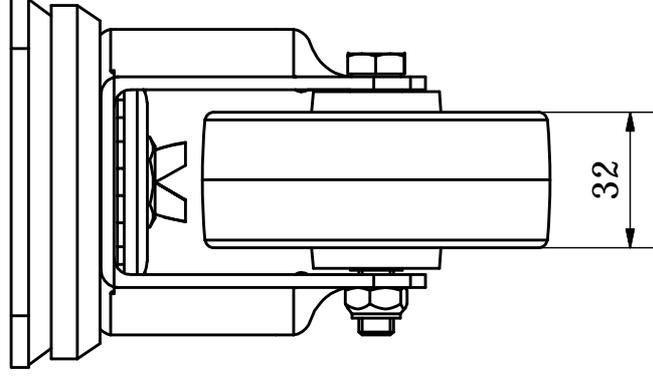
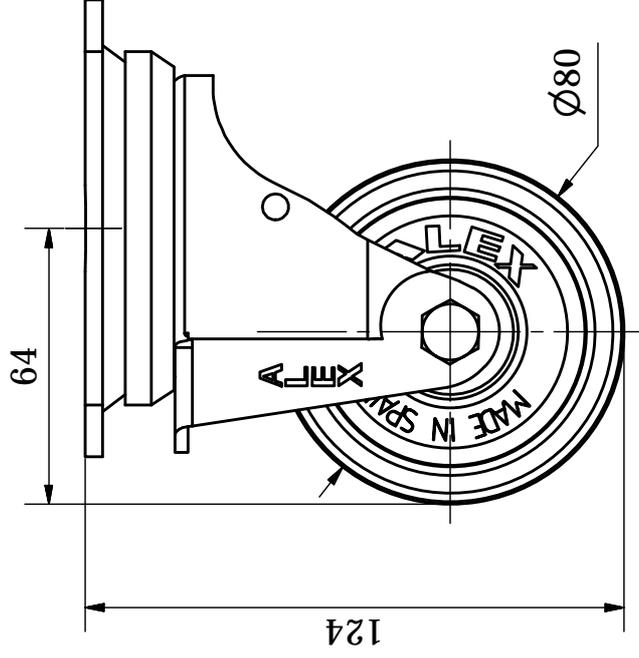
Todas estas propuestas de mejora quedan fuera del alcance del presente TFG por limitación de tiempo.

6 BIBLIOGRAFÍA

- [1] «Mundo Drone,» Junio 2014. [En línea]. Available: <http://mundrone.blogspot.com.es/p/historia-de-los-drones.html>. [Último acceso: 20 febrero 2016].
- [2] «Wikimedia Commons,» Wikimedia Commons, 27 Enero 2013. [En línea]. Available: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Unmanned_aerial_target_\(mark_II\)_RAE-O1053.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Unmanned_aerial_target_(mark_II)_RAE-O1053.jpg). [Último acceso: 20 Febrero 2016].
- [3] I. E. d. Aeronaves, Interviewee, [Entrevista]. 1 Enero 2016.
- [4] «Defensa.com,» 28 Octubre 2014. [En línea]. Available: <http://www.defensa.com/frontend/defensa/armada-espanola-quiere-desplegar-uav-scan-eagle-boeing-proxima-vn13690-vst154>. [Último acceso: 20 Febrero 2016].
- [5] «Wikipedia,» Wikipedia, 16 Febrero 2016. [En línea]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/AeroVironment_RQ-11_Raven#/media/File:RQ-11_Raven_1.jpg. [Último acceso: 20 Febrero 2016].
- [6] T. Eshel, «Defense Update,» Defense Update, 28 Diciembre 2014. [En línea]. Available: http://defense-update.com/20141228_iranian_missiles_drones.html. [Último acceso: 20 Febrero 2016].
- [7] «Cartogalicia,» CartoUAV, 2012. [En línea]. Available: http://www.cartogalicia.com.mialias.net/cartouav/index.php?option=com_content&view=article&id=51&Itemid=71&lang=es. [Último acceso: 20 Febrero 2016].
- [8] S. Hendricks, «rcgroups.com,» 8 Julio 2010. [En línea]. Available: <http://www.rcgroups.com/forums/showthread.php?t=1167272&page=398>. [Último acceso: 20 Febrero 2016].
- [9] Insitu, SuperWedge Launcher Manteinance Handbook, Bingen, WA, 2013.
- [10] Siemens, «Siemens,» Siemens, 21 Febrero 2016. [En línea]. Available: http://www.plm.automation.siemens.com/es_es/products/nx/for-design/advantages-benefits.shtml. [Último acceso: 21 Febrero 2016].
- [11] L. Leão, «Blog de ingeniería eléctrica moderna,» E3 Series, 2 Diciembre 2015. [En línea]. Available: <http://www.cim-team.com.br/blog-de-ingenieria-electrica-moderna/cad->

- vs-cae-vs-cam-diferencias. [Último acceso: 21 Febrero 2016].
- [12] Desconocido, «Foroaviones,» 15 Agosto 2009. [En línea]. Available: <http://www.foroaviones.com/foro/militar/18513-fotorreportaje-vista-al-buque-de-armada-espanola-juan-carlos-i.html>. [Último acceso: 22 Febrero 2016].
- [13] Ruedas Alex, «Ruedas Alex,» Ruedas Alex, 2016. [En línea]. Available: <http://www.alex.es/>. [Último acceso: 2016 Febrero 22].
- [14] ingemecánica, «ingemecánica,» ingemecánica, 23 Febrero 2016. [En línea]. Available: <http://ingemecanica.com/tutoriales/prontuariodeperfiles.html#huecocuadrado>. [Último acceso: 23 Febrero 2016].
- [15] SKF, «SKF,» SKF, 23 Febrero 2016. [En línea]. Available: <http://www.skf.com/es/index.html>. [Último acceso: 23 Febrero 2016].
- [16] Nord, «Nord,» Nord, 23 Febrero 2016. [En línea]. Available: https://nord.com/cms/es/documentation/software/nordcad/NORD_CAD_Online2.jsp. [Último acceso: 23 Febrero 2016].
- [17] Sandow Technic, 24 Febrero 2016. [En línea]. Available: http://www.sandowtechnic.com/html_en/index_en.php. [Último acceso: 24 Febrero 2016].
- [18] Leroy Merlin, «Cable de acero - Leroy Merlin,» 2016. [En línea]. Available: <http://www.leroymerlin.es/fp/10357151/cable-de-acero-elevacion-al-corte?pathFamiliaFicha=421001>. [Último acceso: 24 Febrero 2016].
- [19] Leroy Merlin, «Guardacabos - Leroy Merlin,» 2016. [En línea]. Available: <http://www.leroymerlin.es/fp/66122/guardacabos-acero-zincado?pathFamiliaFicha=421001>. [Último acceso: 24 Febrero 2016].
- [20] QuimiNet, «Ventajas y aplicaciones del polietileno del alta densidad,» QuimiNet, 19 Septiembre 2011. [En línea]. Available: <http://www.quiminet.com/articulos/ventajas-y-aplicaciones-del-polietileno-de-alta-densidad-hdpe-2577371.htm>. [Último acceso: 25 Febrero 2016].
- [21] QuimiNet, «¿Qué es la espuma de poliuretano?,» 3 Febrero 2006. [En línea]. Available: <http://www.quiminet.com/articulos/que-es-la-espuma-de-poliuretano-5539.htm>. [Último acceso: 25 Febrero 2016].
- [22] C. E. G. García, «Empleo de UAV en la Armada española ¿concepto o capacidad militar?,» 2011.

ANEXO I: PLANOS

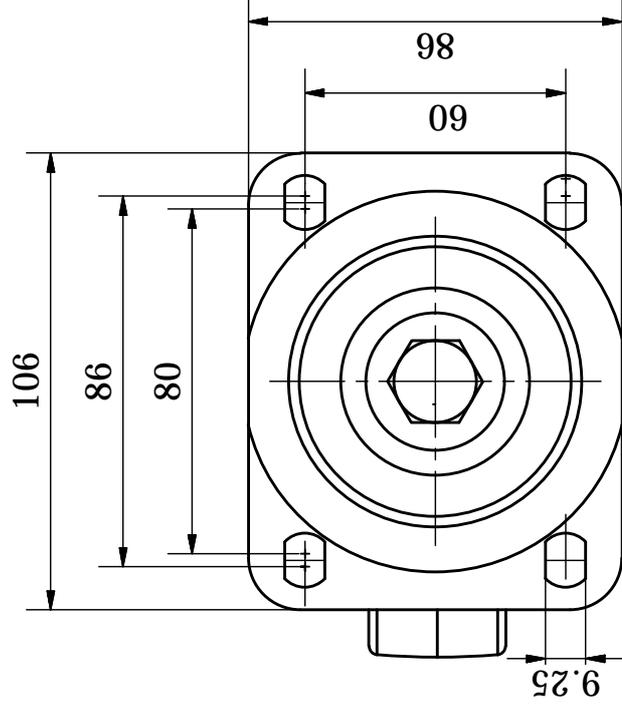


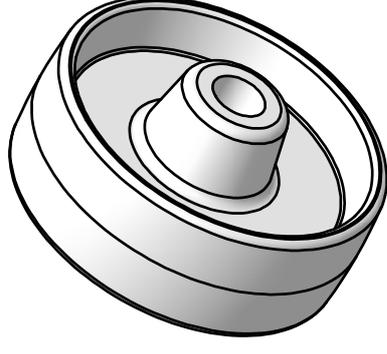
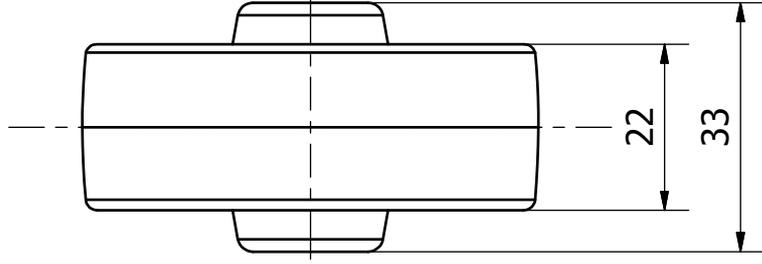
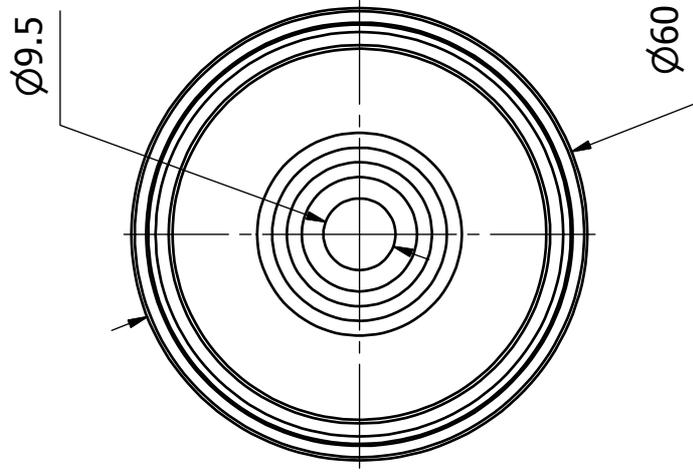
Fabricada según norma europea EN12532



cod. 2-1797

Material Soporte:	Acero
Anchura Pisada:	32
Cojinete Eje Rueda:	Liso
Material Rueda:	Nylon
Carga Kg una Rueda:	300
Acabado Soporte:	Bicromatizado





Fabricada según norma europea EN12532



cod. 4-0002

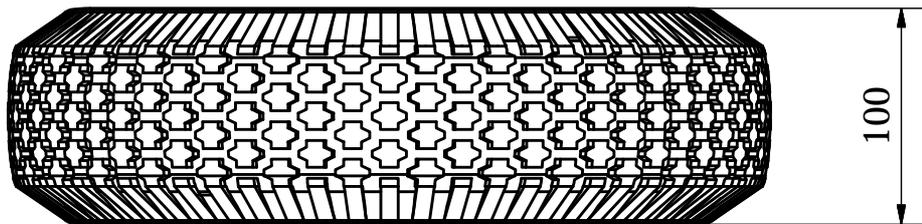
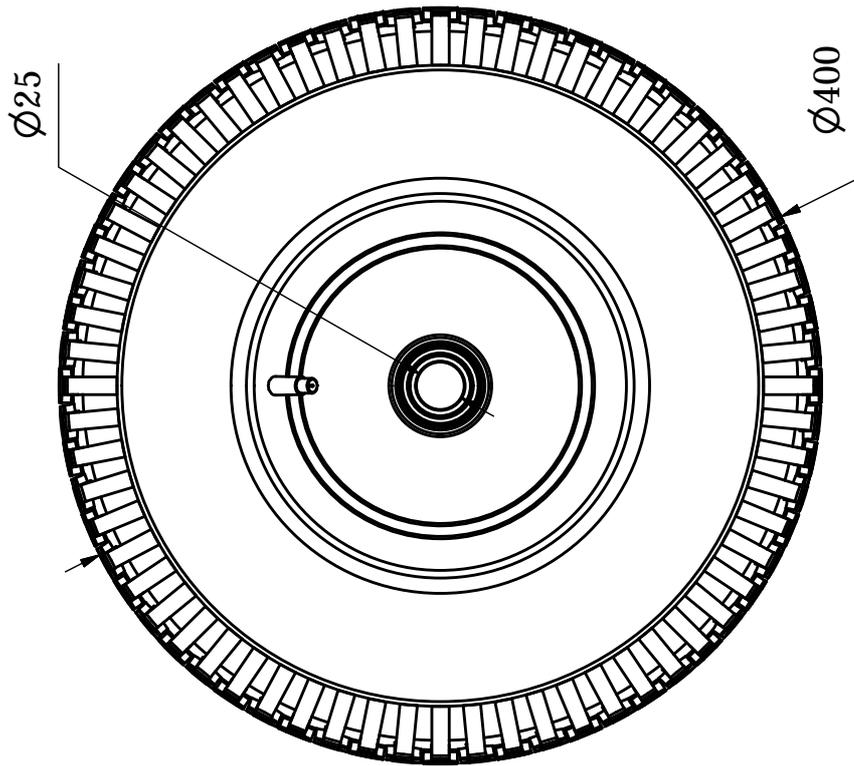
Material Núcleo:	Nylon
Anchura Pisada:	22 mm
Cojinete Eje Rueda:	Liso
Material Banda:	Nylon
Carga Kg una Rueda:	125
Color:	Blanco



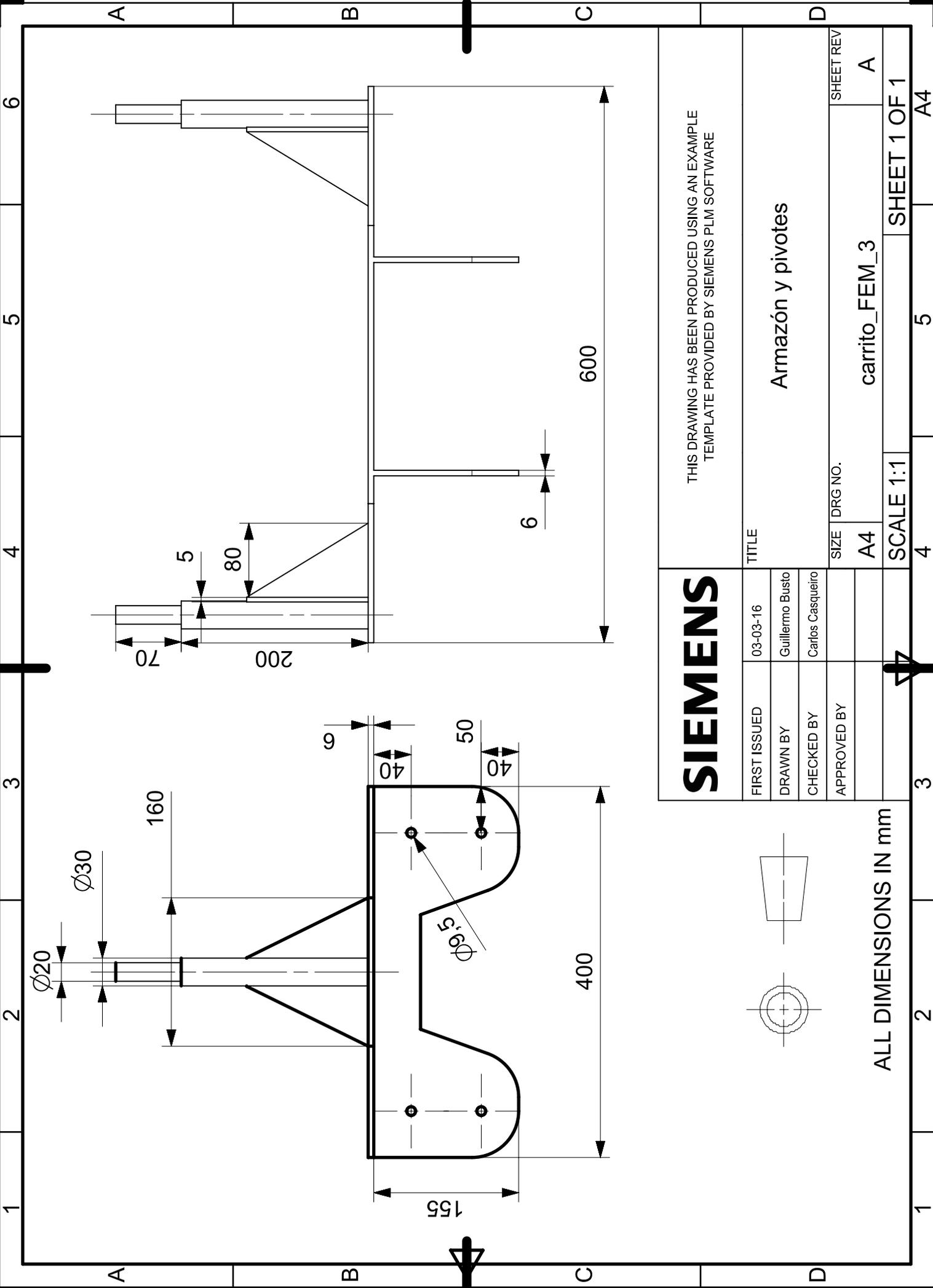
Fabricada según norma europea EN12532



cod. 4-0928



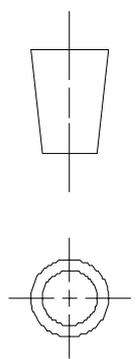
Material N.º de Aceite:	Metálico
Anchura Pisada:	100 mm
Cojinete Eje Rueda:	Bolas
Material Banda:	Cubierta Neumática
Carga Kg una Rueda:	300
Color:	Negro



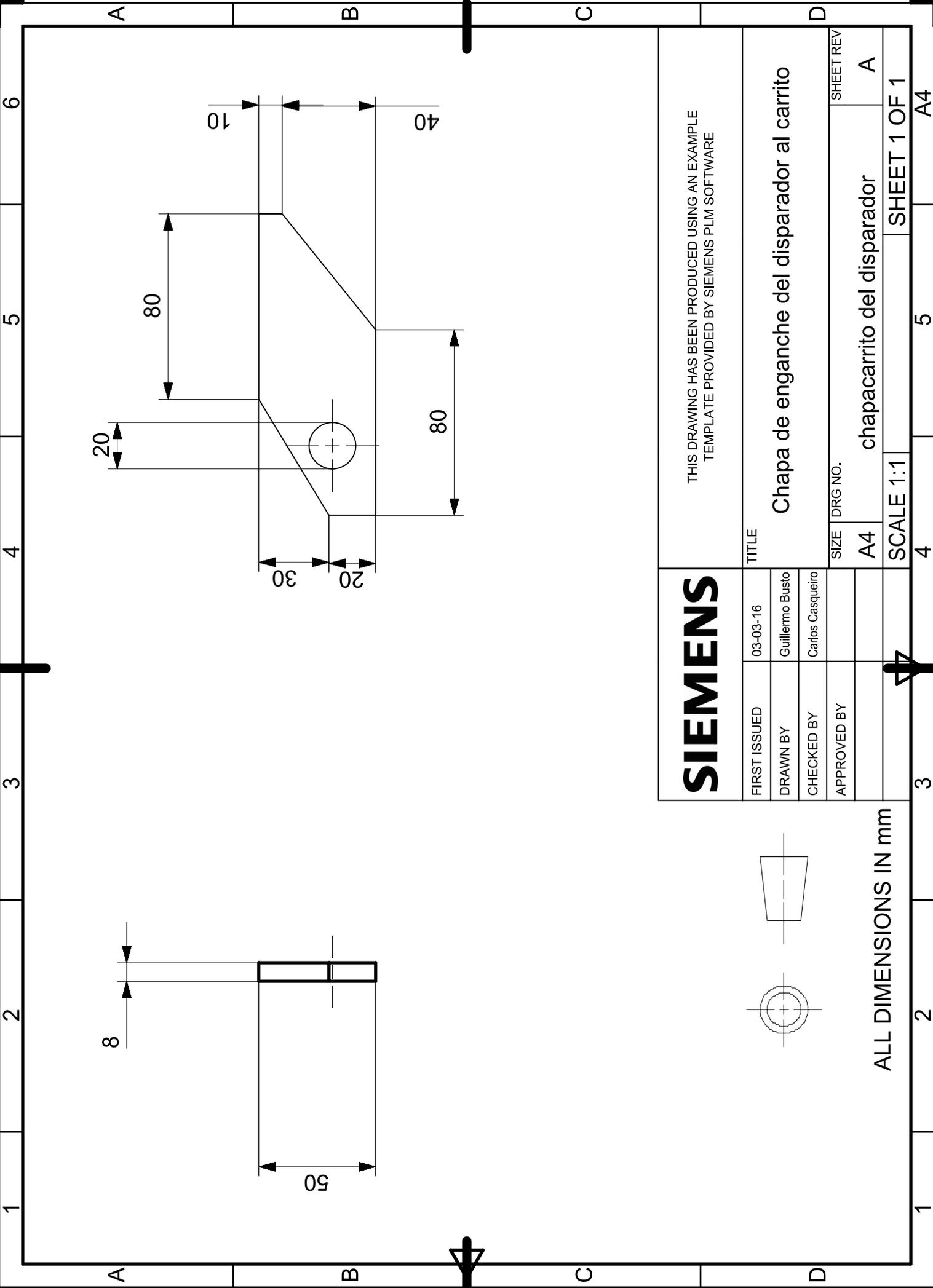
SIEMENS

THIS DRAWING HAS BEEN PRODUCED USING AN EXAMPLE
TEMPLATE PROVIDED BY SIEMENS PLM SOFTWARE

FIRST ISSUED	03-03-16	TITLE	Armazón y pivotes	
DRAWN BY	Guillermo Busto	SIZE	A4	SHEET REV
CHECKED BY	Carlos Casqueiro	DRG NO.	carrito_FEM_3	A
APPROVED BY		SCALE	1:1	SHEET 1 OF 1
			4	5
				A4



ALL DIMENSIONS IN mm



SIEMENS

THIS DRAWING HAS BEEN PRODUCED USING AN EXAMPLE
TEMPLATE PROVIDED BY SIEMENS PLM SOFTWARE

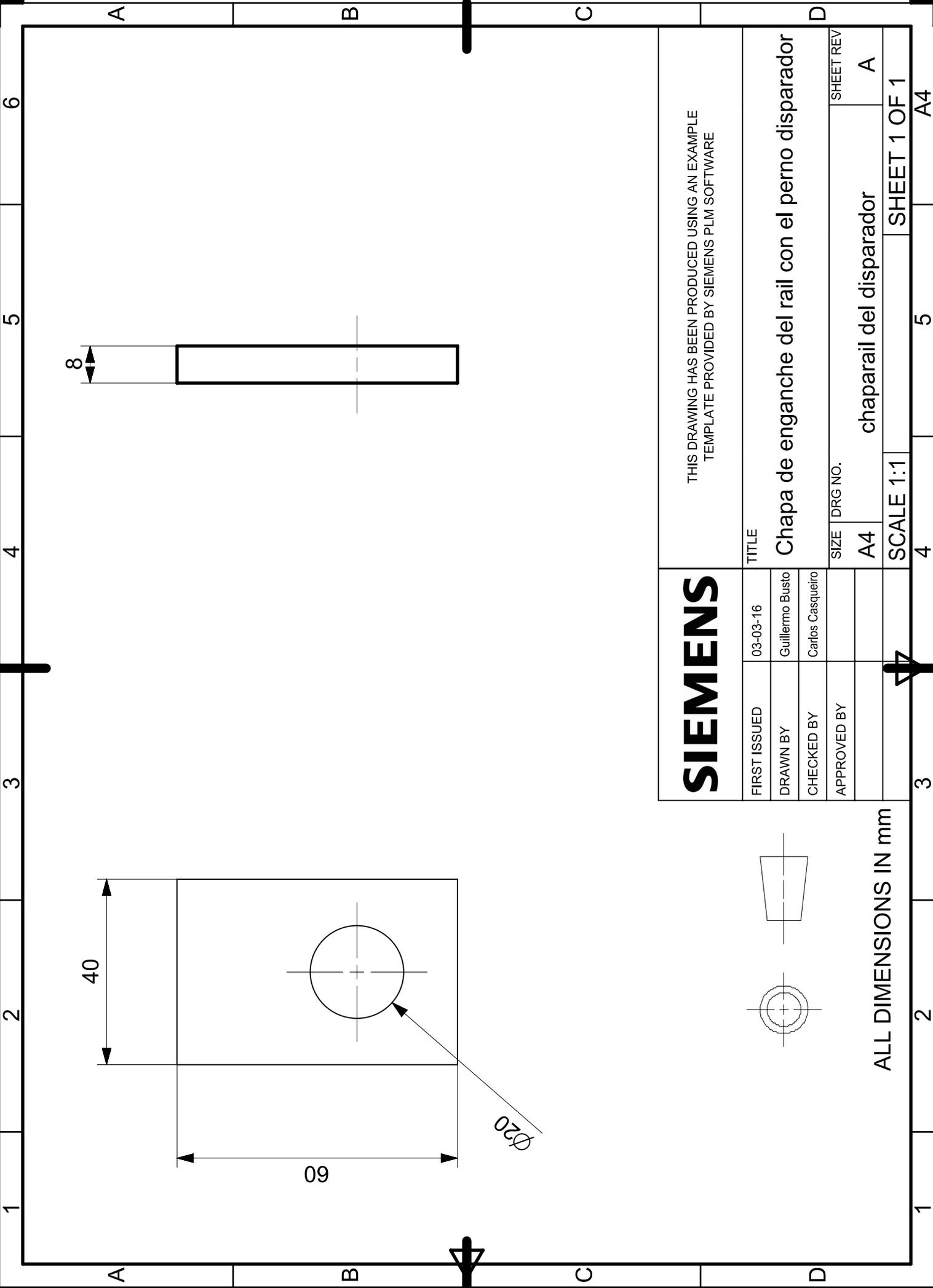
FIRST ISSUED	03-03-16
DRAWN BY	Guillermo Busto
CHECKED BY	Carlos Casqueiro
APPROVED BY	

TITLE	
Chapa de enganche del disparador al carrito	
SIZE	DRG NO.
A4	chapacarrito del disparador
SHEET REV	
A	

ALL DIMENSIONS IN mm

SCALE 1:1

SHEET 1 OF 1



SIEMENS

THIS DRAWING HAS BEEN PRODUCED USING AN EXAMPLE
TEMPLATE PROVIDED BY SIEMENS PLM SOFTWARE

FIRST ISSUED	03-03-16
DRAWN BY	Guillermo Busto
CHECKED BY	Carlos Casqueiro
APPROVED BY	

TITLE

Chapa de enganche del rail con el perno disparador

SIZE DRG NO.

A4 chaparail del disparador

SHEET REV

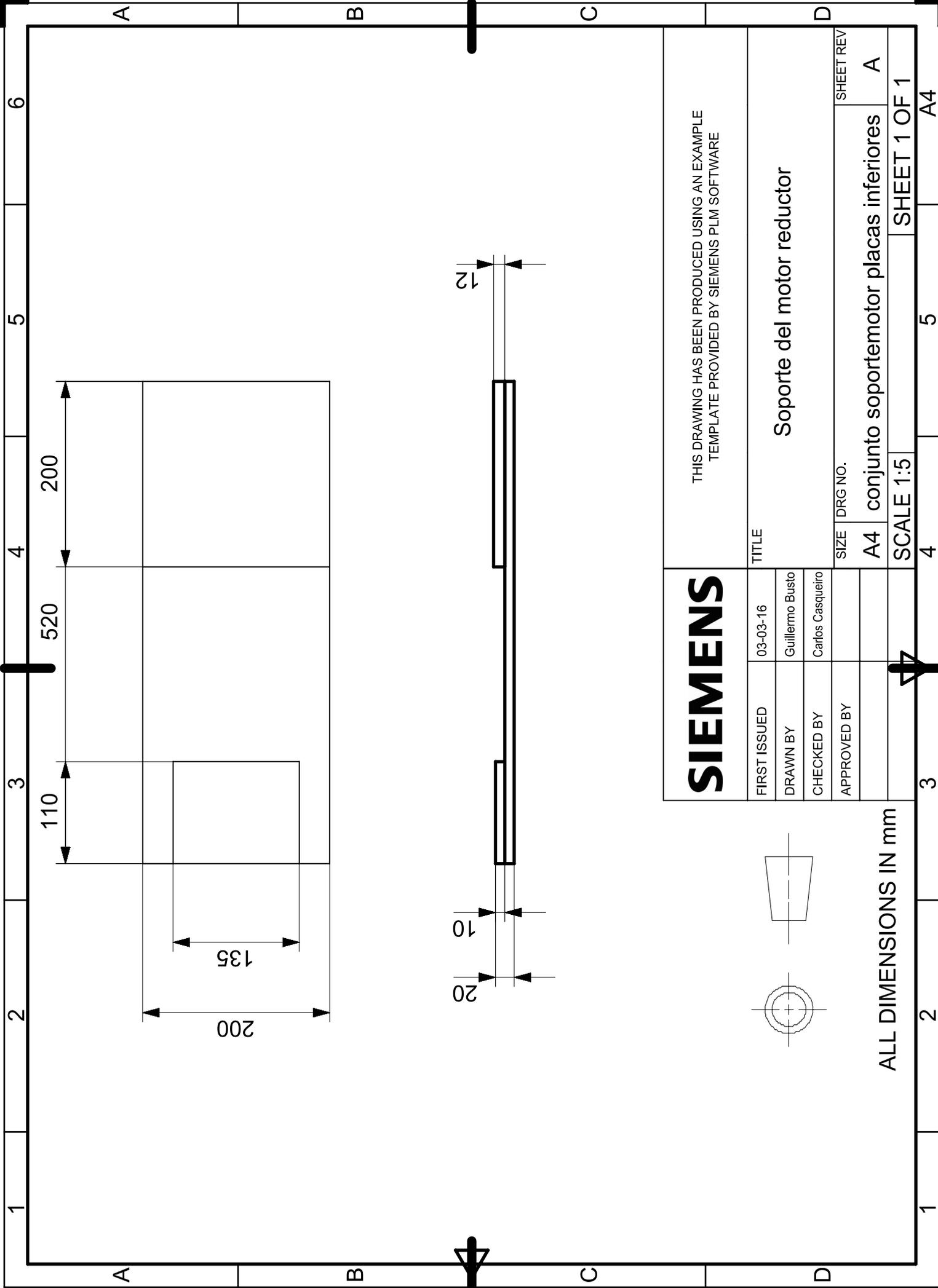
A

SCALE 1:1

SHEET 1 OF 1

ALL DIMENSIONS IN mm

A4



SIEMENS

THIS DRAWING HAS BEEN PRODUCED USING AN EXAMPLE
TEMPLATE PROVIDED BY SIEMENS PLM SOFTWARE

FIRST ISSUED	03-03-16
DRAWN BY	Guillermo Busto
CHECKED BY	Carlos Casqueiro
APPROVED BY	

TITLE

Soporte del motor reductor

SIZE
A4

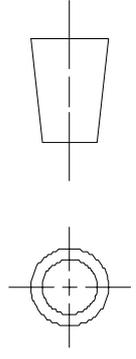
SHEET REV
A

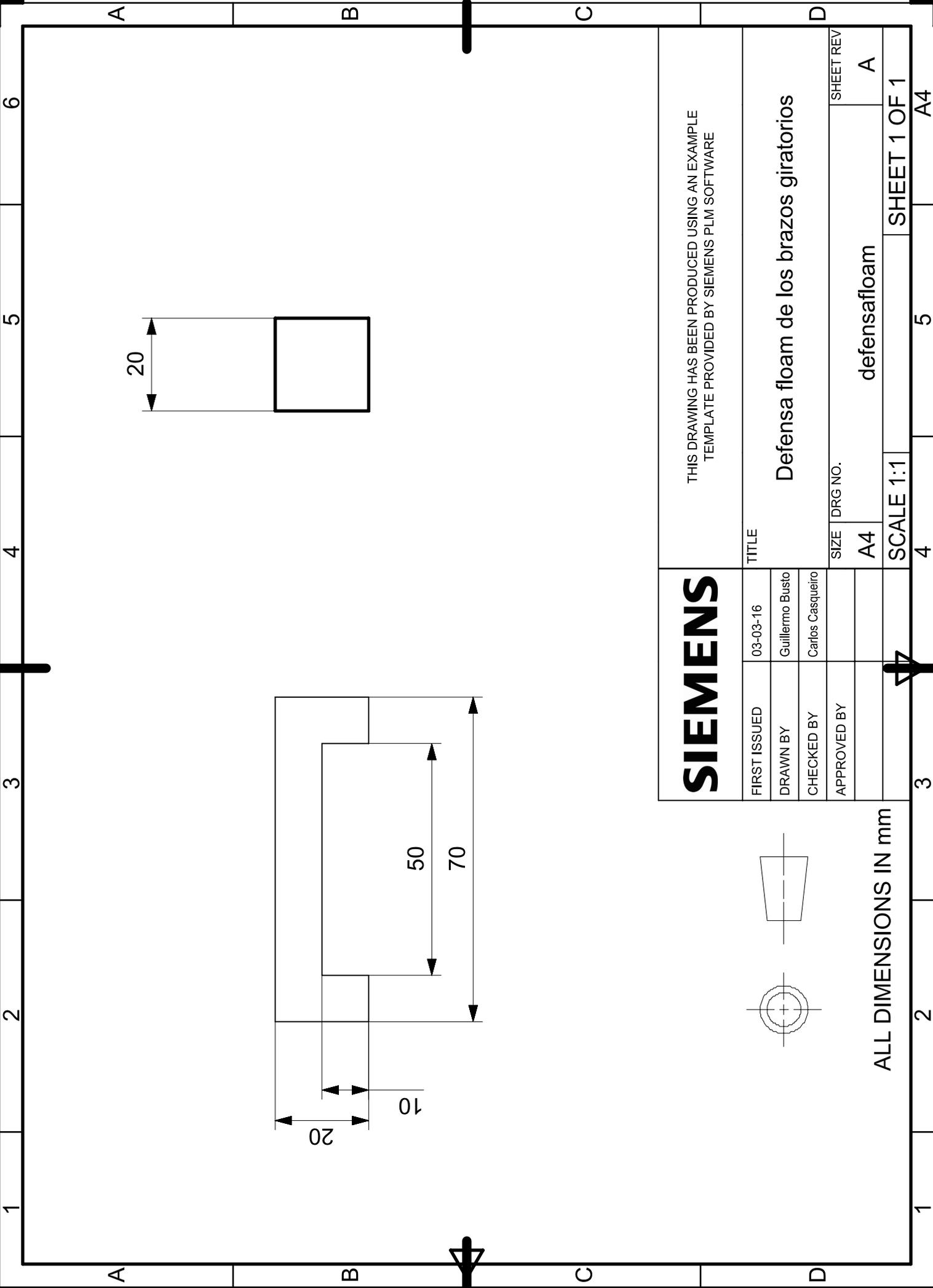
conjunto soportemotor placas inferiores

SCALE 1:5

SHEET 1 OF 1

ALL DIMENSIONS IN mm





SIEMENS

THIS DRAWING HAS BEEN PRODUCED USING AN EXAMPLE
TEMPLATE PROVIDED BY SIEMENS PLM SOFTWARE

FIRST ISSUED	03-03-16
DRAWN BY	Guillermo Busto
CHECKED BY	Carlos Casqueiro
APPROVED BY	

TITLE		SHEET REV
Defensa floam de los brazos giratorios		
SIZE	DRG NO.	
A4		A

ALL DIMENSIONS IN mm

SCALE 1:1

SHEET 1 OF 1

1 2 3 4 5 6

A

B

C

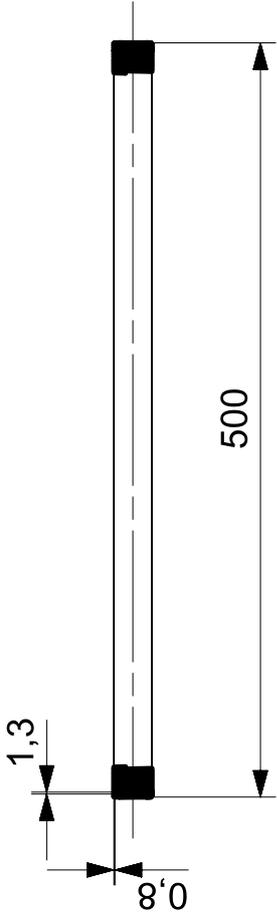
D

A

B

C

D



R12,5

500

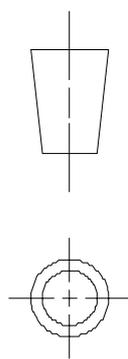
1,3

∅ 12,5

SIEMENS

THIS DRAWING HAS BEEN PRODUCED USING AN EXAMPLE
TEMPLATE PROVIDED BY SIEMENS PLM SOFTWARE

FIRST ISSUED	03-03-16	TITLE	Eje de las ruedas neumáticas	
DRAWN BY	Guillermo Busto	SIZE	A4	
CHECKED BY	Carlos Casqueiro	DRG NO.	eje ruedas	
APPROVED BY		SHEET REV	A	

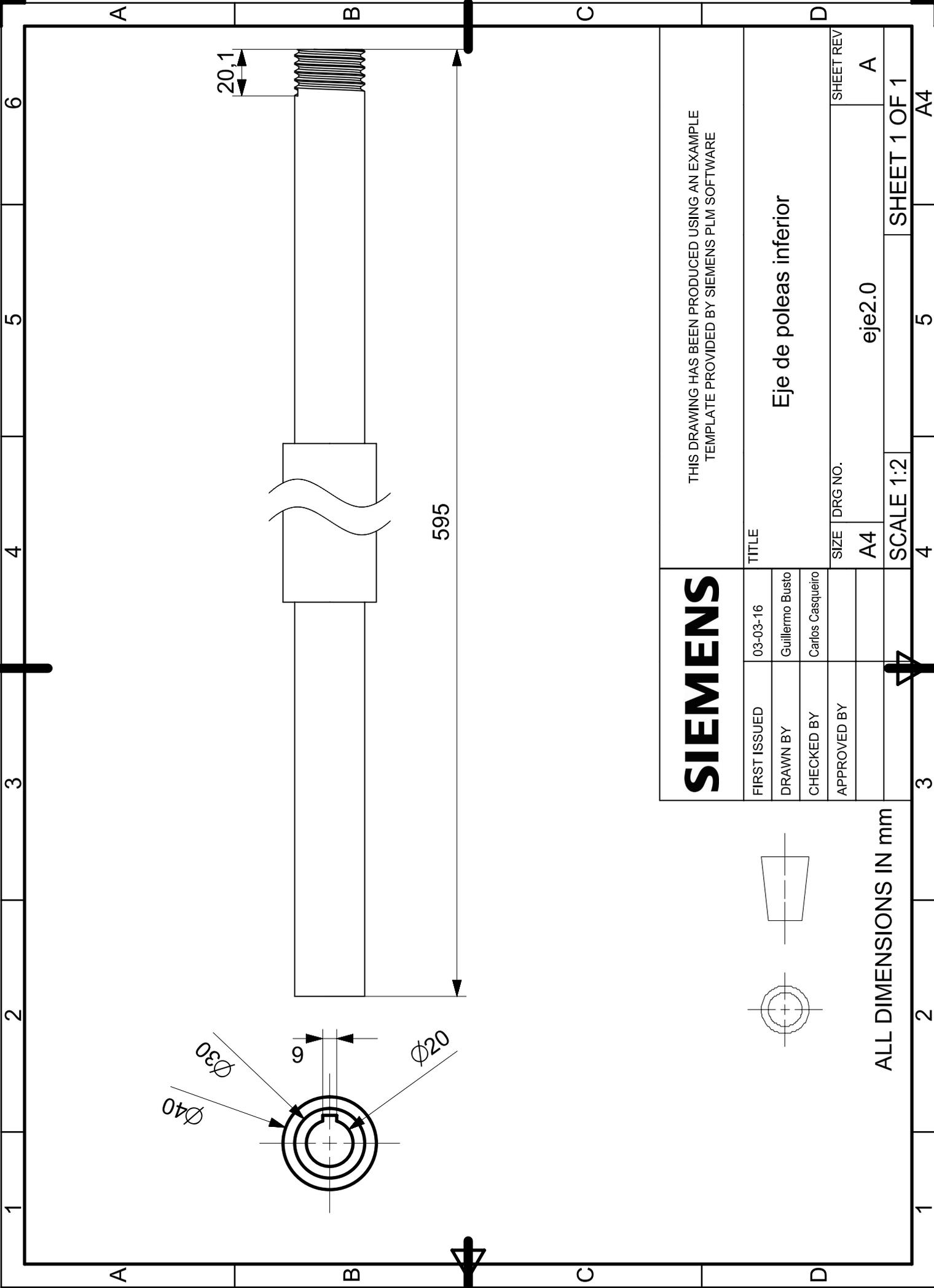


ALL DIMENSIONS IN mm

SCALE 1:5

SHEET 1 OF 1

1 2 3 4 5 A4



SIEMENS

THIS DRAWING HAS BEEN PRODUCED USING AN EXAMPLE
TEMPLATE PROVIDED BY SIEMENS PLM SOFTWARE

FIRST ISSUED	03-03-16
DRAWN BY	Guillermo Busto
CHECKED BY	Carlos Casqueiro
APPROVED BY	

TITLE

Eje de poleas inferior

SIZE DRG NO.

eje2.0

SHEET REV

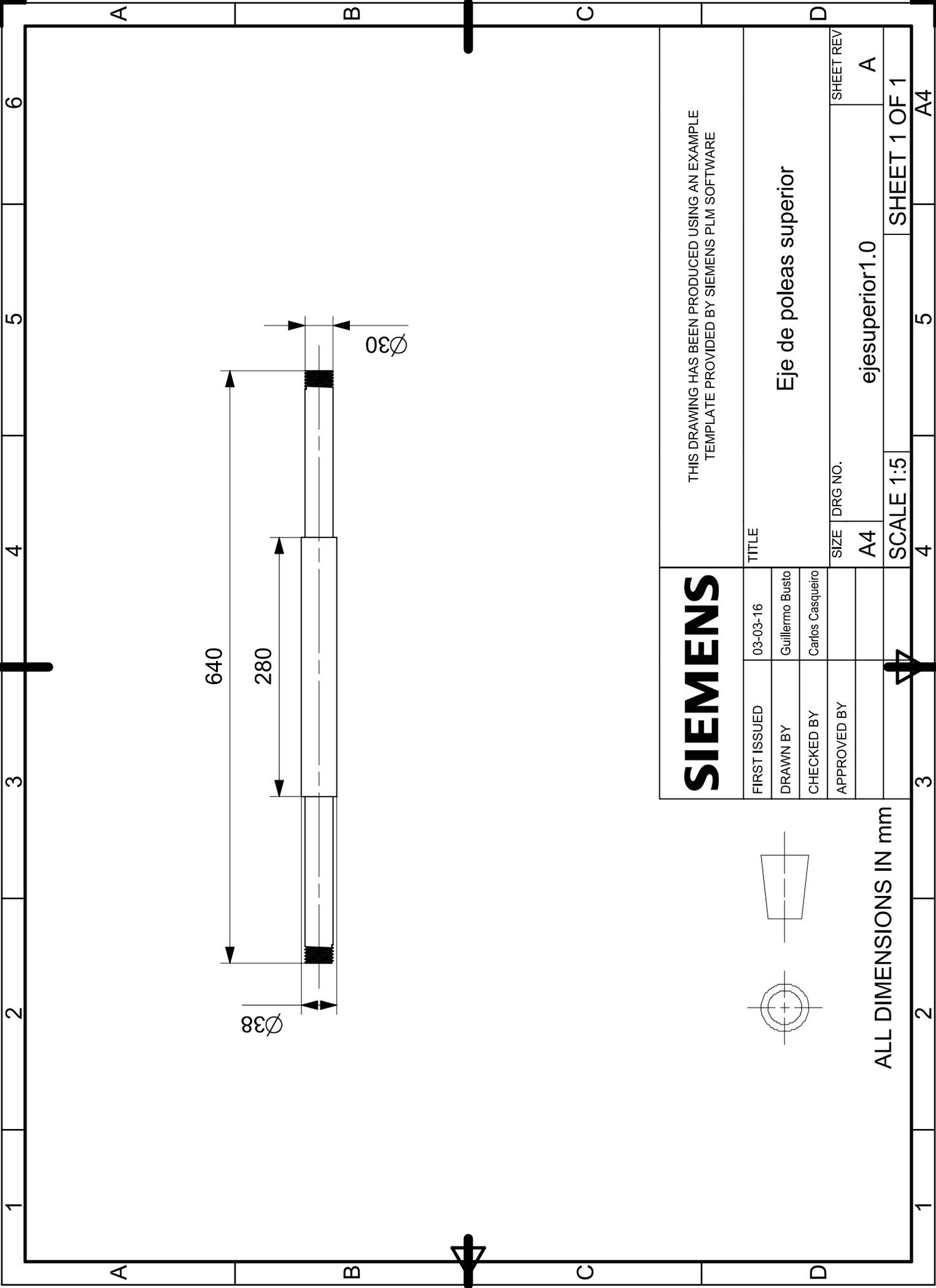
A

ALL DIMENSIONS IN mm

SCALE 1:2

SHEET 1 OF 1

A4



SIEMENS

THIS DRAWING HAS BEEN PRODUCED USING AN EXAMPLE
TEMPLATE PROVIDED BY SIEMENS PLM SOFTWARE

FIRST ISSUED	03-03-16
DRAWN BY	Guillermo Busto
CHECKED BY	Carlos Casqueiro
APPROVED BY	

TITLE

Eje de poleas superior

SIZE DRG NO.

A4 ejesuperior1.0

SHEET REV

A

ALL DIMENSIONS IN mm

SCALE 1:5

SHEET 1 OF 1

1

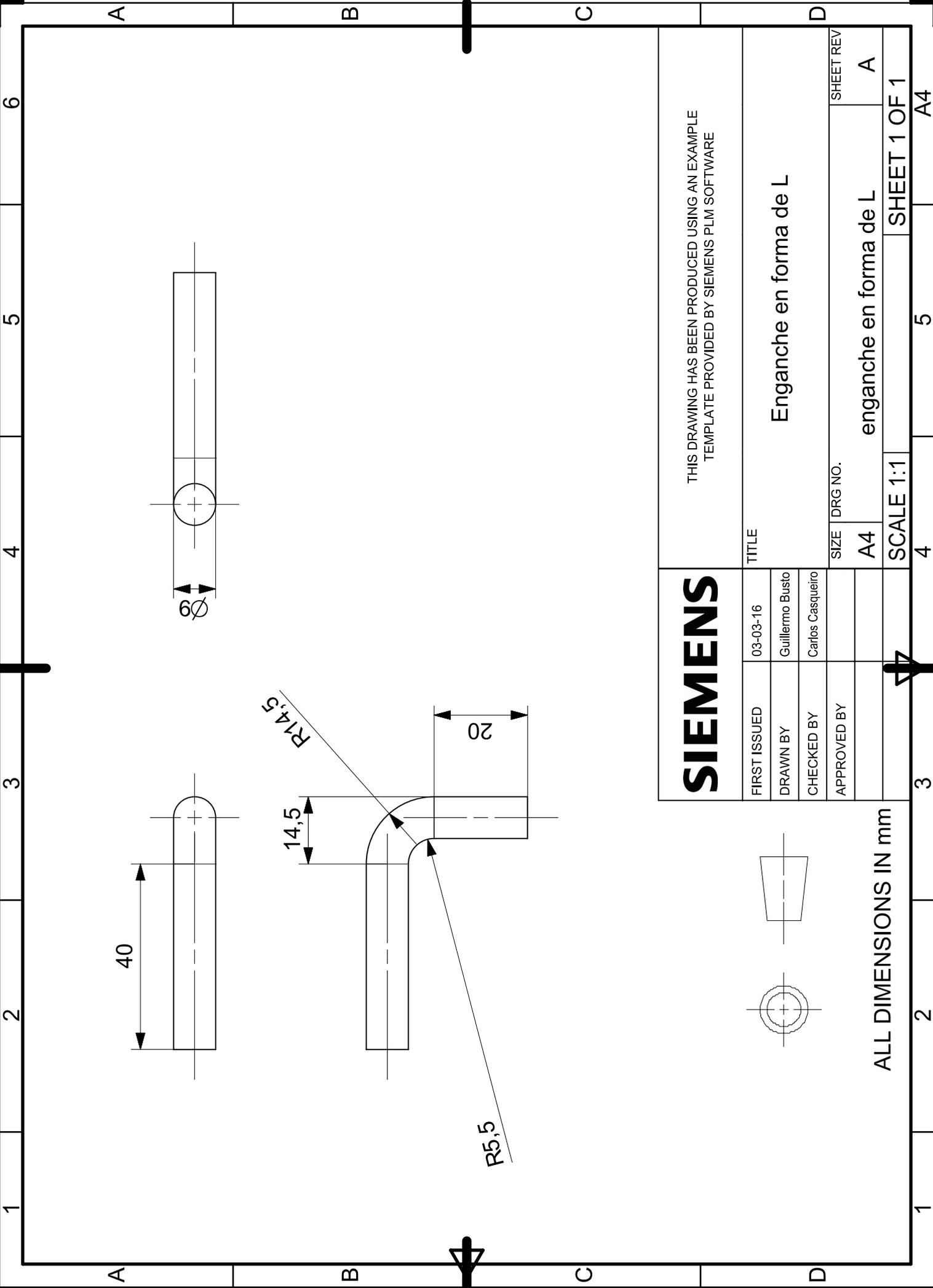
2

3

4

5

A4



SIEMENS

THIS DRAWING HAS BEEN PRODUCED USING AN EXAMPLE
TEMPLATE PROVIDED BY SIEMENS PLM SOFTWARE

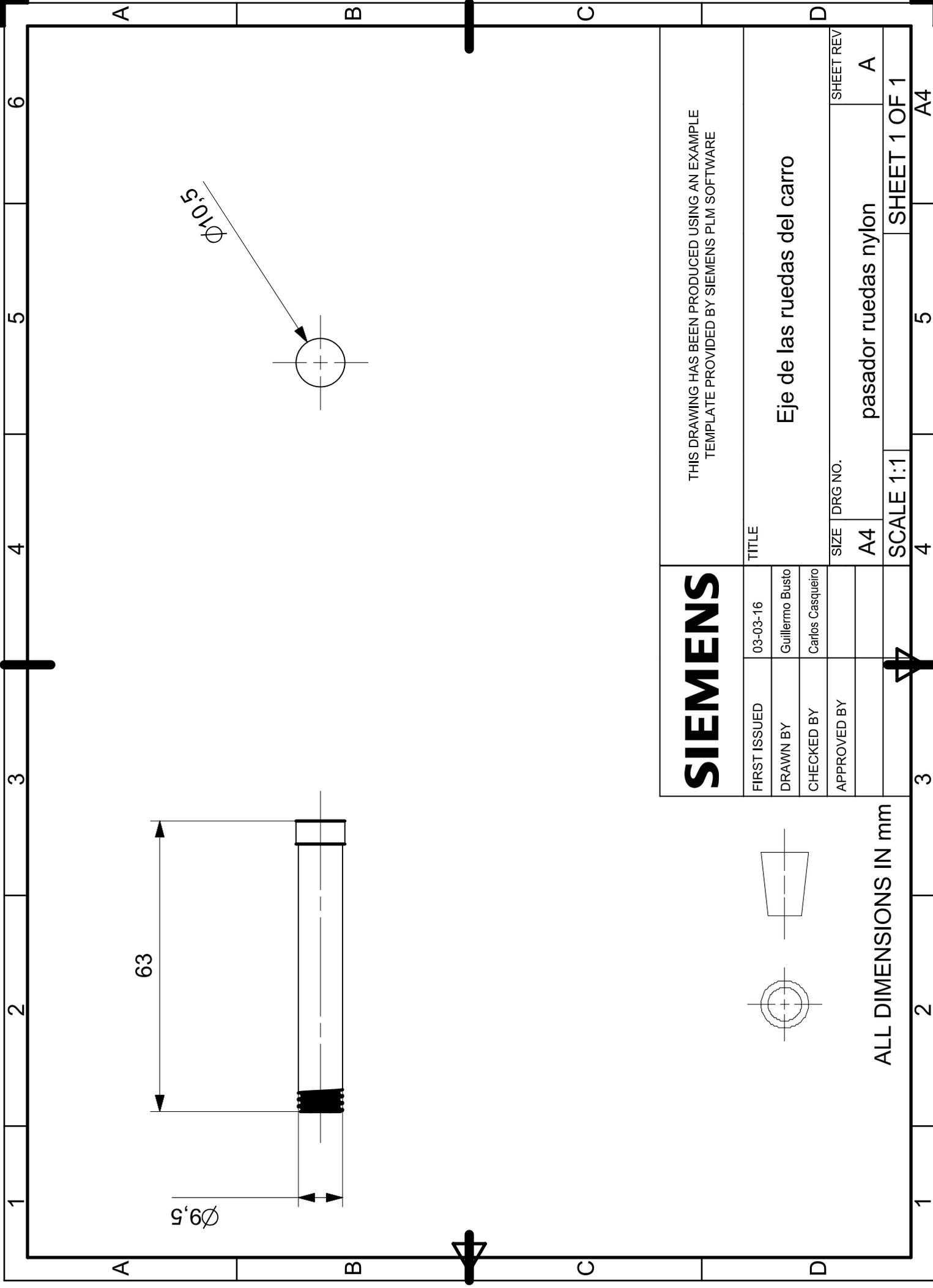
FIRST ISSUED	03-03-16
DRAWN BY	Guillermo Busto
CHECKED BY	Carlos Casqueiro
APPROVED BY	

TITLE		Enganche en forma de L	
SIZE	DRG NO.	SHEET REV	
A4		A	

ALL DIMENSIONS IN mm

SCALE 1:1

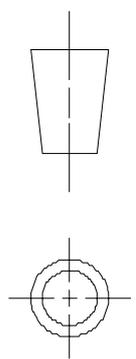
SHEET 1 OF 1



SIEMENS

THIS DRAWING HAS BEEN PRODUCED USING AN EXAMPLE
TEMPLATE PROVIDED BY SIEMENS PLM SOFTWARE

FIRST ISSUED	03-03-16	TITLE	Eje de las ruedas del carro	
DRAWN BY	Guillermo Busto	SIZE	A4	SHEET REV
CHECKED BY	Carlos Casqueiro	DRG NO.	pasador ruedas nylon	A
APPROVED BY		SCALE	1:1	SHEET 1 OF 1
			4	5
			4	A4



ALL DIMENSIONS IN mm

1 2 3 4 5 6

A

B

C

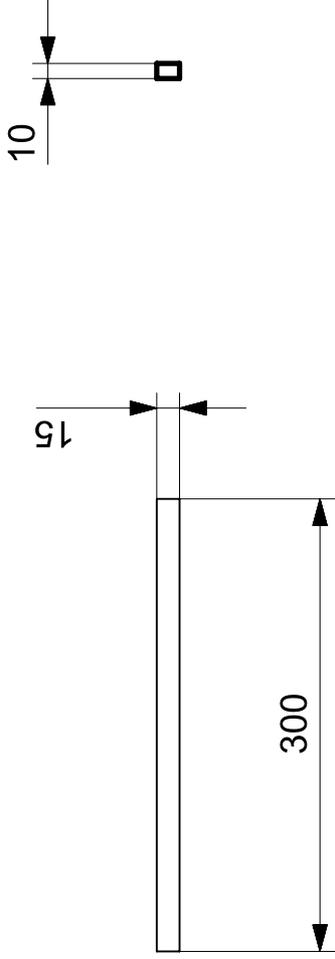
D

A

B

C

D



SIEMENS

THIS DRAWING HAS BEEN PRODUCED USING AN EXAMPLE
TEMPLATE PROVIDED BY SIEMENS PLM SOFTWARE

FIRST ISSUED	03-03-16
DRAWN BY	Guillermo Busto
CHECKED BY	Carlos Casqueiro
APPROVED BY	

TITLE

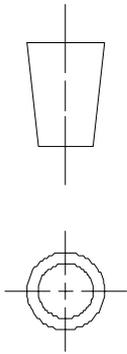
Pastillas antirozamiento

SIZE DRG NO. SHEET REV

A4 pastillas antirozamiento A

SCALE 1:5 SHEET 1 OF 1

A4



ALL DIMENSIONS IN mm

3

4

5

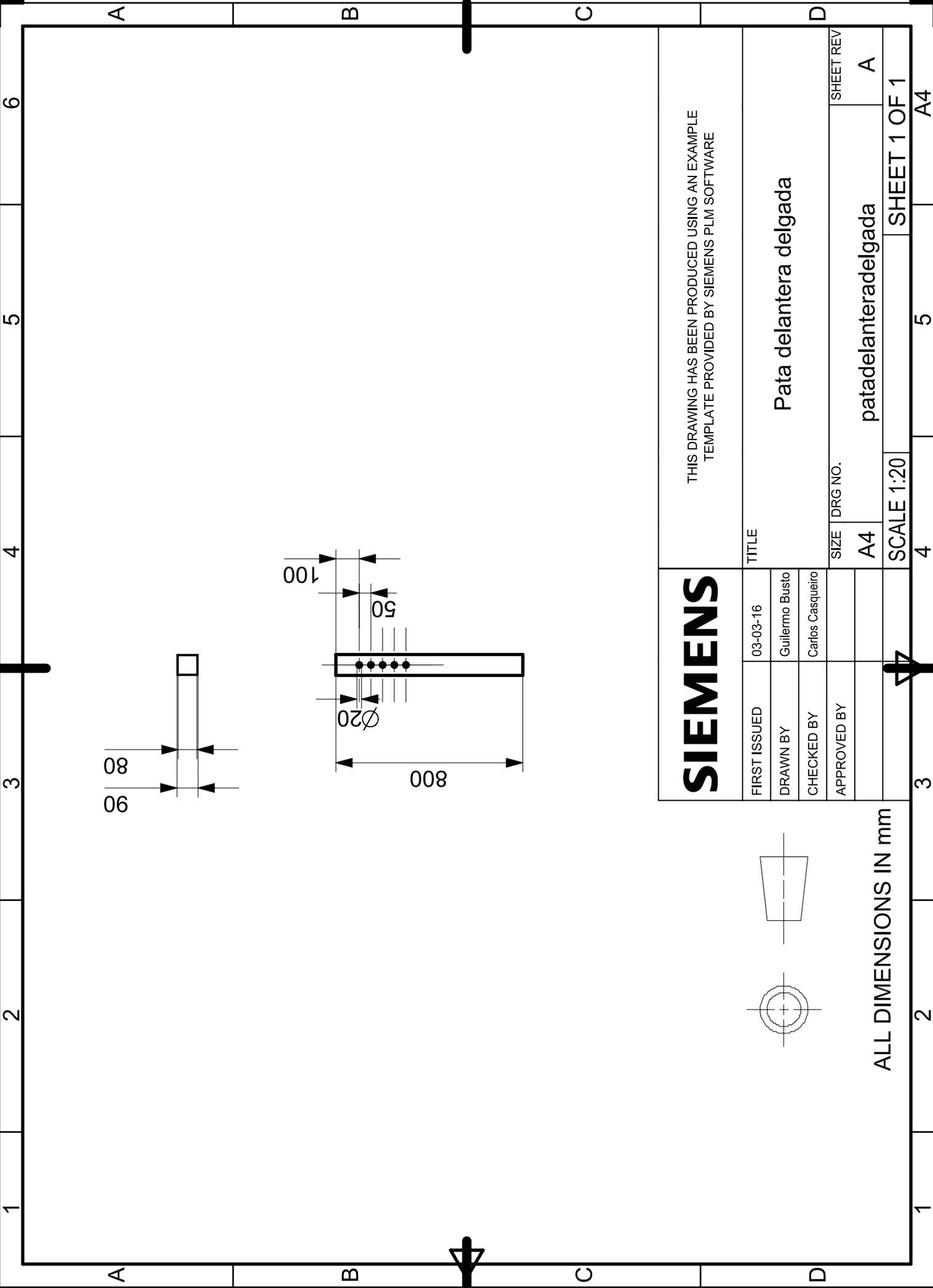
6

3

4

5

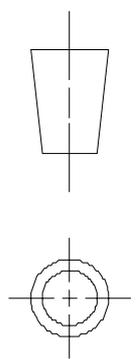
6



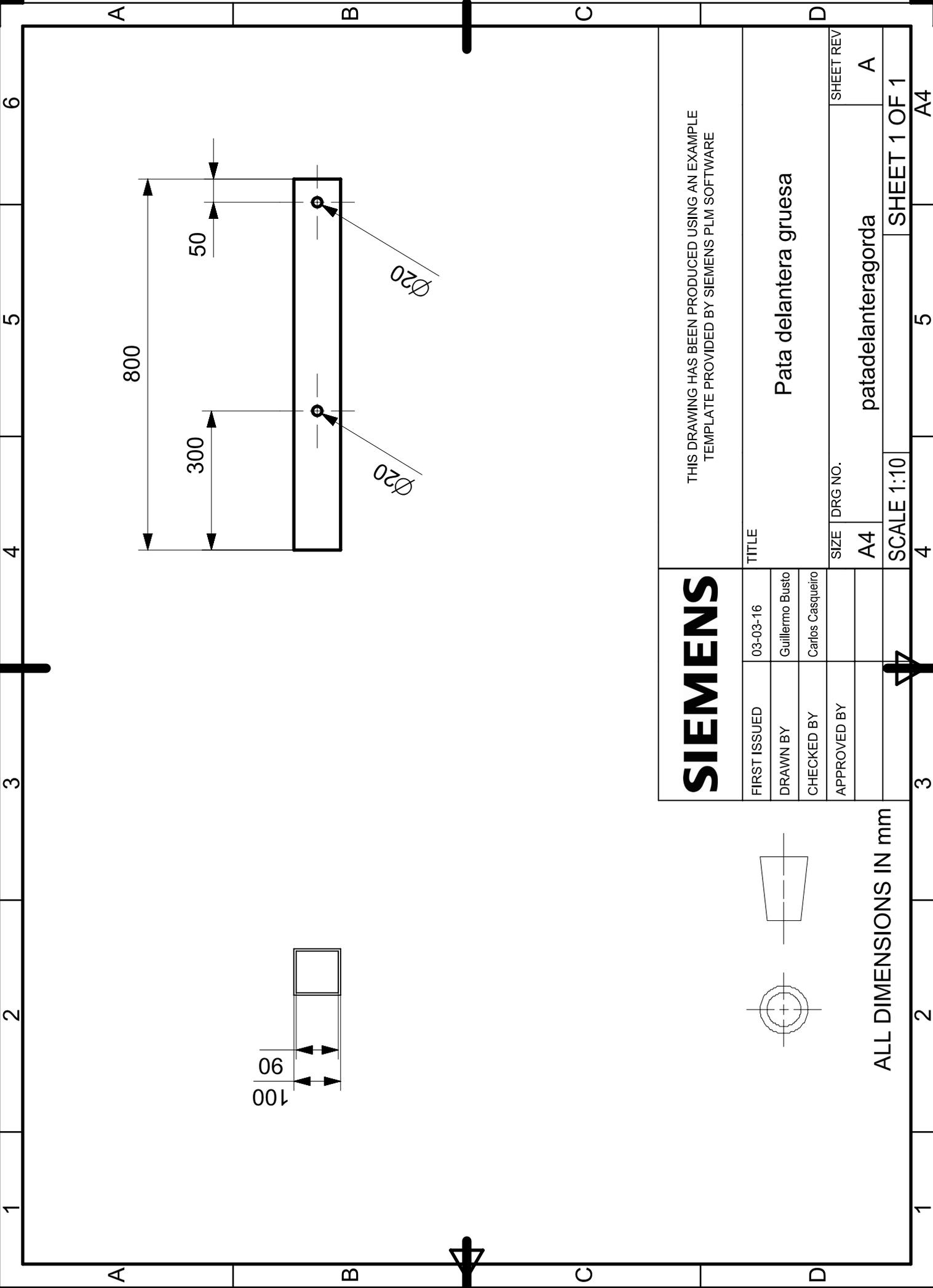
SIEMENS

THIS DRAWING HAS BEEN PRODUCED USING AN EXAMPLE
TEMPLATE PROVIDED BY SIEMENS PLM SOFTWARE

FIRST ISSUED	03-03-16	TITLE	Pata delantera delgada	
DRAWN BY	Guillermo Busto	SIZE	A4	SHEET REV
CHECKED BY	Carlos Casqueiro	DRG NO.	patadelanteradelgada	A
APPROVED BY		SCALE	1:20	SHEET 1 OF 1



ALL DIMENSIONS IN mm

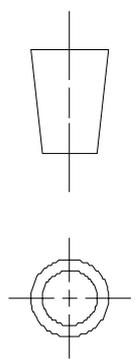


SIEMENS

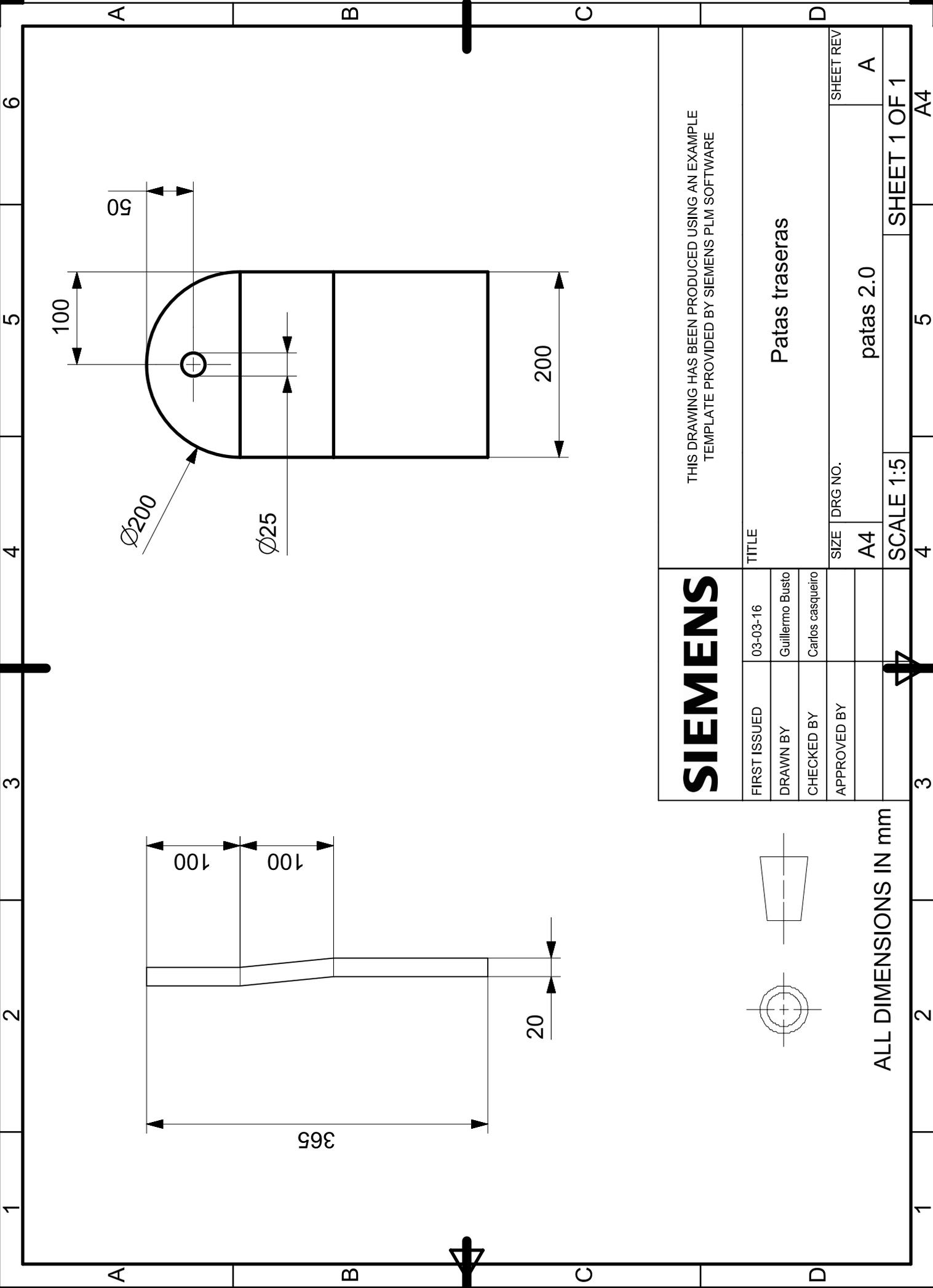
THIS DRAWING HAS BEEN PRODUCED USING AN EXAMPLE
TEMPLATE PROVIDED BY SIEMENS PLM SOFTWARE

FIRST ISSUED	03-03-16
DRAWN BY	Guillermo Busto
CHECKED BY	Carlos Casqueiro
APPROVED BY	

TITLE		Pata delantera gruesa	
SIZE	DRG NO.	SHEET REV	
A4		A	
SCALE 1:10		SHEET 1 OF 1	



ALL DIMENSIONS IN mm



SIEMENS

THIS DRAWING HAS BEEN PRODUCED USING AN EXAMPLE
TEMPLATE PROVIDED BY SIEMENS PLM SOFTWARE

FIRST ISSUED	03-03-16
DRAWN BY	Guillermo Busto
CHECKED BY	Carlos casqueiro
APPROVED BY	

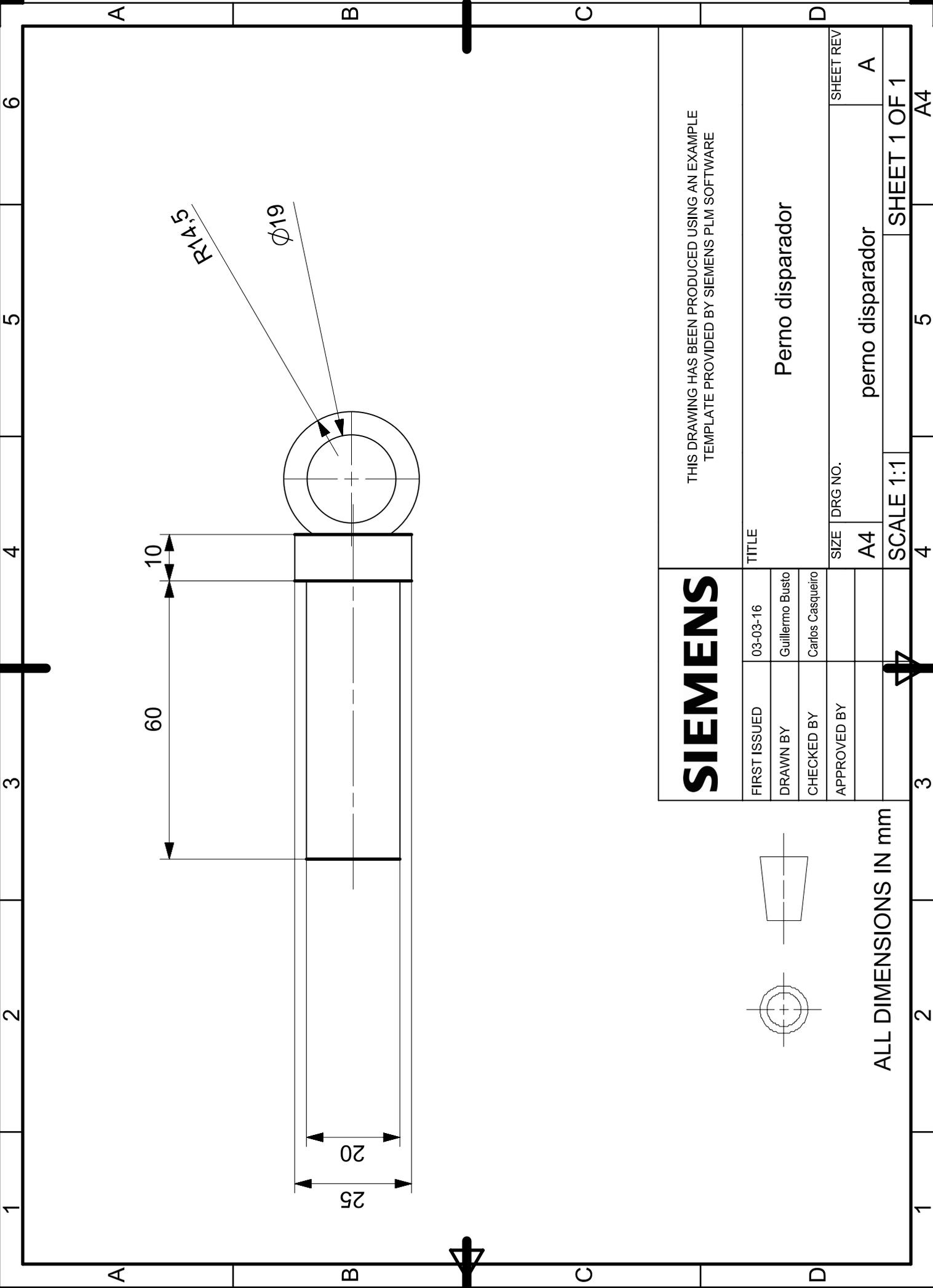
TITLE	
Patas traseras	
SIZE	DRG NO.
A4	patas 2.0
SHEET REV	
A	

ALL DIMENSIONS IN mm

SCALE 1:5

SHEET 1 OF 1

1 2 3 4 5 6 A B C D



SIEMENS

THIS DRAWING HAS BEEN PRODUCED USING AN EXAMPLE
TEMPLATE PROVIDED BY SIEMENS PLM SOFTWARE

FIRST ISSUED	03-03-16
DRAWN BY	Guillermo Busto
CHECKED BY	Carlos Casqueiro
APPROVED BY	

TITLE

Perno disparador

SIZE

A4

SHEET REV

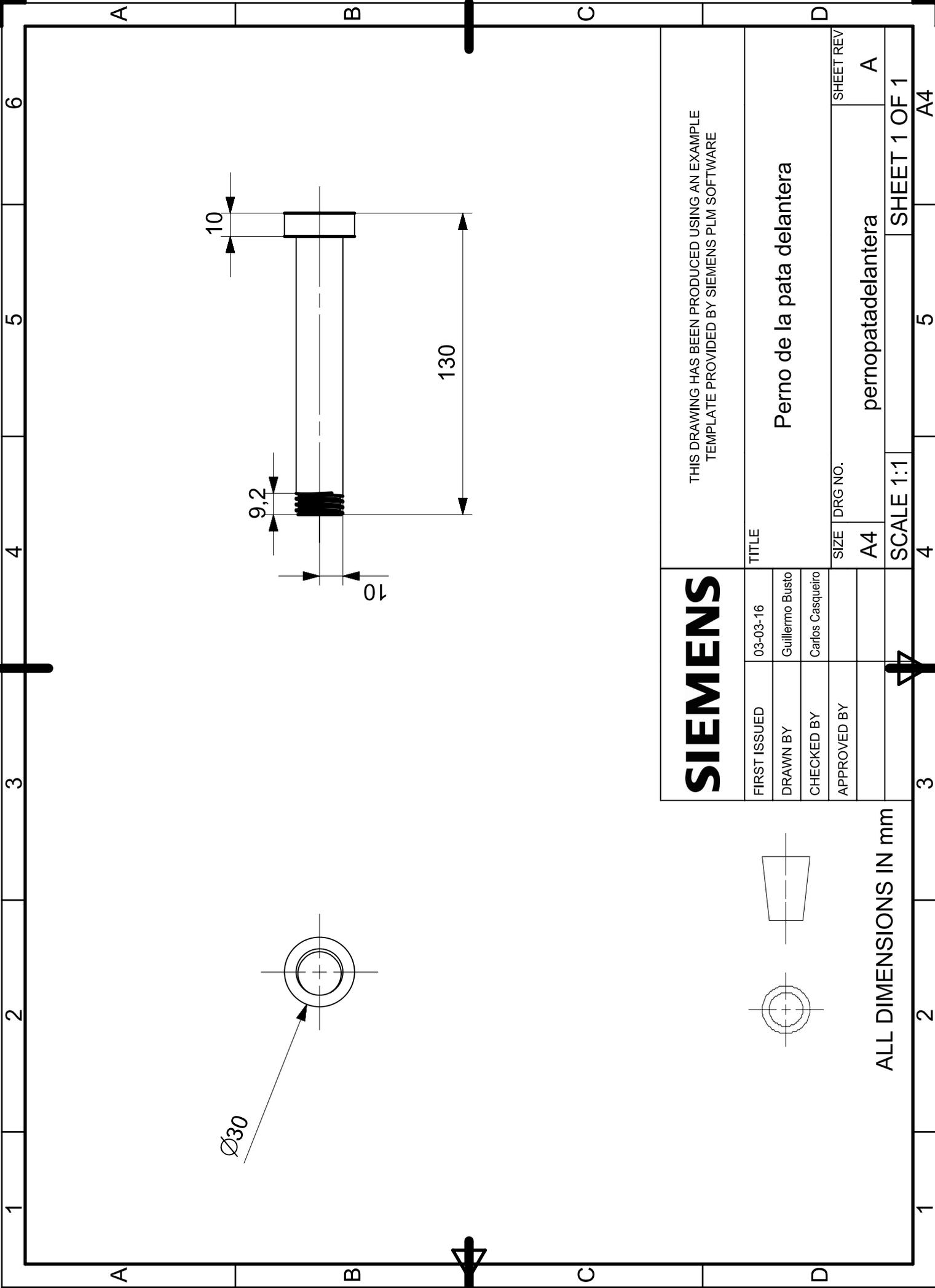
A

SCALE 1:1

SHEET 1 OF 1

ALL DIMENSIONS IN mm

A4



SIEMENS

THIS DRAWING HAS BEEN PRODUCED USING AN EXAMPLE
TEMPLATE PROVIDED BY SIEMENS PLM SOFTWARE

FIRST ISSUED	03-03-16
DRAWN BY	Guillermo Busto
CHECKED BY	Carlos Casqueiro
APPROVED BY	

TITLE

Perno de la pata delantera

SIZE DRG NO.

A4 pernopatadelantera

SHEET REV

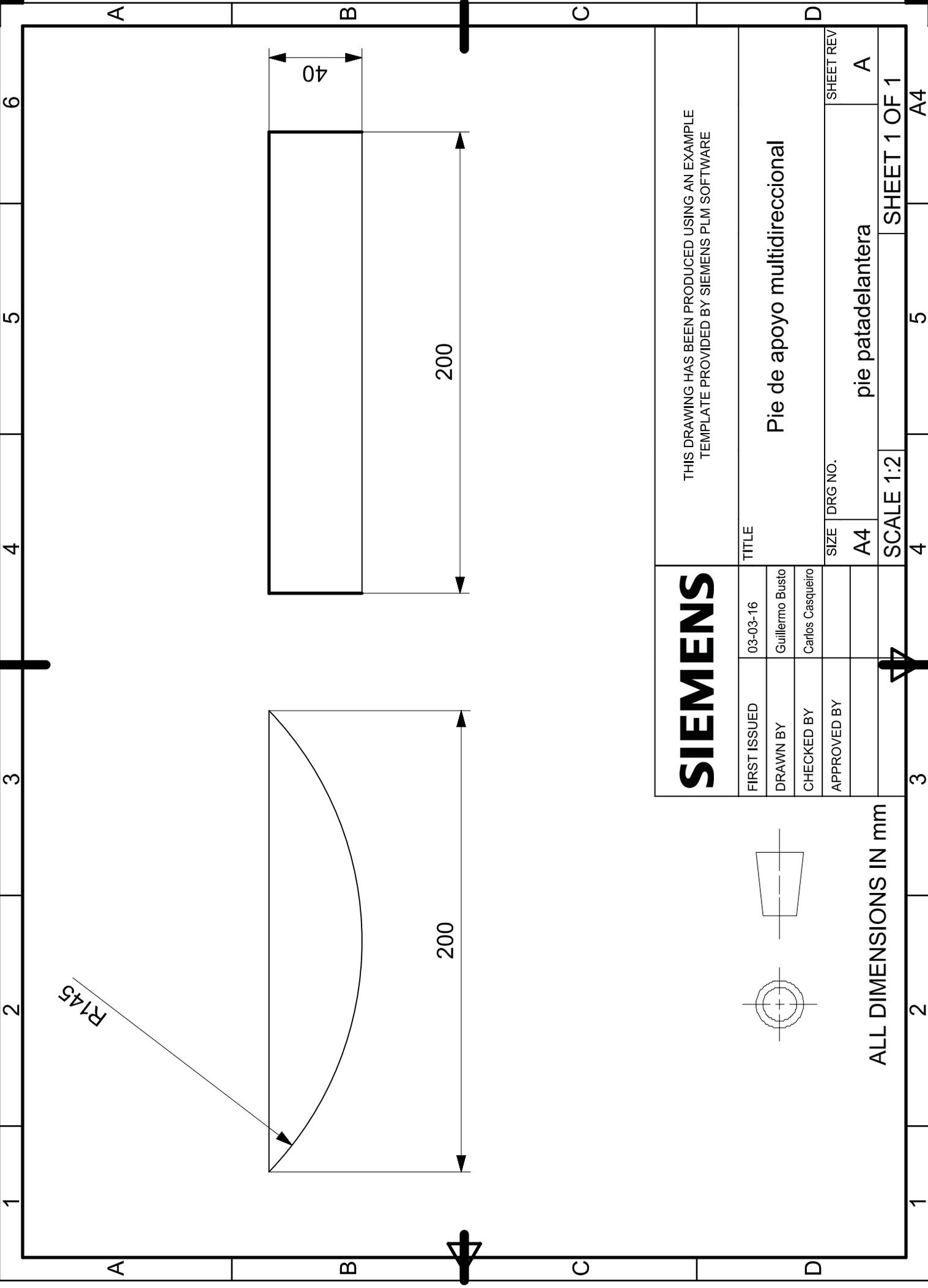
A

ALL DIMENSIONS IN mm

SCALE 1:1

SHEET 1 OF 1

1 2 3 4 5 6 A B C D 1 2 3 4 5 A4



SIEMENS

THIS DRAWING HAS BEEN PRODUCED USING AN EXAMPLE
TEMPLATE PROVIDED BY SIEMENS PLM SOFTWARE

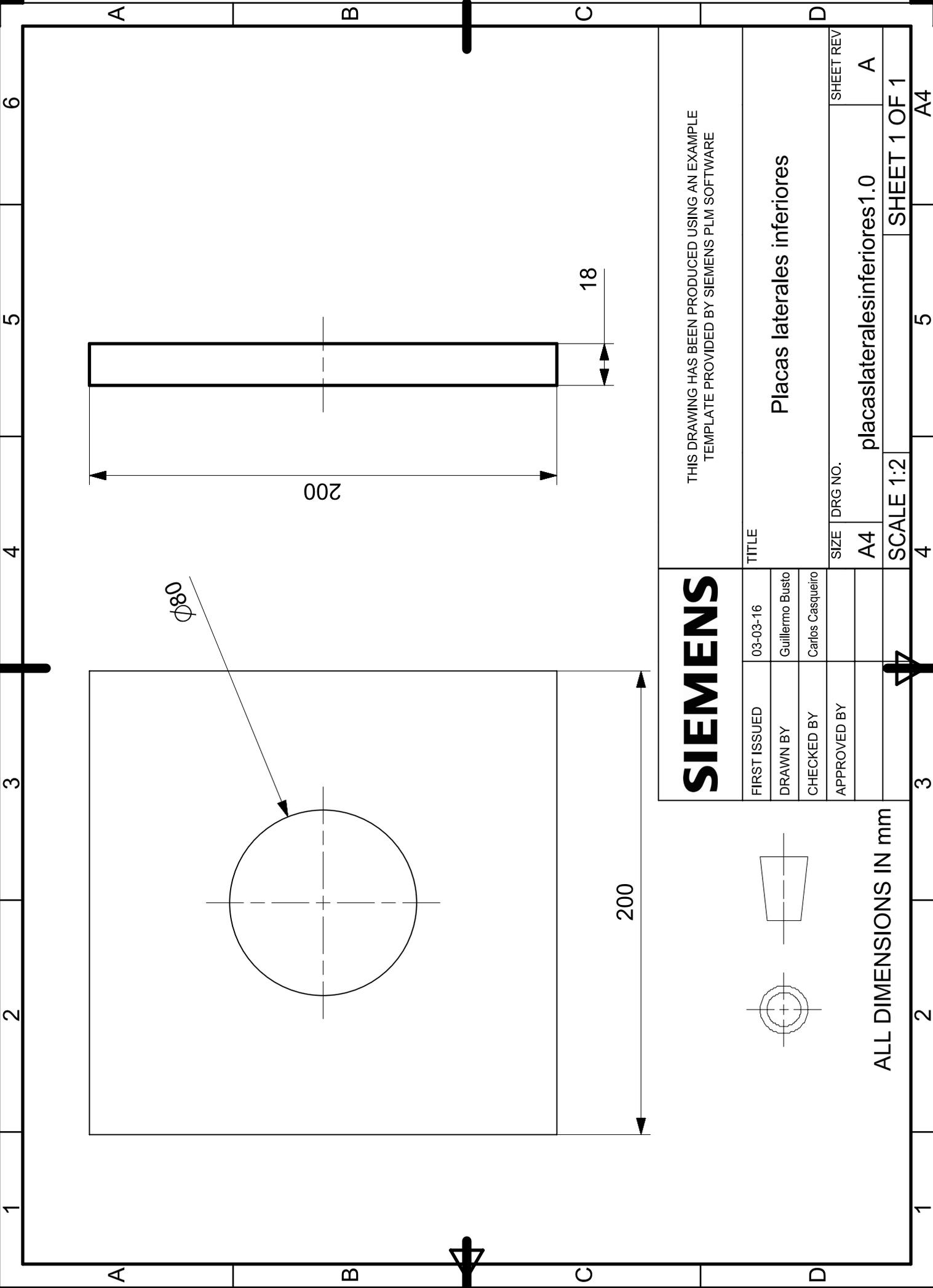
FIRST ISSUED	03-03-16
DRAWN BY	Guillermo Busto
CHECKED BY	Carlos Casqueiro
APPROVED BY	

TITLE		Pie de apoyo multidireccional	
SIZE	DRG NO.	SHEET REV	A
A4			

ALL DIMENSIONS IN mm

SCALE 1:2

SHEET 1 OF 1



$\phi 80$

200

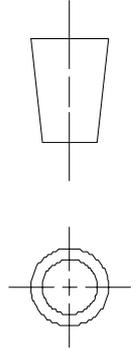
18

200

SIEMENS

THIS DRAWING HAS BEEN PRODUCED USING AN EXAMPLE
TEMPLATE PROVIDED BY SIEMENS PLM SOFTWARE

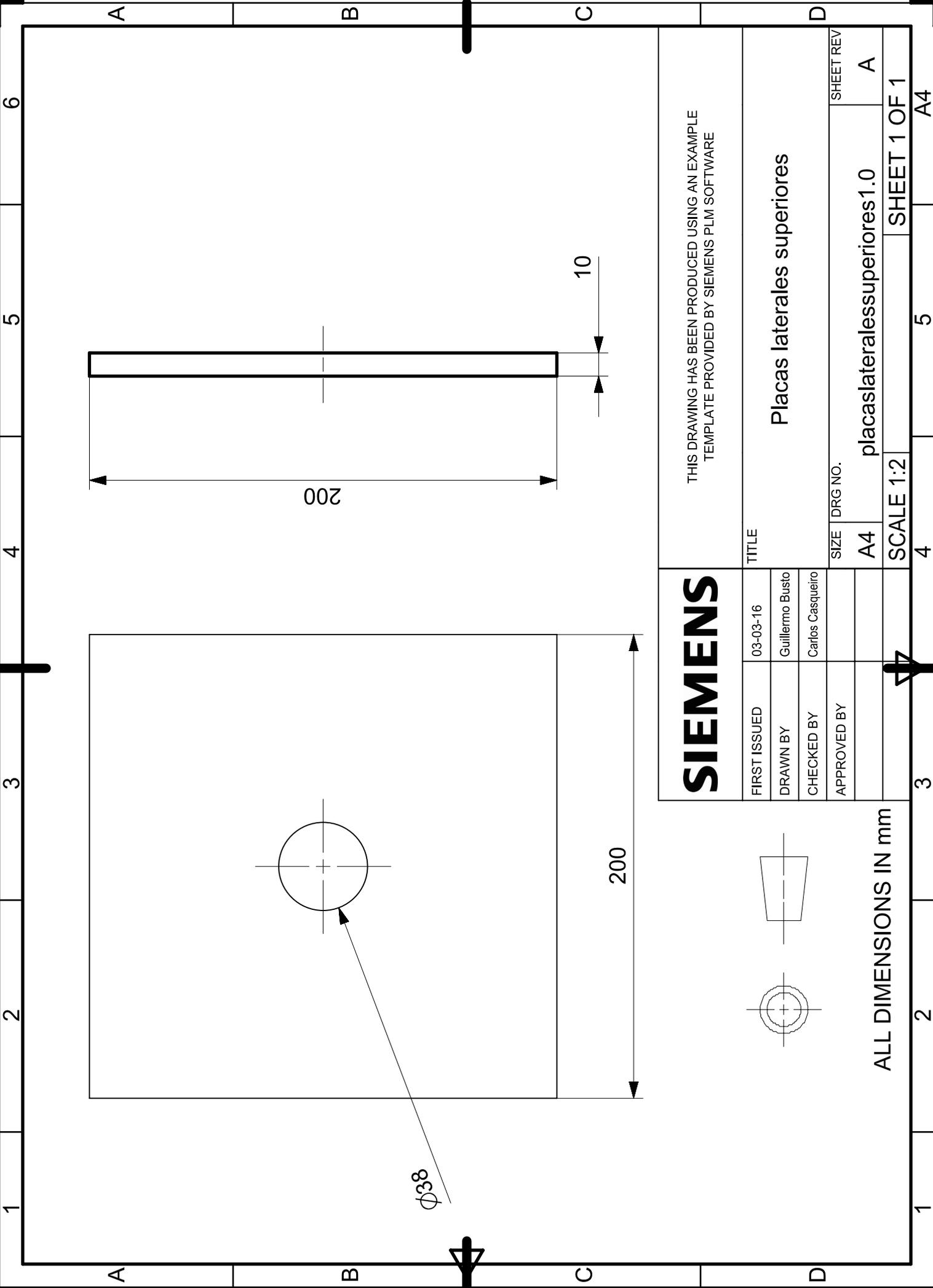
FIRST ISSUED	03-03-16	TITLE	Placas laterales inferiores	
DRAWN BY	Guillermo Busto	SIZE	A4	DRG NO.
CHECKED BY	Carlos Casqueiro	SCALE	1:2	SHEET REV
APPROVED BY				A



ALL DIMENSIONS IN mm

SHEET 1 OF 1

A4



SIEMENS

THIS DRAWING HAS BEEN PRODUCED USING AN EXAMPLE
TEMPLATE PROVIDED BY SIEMENS PLM SOFTWARE

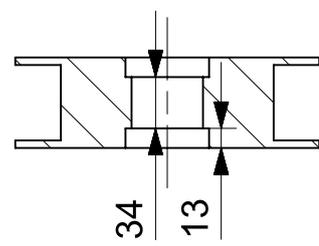
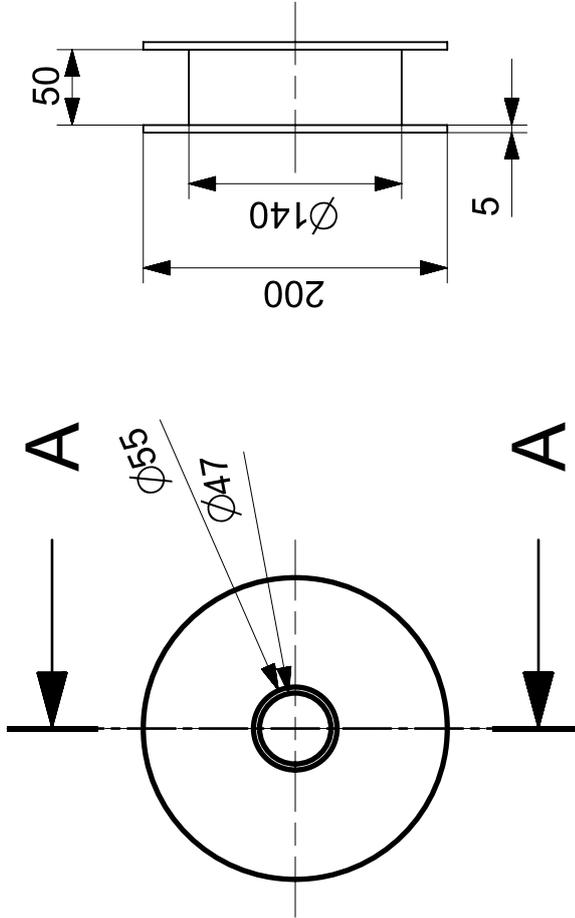
FIRST ISSUED	03-03-16
DRAWN BY	Guillermo Busto
CHECKED BY	Carlos Casqueiro
APPROVED BY	

TITLE	
Placas laterales superiores	
SIZE	DRG NO.
A4	placaslateralesuperiores1.0
SHEET REV	
A	

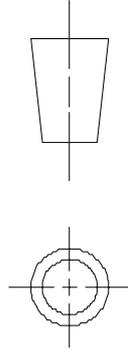
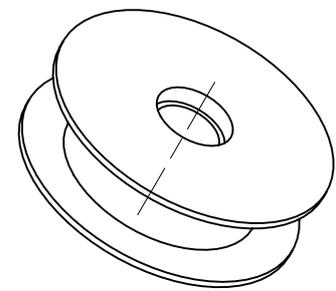
ALL DIMENSIONS IN mm

SCALE 1:2

SHEET 1 OF 1



SECTION A-A

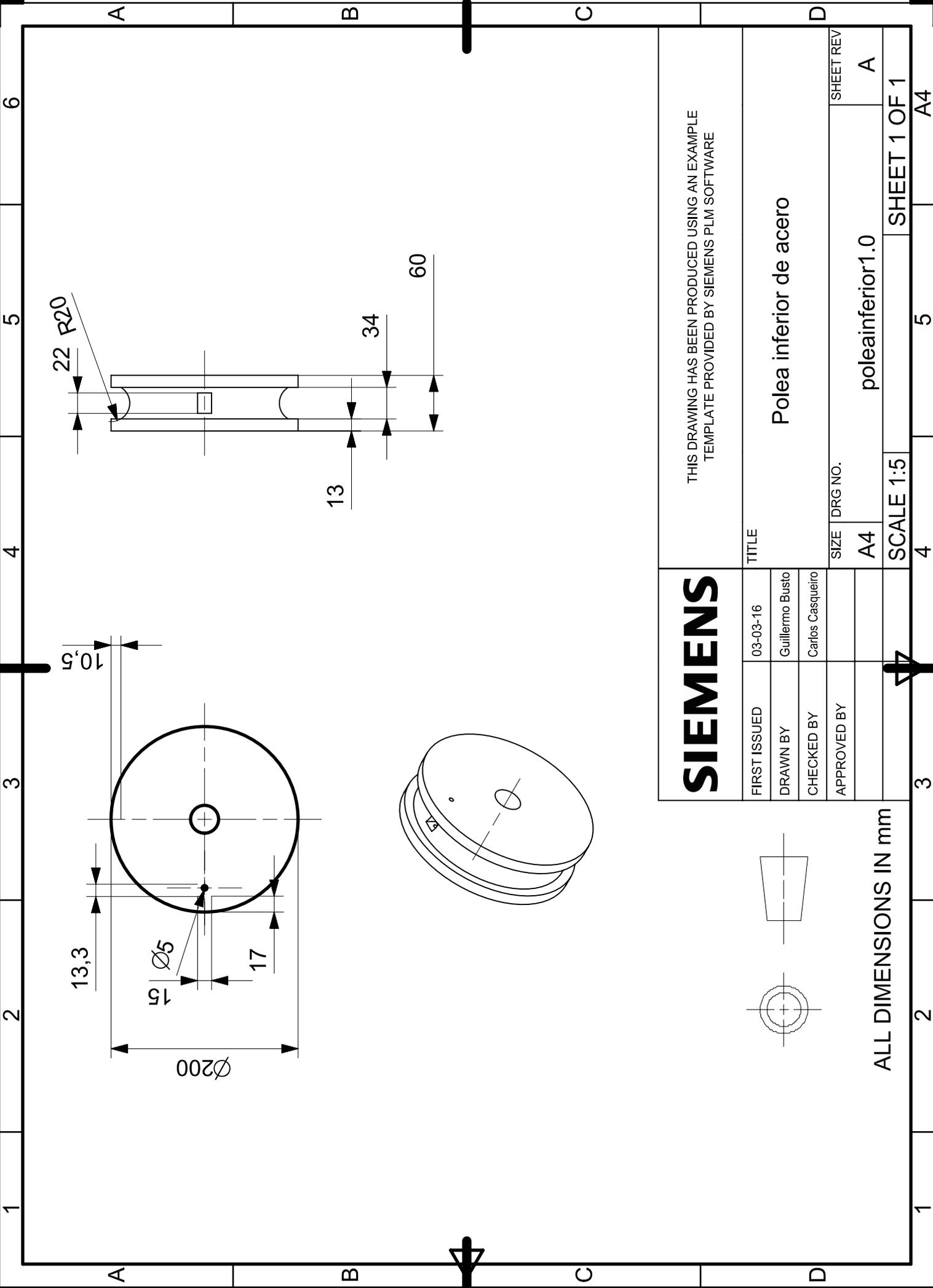


ALL DIMENSIONS IN mm

THIS DRAWING HAS BEEN PRODUCED USING AN EXAMPLE
TEMPLATE PROVIDED BY SIEMENS PLM SOFTWARE

SIEMENS

FIRST ISSUED	03-03-16	TITLE	Poleas de nylon	
DRAWN BY	Guillermo Busto	SIZE	A4	SHEET REV
CHECKED BY	Carlos Casqueiro	DRG NO.	polea1.0	
APPROVED BY		SCALE	1:5	A
			SHEET 1 OF 1	



SIEMENS

THIS DRAWING HAS BEEN PRODUCED USING AN EXAMPLE
TEMPLATE PROVIDED BY SIEMENS PLM SOFTWARE

FIRST ISSUED	03-03-16
DRAWN BY	Guillermo Busto
CHECKED BY	Carlos Casqueiro
APPROVED BY	

TITLE

Polea inferior de acero

SIZE DRG NO.

poleainferior1.0

SHEET REV

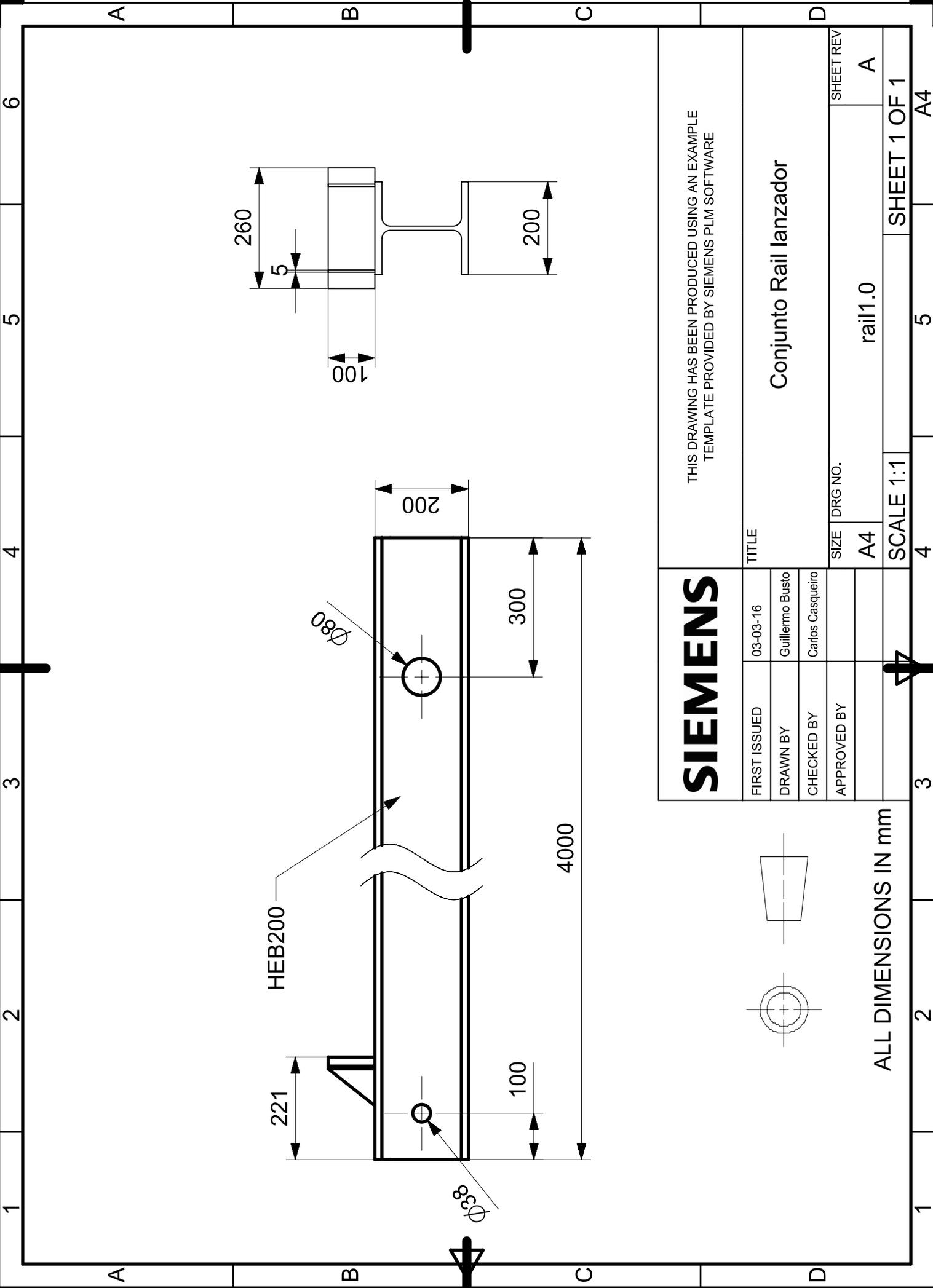
A

ALL DIMENSIONS IN mm

SCALE 1:5

SHEET 1 OF 1

A4



HEB200

221

$\varnothing 80$

200

300

4000

100

260

5

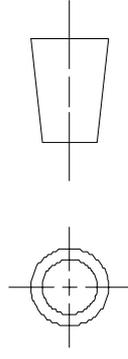
100

200

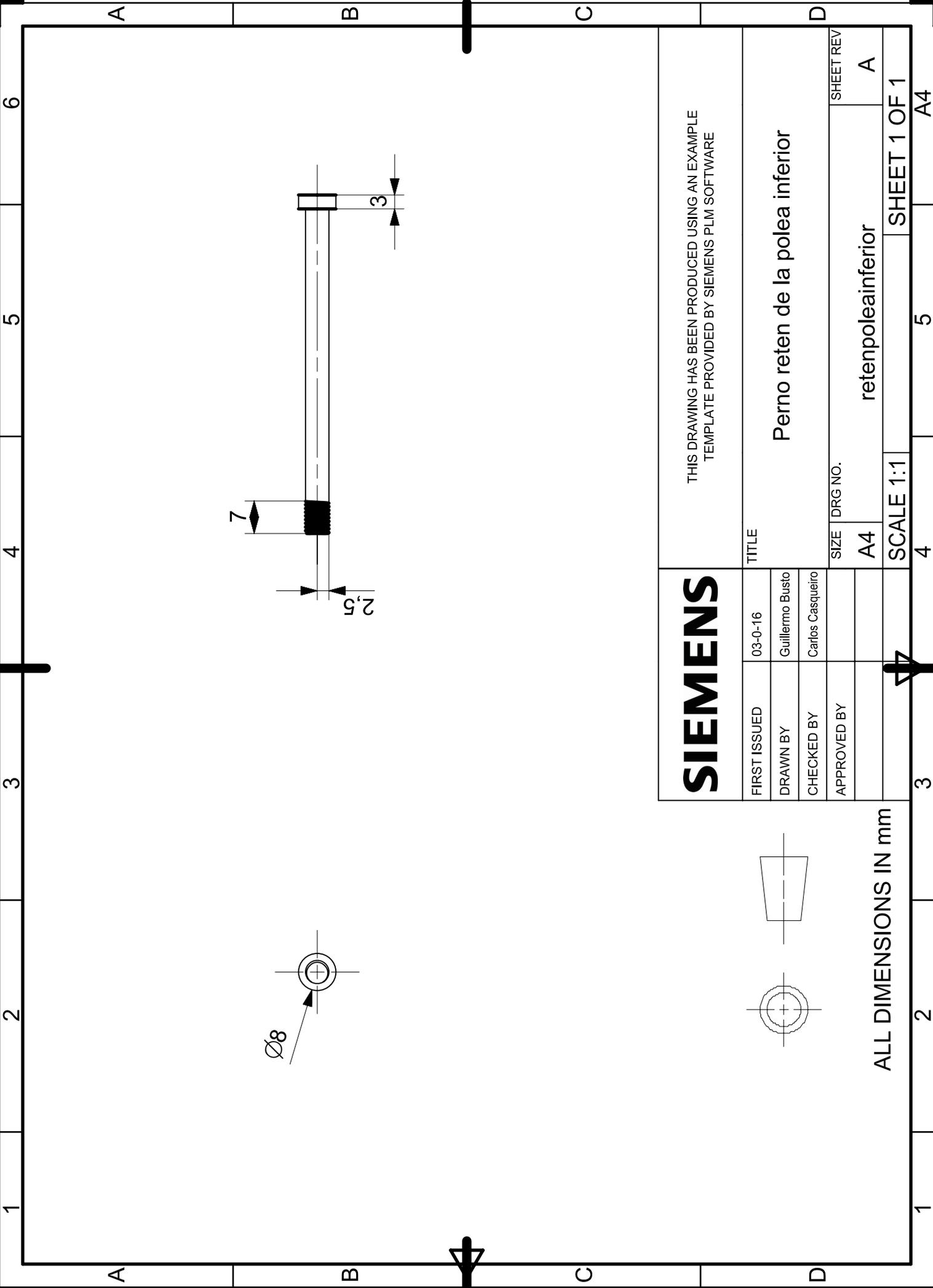
SIEMENS

THIS DRAWING HAS BEEN PRODUCED USING AN EXAMPLE
TEMPLATE PROVIDED BY SIEMENS PLM SOFTWARE

FIRST ISSUED	03-03-16	TITLE	Conjunto Rail lanzador	
DRAWN BY	Guillermo Busto	SIZE	A4	SHEET REV
CHECKED BY	Carlos Casqueiro	DRG NO.	rail1.0	A
APPROVED BY		SCALE	1:1	SHEET 1 OF 1



ALL DIMENSIONS IN mm



SIEMENS

THIS DRAWING HAS BEEN PRODUCED USING AN EXAMPLE
TEMPLATE PROVIDED BY SIEMENS PLM SOFTWARE

FIRST ISSUED	03-0-16
DRAWN BY	Guillermo Busto
CHECKED BY	Carlos Casqueiro
APPROVED BY	

TITLE

Perno reten de la polea inferior

SIZE DRG NO.

retenpoleainferior

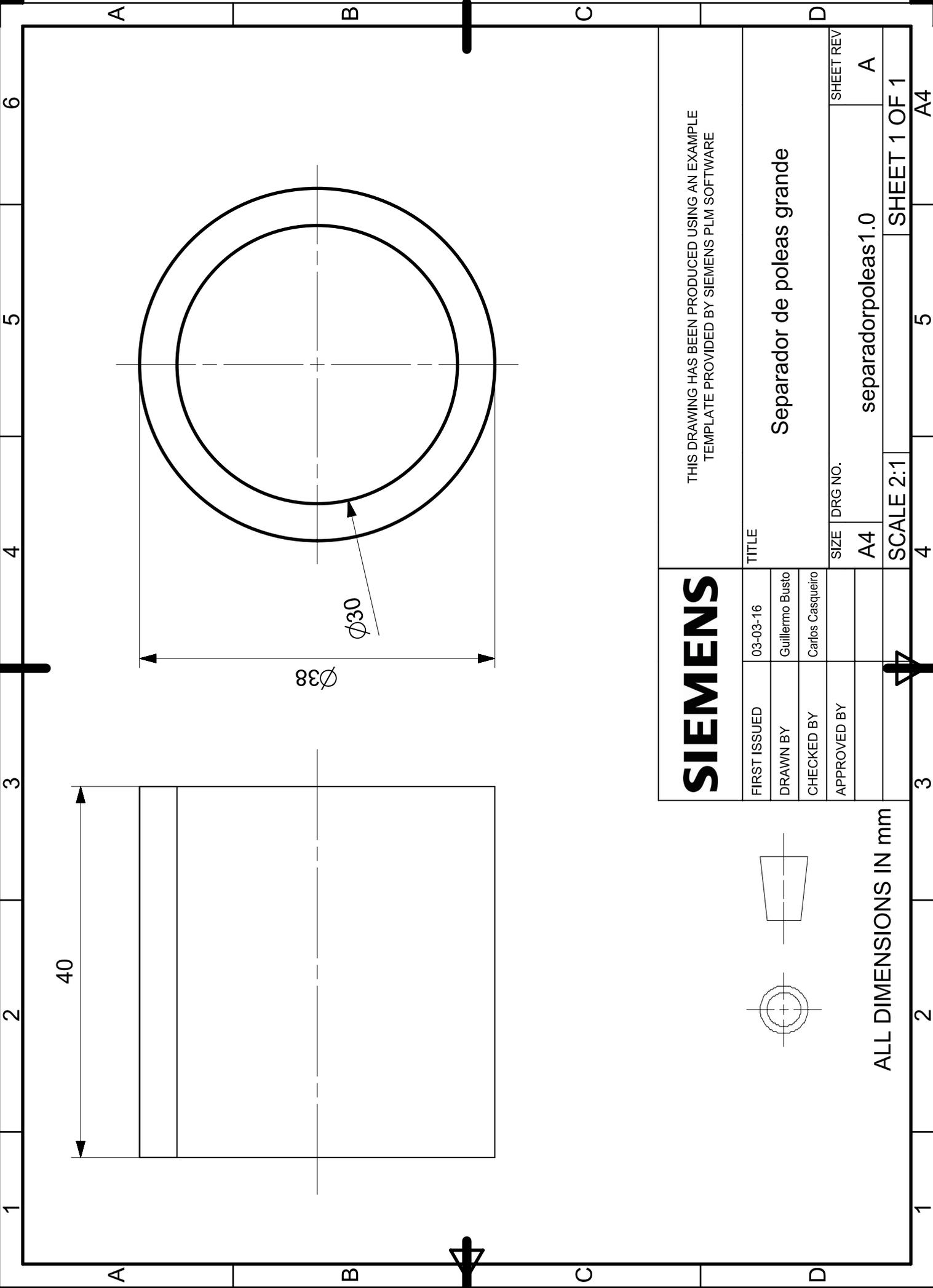
SHEET REV
A

ALL DIMENSIONS IN mm

SCALE 1:1

SHEET 1 OF 1

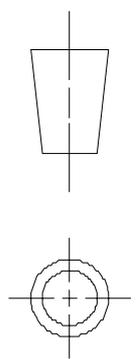
1 2 3 4 5 6 A B C D 1 2 3 4 5 A4



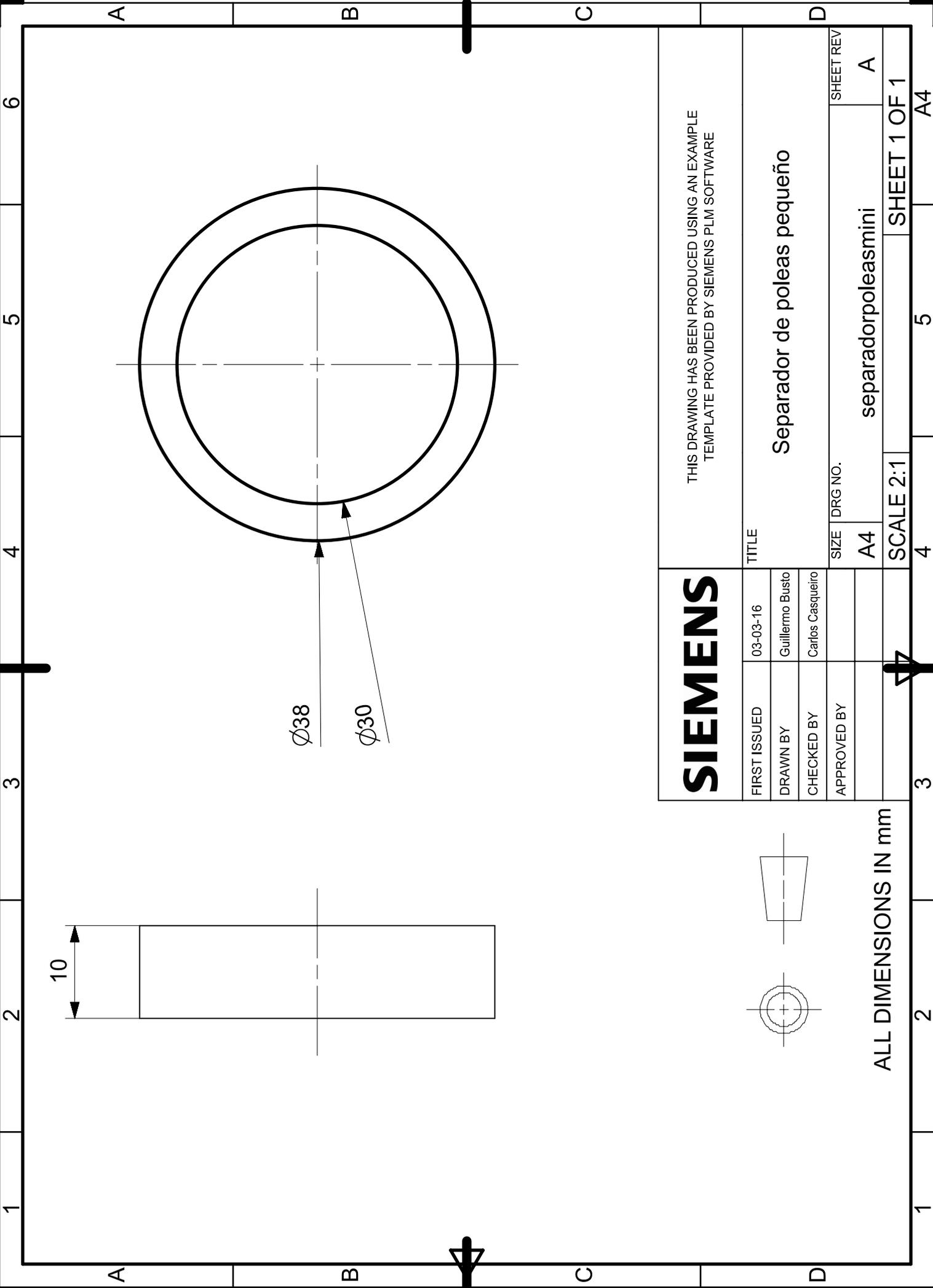
SIEMENS

THIS DRAWING HAS BEEN PRODUCED USING AN EXAMPLE
TEMPLATE PROVIDED BY SIEMENS PLM SOFTWARE

FIRST ISSUED	03-03-16	TITLE	Separador de poleas grande	
DRAWN BY	Guillermo Busto	SIZE	A4	SHEET REV
CHECKED BY	Carlos Casqueiro	DRG NO.	separadorpoleas1.0	A
APPROVED BY		SCALE	2:1	SHEET 1 OF 1



ALL DIMENSIONS IN mm

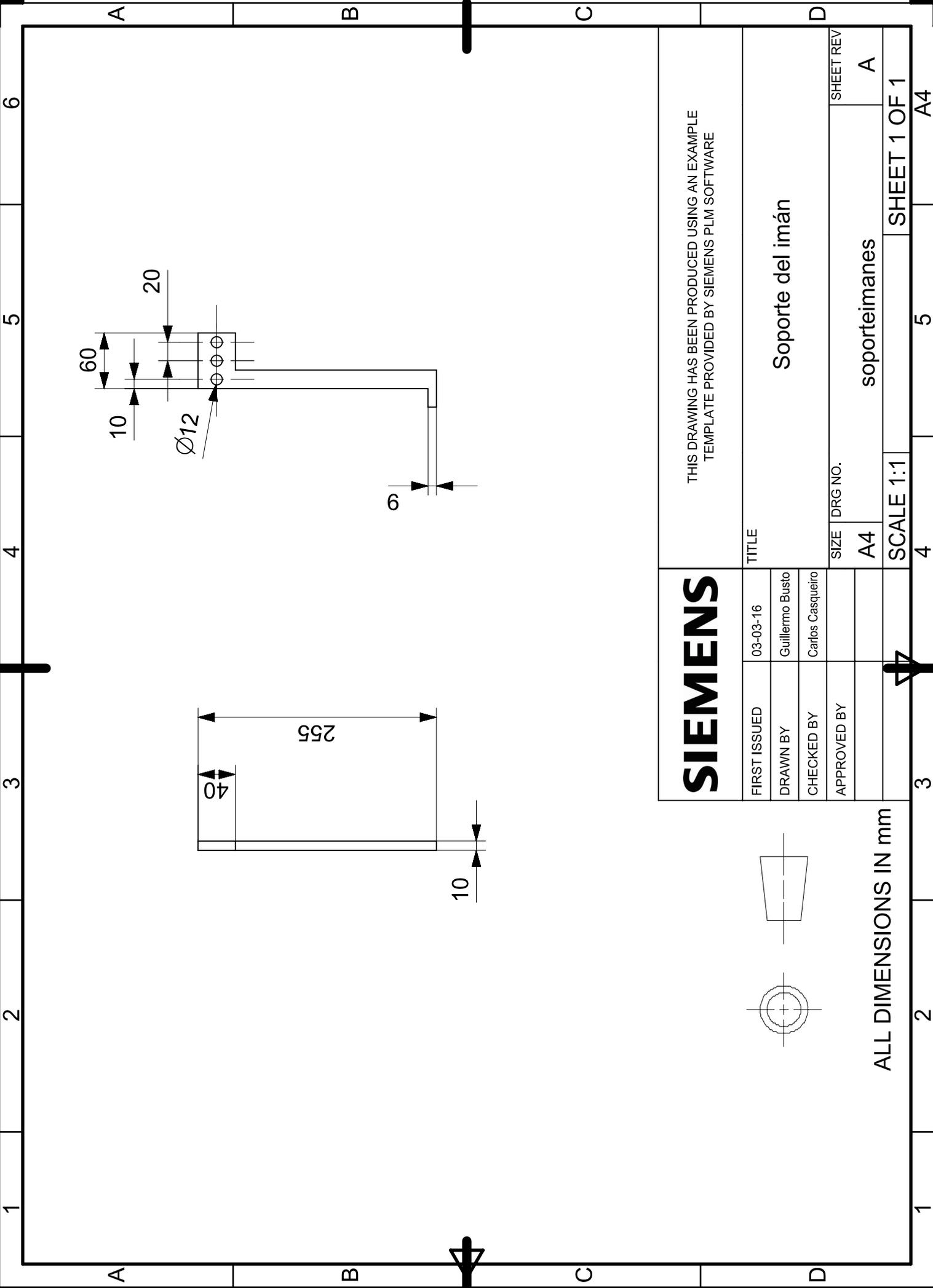


SIEMENS

THIS DRAWING HAS BEEN PRODUCED USING AN EXAMPLE
TEMPLATE PROVIDED BY SIEMENS PLM SOFTWARE

FIRST ISSUED	03-03-16	TITLE	
DRAWN BY	Guillermo Busto	Separador de poleas pequeño	
CHECKED BY	Carlos Casqueiro	SIZE	DRG NO.
APPROVED BY		A4	
		SHEET REV	
		A	
		separadorpoleasmini	
		SCALE 2:1	
		SHEET 1 OF 1	

ALL DIMENSIONS IN mm



SIEMENS

THIS DRAWING HAS BEEN PRODUCED USING AN EXAMPLE
TEMPLATE PROVIDED BY SIEMENS PLM SOFTWARE

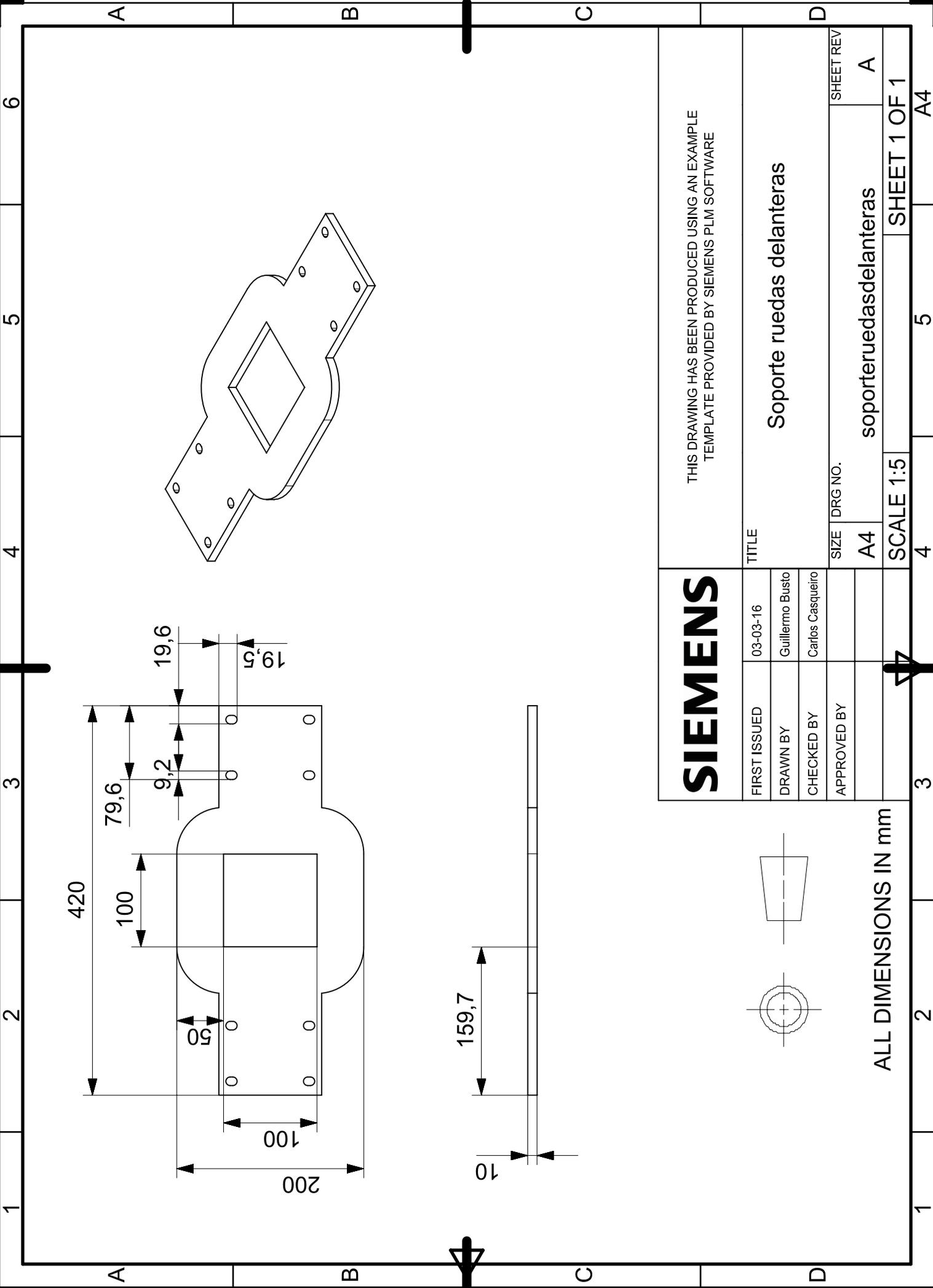
FIRST ISSUED	03-03-16
DRAWN BY	Guillermo Busto
CHECKED BY	Carlos Casqueiro
APPROVED BY	

TITLE	
Soporte del imán	
SIZE	DRG NO.
A4	

SHEET REV	
A	

ALL DIMENSIONS IN mm

SCALE 1:1	
4	5
SHEET 1 OF 1	
4	A4



SIEMENS

THIS DRAWING HAS BEEN PRODUCED USING AN EXAMPLE
TEMPLATE PROVIDED BY SIEMENS PLM SOFTWARE

FIRST ISSUED	03-03-16
DRAWN BY	Guillermo Busto
CHECKED BY	Carlos Casqueiro
APPROVED BY	

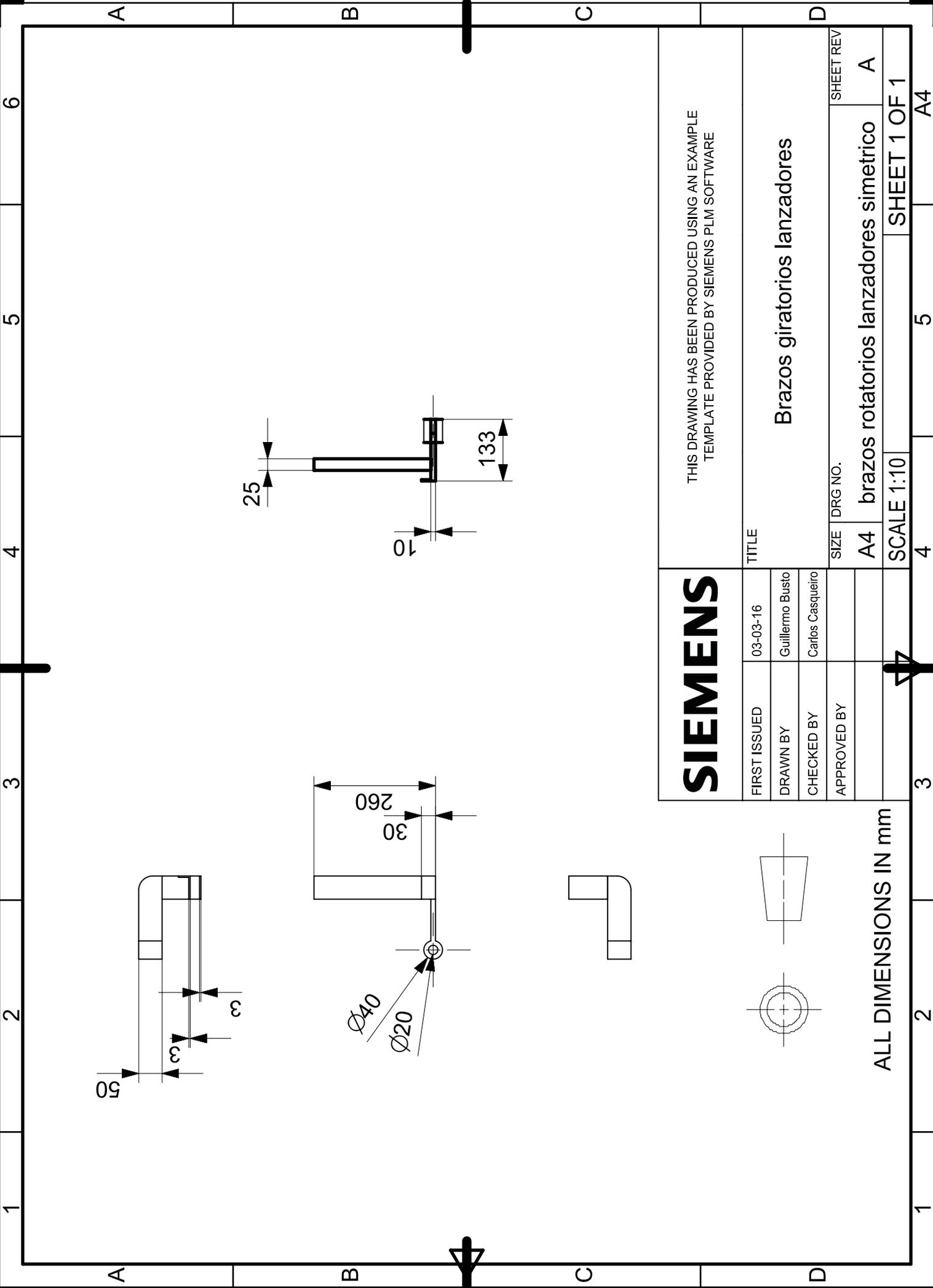
TITLE	
Soporte ruedas delanteras	
SIZE	DRG NO.
A4	soporteruedasdelanteras
SHEET REV	
A	

ALL DIMENSIONS IN mm

SCALE 1:5

SHEET 1 OF 1

1 2 3 4 5 6
A B C D
4 5 A4



SIEMENS

THIS DRAWING HAS BEEN PRODUCED USING AN EXAMPLE
TEMPLATE PROVIDED BY SIEMENS PLM SOFTWARE

FIRST ISSUED	03-03-16	TITLE	Brazos giratorios lanzadores	
DRAWN BY	Guillermo Busto	SIZE	A4	DRG NO.
CHECKED BY	Carlos Casqueiro	SCALE	1:10	SHEET REV
APPROVED BY		A4 brazos rotatorios lanzadores simetrico		A
			SHEET 1 OF 1	

ALL DIMENSIONS IN mm

1 2 3 4 5 6

A A B C D

1 2 3 4 5 A4

ANEXO II: FICHAS TÉCNICAS

Ficha técnica del artículo S-12-08-N

Datos técnicos y seguridad de uso

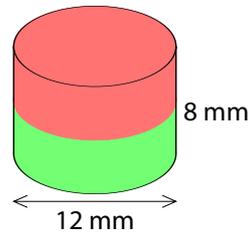
Webcraft GmbH
Industriepark 206
78244 Gottmadingen, Alemania

Teléfono: +49 7731 939 839 1
Fax: +49 7731 939 839 9

www.supermagnete.es
support@supermagnete.es

1. Datos técnicos

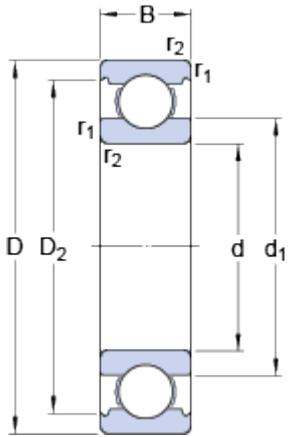
Artículo	S-12-08-N	
Forma	Disco	
Diámetro	12 mm	
Alto	8 mm	
Tolerancia de la longitud	+/- 0,1 mm	
Sentido de magnetización	axial (paralelo al alto)	
Material	NdFeB (Neodimio-hierro-boro)	
Tipo de recubrimiento	Níquel (Ni-Cu-Ni)	
Fza. sujec.	aprox. 4,5 kg	aprox. 44,1 N
Peso	6,8763 g	
Tipo de fabricación	sinterizado	
Magnetización (Calidad)	N45	
Temperatura de servicio máx.	80°C	
Temperatura de Curie	310 °C	
Remanencia Br	13200-13700 G	1.32-1.37 T
Coercitividad bHc	10.8-12.5 kOe	860-995 kA/m
Coercitividad iHc	≥12 kOe	≥955 kA/m
Producto energético (BxH)max	43-45 MGOe	342-358 kJ/m ³



Sin sustancias nocivas conforme a la directiva RoHS 2011/65/UE.
No sujeto a la obligatoriedad de registro conforme a REACH.

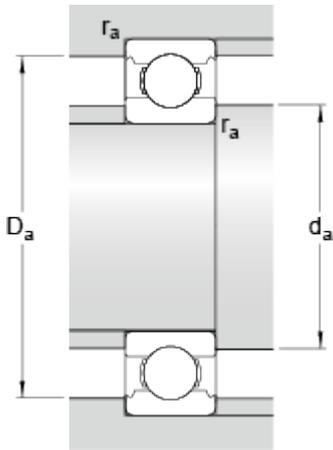
W 6006

Dimensions



d		30	mm
D		55	mm
B		13	mm
d ₁	≈	38	mm
D ₂	≈	49.9	mm
r _{1,2}	min.	1	mm

Abutment dimensions



d _a	min.	35	mm
D _a	max.	50.5	mm
r _a	max.	1	mm

Calculation data

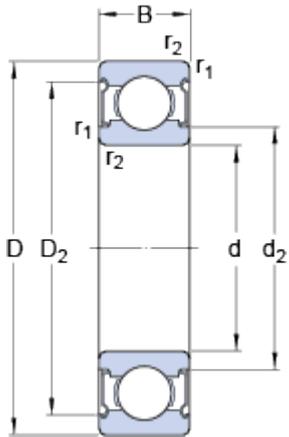
Basic dynamic load rating	C	11.4	kN
Basic static load rating	C ₀	8.2	kN
Fatigue load limit	P _u	0.355	kN
Reference speed		28000	r/min
Limiting speed		17000	r/min
Calculation factor	k _r	0.03	
Calculation factor	f ₀	14.7	

Mass

Mass bearing		0.108	kg
--------------	--	-------	----

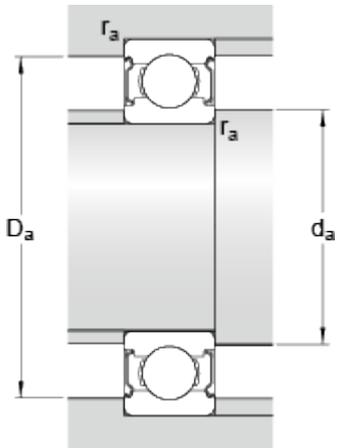
W 6208-2Z

Dimensions



d		40	mm
D		80	mm
B		18	mm
d ₂	≈	50.1	mm
D ₂	≈	70.78	mm
r _{1,2}	min.	1.1	mm

Abutment dimensions



d _a	min.	46.5	mm
d _a	max.	50	mm
D _a	max.	73.5	mm
r _a	max.	1	mm

Calculation data

Basic dynamic load rating	C	25.1	kN
Basic static load rating	C ₀	17.6	kN
Fatigue load limit	P _u	0.75	kN
Reference speed		20000	r/min
Limiting speed		10000	r/min
Calculation factor	k _r	0.03	
Calculation factor	f ₀	14	

Mass

Mass bearing		0.357	kg
--------------	--	-------	----

Ficha técnica

NEUMATICOS-RIT6 4-0928

Codigo						Tipo cojinete Eje	Color	Anti-hilos Codigo
4-0928	400	300	100	25	75		Negro	-



Características

Características de los neumáticos de Ruedas Alex:
 Diámetros de 200 a 260 m/m.
 Cojinetes: liso, de bolas y rodillos.
 Llanta metálica, de poliamix y de polipropileno.
 Con cubiertas y cámaras de recambio.
 Cubiertas neumáticas de color gris o negro.
 De 4, 6 lonas o impinchables.

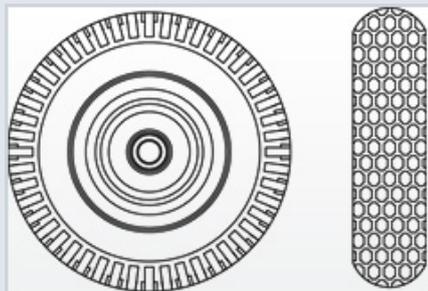
Datos técnicos

Diámetro: 400 mm
Carga: 300 kg
Tipo de cojinete: Cojinete de bolas
Ancho de Banda de rodadura: 100 mm
Diametro agujero del buje: 25 mm
Ancho del buje: 75 mm
Color: Negro

Archivos CAD

Rueda

RIT 6 (Rueda Neumatica)
 Llanta metálica y cubierta neumática 4 y 6 lonas



Ficha técnica

Rueda TV-FT 2-1797

Codigo				Tipo cojinete Eje					
2-1797	80	300	30	—	106x86	86/80x60	8	124	64



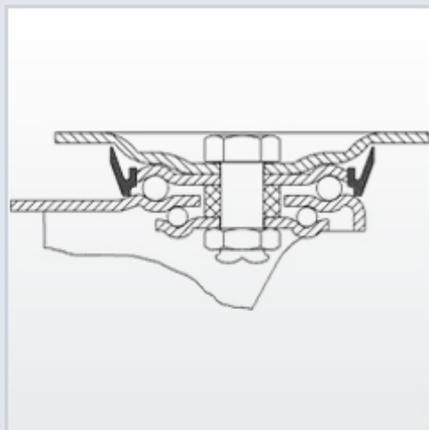
Características

Fabricada con chapa de acero embutido hasta 5m/m de espesor.
Acabado bicromatizado de alta resistencia al óxido.
Doble rodamiento a bolas reforzado con pistas de rodadura endurecidas.
Protector anti-polvo en el cojinete del soporte.
Fabricadas según normas europeas en 12532.

Datos técnicos

Diámetro: 80 mm
Carga: 300 kg
Tipo de cojinete: Cojinete Liso
Ancho de Banda de rodadura: 30 mm
Medidas de placa superior: 106x86 mm
Distancia entre agujeros: 86/80x60 mm
Diámetro agujero sujeción platina: 8 mm
Altura total: 124 mm
Radio de giro: 64 mm

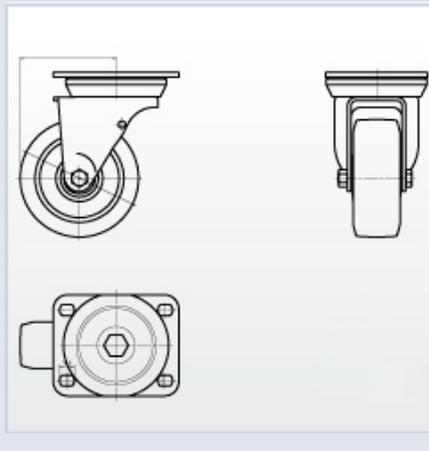
Archivos CAD



Rueda

FT (Nylon)
Rueda de nylon extrafuerte
Rango de temperatura: -30° ÷ +80°

Productos relacionados



Ficha técnica

AROS DE NYLON-FT 4-0002

Codigo						Tipo cojinete Eje	Color	Anti-hilos Codigo
4-0002	60	125	22	9.5	33		Blanco	-



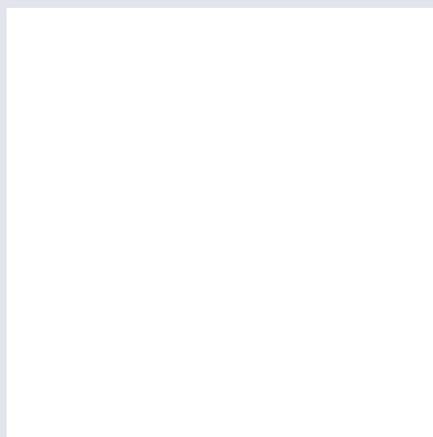
Características

Aros de nylon blanco y extrafuerte.
 Cojinetes: Liso, bolas y rodillos.
 Rango de temperatura: -30ºa +80º.
 A partir de los 35º de temperatura se reduce la capacidad de carga.

Datos técnicos

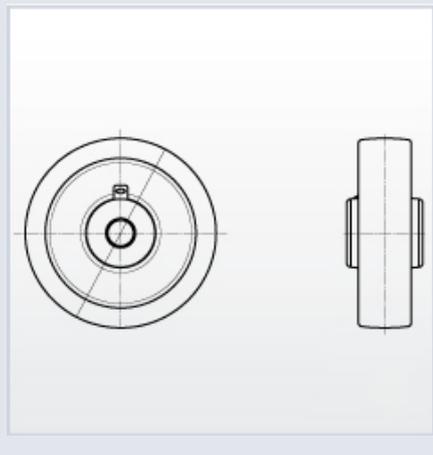
Diámetro: 60 mm
Carga: 125 kg
Tipo de cojinete: Cojinete Liso
Ancho de Banda de rodadura: 22 mm
Diametro agujero del buje: 9.5 mm
Ancho del buje: 33 mm
Color: Blanco

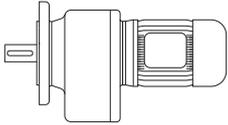
Archivos CAD



Rueda

FT (Nylon)
 Rueda de nylon extrafuerte
Rango de temperatura: -30º ÷ +80º





STIRNRADGETRIEBEMOTOREN HELICAL GEARED MOTORS MOTOREDUCTEURS A ENGRENAGES CYLINDRIQUES



DREHSTROM
THREE PHASE
A COURANT TRIPHASE

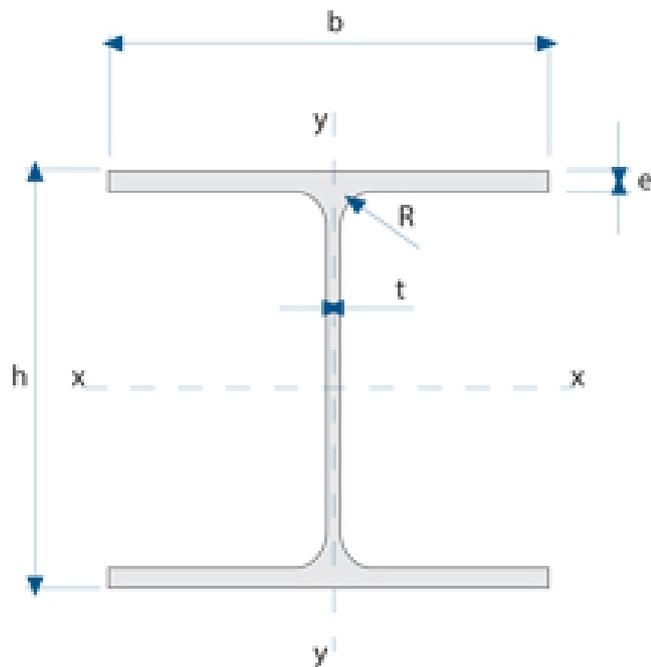
P _n [kW]	n ₂ [min ⁻¹]	M _a [Nm]	Standard f _B	i _{ges}	Normallagerung Normal bearing Roulement normal		Typenzusatz 5 Affix 5 Suffixe 5		Typ Type Type	ca. kg	Maße Dimens. Cotes			
					F _{Q N} ¹⁾ [N]	F _{A N} ²⁾ [N]	F _Q ¹⁾ [N]	F _A ²⁾ [N]						
1.10	526	20	3.2	2.66	1980	3710	2530	5320	SK 20 - 90S/4	24	42 - 43			
	569	18	3.1	2.46	1940	3610	2470	5160						
	617	17	3.2	2.27	1890	3490	2410	4980						
	95	111	0.9	14.74	800	1860	2260	3900				SK 01 - 90S/4	21	42 - 43
	107	98	1.0	13.00	1060	2010	2370	3900						
	120	88	1.1	11.57	1210	2080	2390	3900						
	134	78	1.3	10.40	1400	2190	2340	3900						
	150	70	1.4	9.41	1500	2210	2280	3900						
	165	64	1.6	8.55	1560	2210	2230	3900						
	181	58	1.7	7.80	1630	2230	2180	3900						
	197	53	1.9	7.15	1650	2250	2140	3900						
	214	49	2.0	6.58	1610	2230	2090	3900						
	233	45	2.0	6.06	1580	2210	2050	3900						
	251	42	2.0	5.62	1550	2190	2010	3900						
	271	39	2.0	5.20	1520	2150	1970	3900						
	291	36	2.0	4.84	1500	2140	1930	3900						
	313	34	2.0	4.50	1470	2080	1890	3830						
	327	32	2.8	4.31	1470	2350	1890	3900						
	359	29	2.8	3.93	1440	2320	1840	3900						
	392	27	2.8	3.60	1400	2250	1790	3860						
426	25	2.8	3.31	1370	2210	1750	3750							
462	23	2.8	3.05	1340	2170	1710	3660							
498	21	2.8	2.83	1320	2120	1670	3590							
538	20	2.8	2.62	1280	2060	1630	3460							
578	18	2.8	2.44	1260	2040	1600	3410							
624	17	2.8	2.26	1230	1980	1560	3310							
1.50	16	918	0.8	89.63	7530	9000	12630	12000	SK 330 - 90L/4	55	44 - 45			
	18	814	0.9	79.63	8150	9000	12400	12000						
	20	731	1.0	71.29	8570	9000	12140	12000						
	22	657	1.1	64.24	8880	9000	11870	12000						
	24	597	1.2	58.20	9110	9000	11630	12000						
	25	573	1.2	55.78	9190	9000	11630	12000	SK 33 - 90L/4	43	42 - 43			
	29	494	1.4	48.50	9440	9000	11260	12000						
	33	434	1.6	42.68	9600	9000	10920	12000						
	37	387	1.7	37.93	9670	9000	10610	12000						
	41	349	1.7	33.95	9440	9000	10340	12000						
	46	311	1.7	30.56	9180	9000	10040	12000						
	50	286	1.7	27.74	8980	9000	9820	12000						
	56	256	1.7	25.22	8710	9000	9520	12000						
	61	235	1.7	23.09	8510	9000	9290	12000						
	66	217	1.7	21.15	8340	9000	9090	12000						
	73	196	1.7	19.40	8110	9000	8840	12000						
	27	531	0.8	51.46	6250	7650	9520	9000	SK 30 V - 90L/4	38	42 - 43			
	30	478	0.8	47.68	6540	7650	9330	9000	SK 30 - 90L/4	35	42 - 43			
	33	434	0.9	42.68	6750	7650	9140	9000						
	37	387	0.9	38.45	6940	7650	8930	9000						
40	358	1.1	34.91	7050	7650	8730	9000							
44	326	1.2	31.84	7150	7650	8540	9000							
48	298	1.3	29.22	7240	7650	8360	9000							
52	275	1.5	26.92	7300	7650	8210	9000							
57	251	1.5	24.89	7360	7650	8000	9000							
61	235	1.5	23.08	7220	7650	7850	9000							
66	217	1.5	21.46	7080	7650	7690	9000							
66	217	1.8	21.28	7140	7650	7740	9000							
71	202	1.5	20.00	6950	7650	7550	9000							
75	191	2.1	18.85	6910	7650	7480	9000							
84	171	2.3	16.87	6670	7650	7240	9000							
93	154	2.2	15.20	6500	7650	7030	9000							
103	139	2.7	13.80	6320	7650	6850	9000							
46	311	1.0	30.53	4280	5600	7200	7650	SK 25 - 90L/4	33	42 - 43				
52	275	1.1	27.16	4450	5600	7300	7650							
58	247	1.2	24.42	4560	5600	7150	7650							
64	224	1.3	22.05	4640	5600	6980	7650							

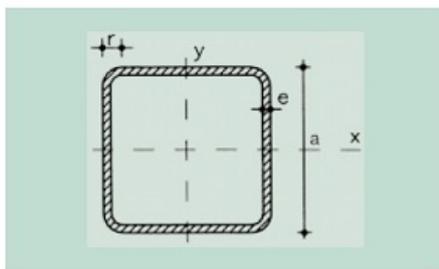
1) bei / at / pour F_A = 0 N

2) bei / at / pour F_Q = 0 N

ANEXO III: TABLAS DE PERFILES

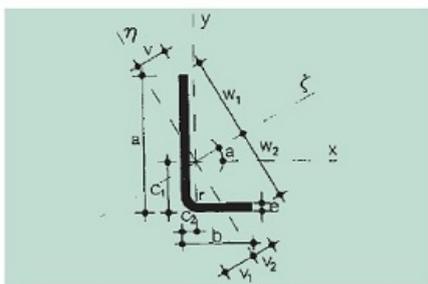
HEB IPB	Dimensiones					Sección cm ²	Peso Teórico Kg/m	Momento de Inercia cm ²		Módulo Resistente cm ³		Radio de Giro cm	
	h mm	b mm	t mm	e mm	R mm			I _x	I _y	W _X	W _Y	i _x	i _y
100	100	100	6.0	10.0	12	26.0	20.4	450	167	89	33.5	4.16	2.53
120	120	120	6.5	11.0	12	43.0	26.7	864	318	144	52.9	5.04	3.06
140	140	140	7.0	12.0	12	43.0	33.7	1510	550	216	78.5	5.93	3.58
160	160	160	8.0	13.0	15	54.3	42.6	2490	889	311	111.0	6.77	4.05
180	180	180	8.5	14.0	15	65.3	51.2	3830	1360	426	151.0	7.66	4.56
200	200	200	9.0	15.0	18	78.1	61.3	5700	2000	570	200.0	8.54	5.06
220	220	220	9.5	1.0	18	91.0	71.5	8090	2840	736	258.0	9.43	5.59
240	240	240	10.0	17.0	21	106.0	83.2	11260	3920	938	327.0	10.31	6.08
260	260	260	10.0	17.5	24	118.0	93.0	14920	5130	1150	395.0	11.24	6.59
280	280	280	10.5	18.0	24	131.0	103.0	19270	6590	1380	471.0	12.12	7.09
300	300	300	11.0	19.0	27	149.0	117.0	25170	8560	1680	571.0	13.00	7.58
320	320	300	11.5	20.5	27	161.3	127.0	30820	9239	1930	616.0	13.84	7.58
340	340	300	12.0	21.5	27	170.9	134.0	36656	9690	2160	646.0	14.60	7.53
360	360	300	12.5	22.5	27	180.6	142.0	43193	10141	2400	676.0	15.50	7.49
400	400	300	13.5	24.0	27	197.8	155.0	57680	10819	2880	721.0	17.10	7.40
450	450	300	14.0	26.0	27	218.0	171.0	79887	11721	3550	781.0	19.10	7.33
500	500	300	14.5	28.0	27	238.6	187.0	107176	12624	4290	842.0	21.20	7.27





r = Radio exterior de redondeo
 u = Perímetro
 A = Área de la sección
 S = Momento estático de media sección, respecto al eje X o Y
 I = Momento de inercia de la sección, respecto al eje X o Y
 $W = 2I : d$. Módulo resistente de la sección, respecto al eje X o Y
 $i = \sqrt{I : A}$. Radio de giro de la sección, respecto al eje X o Y
 I_t = Módulo de torsión de la sección

Perfil	Dimensiones				Términos de sección						Peso	
	a mm	e mm	r mm	u mm	A cm ²	S cm ³	I cm ⁴	W cm ³	i cm	I _t cm ⁴	ρ kp/m	
# 40.2	40	2	5	151	2,90	2,04	6,60	3,40	1,53	11,3	2,28	P
# 40.3	40	3	8	147	4,13	2,80	9,01	4,51	1,48	15,6	3,24	P
# 40.4	40	4	10	143	5,21	3,40	10,50	5,26	1,42	18,9	4,09	P
# 45.2	45	2	5	171	3,30	2,63	9,94	4,42	1,74	16,3	2,59	C
# 45.3	45	3	8	167	4,73	3,65	13,40	5,95	1,68	22,9	3,71	C
# 45.4	45	4	10	163	6,01	4,49	15,90	7,07	1,63	28,2	4,72	C
# 50.2	50	2	5	191	3,70	3,30	13,90	5,57	1,94	22,7	2,91	P
# 50.3	50	3	8	187	5,33	4,62	19,00	7,59	1,89	32,0	4,18	P
# 50.4	50	4	10	183	5,81	5,73	22,90	9,15	1,83	39,9	5,35	P
# 55.2	55	2	5	211	4,10	4,04	18,90	6,86	2,14	30,5	3,22	C
# 55.3	55	3	8	207	5,93	5,70	25,90	9,43	2,09	43,4	4,66	C
# 55.4	55	4	10	203	7,61	7,12	31,60	11,50	2,04	54,5	5,97	C
# 60.2	60	2	5	231	4,50	4,86	24,80	8,28	2,35	39,9	3,53	P
# 60.3	60	3	8	227	6,53	6,89	34,40	11,50	2,30	57,1	5,13	P
# 60.4	60	4	10	223	8,41	8,66	42,30	14,10	2,24	72,2	6,60	P
# 60.5	60	5	13	219	10,10	10,20	48,50	16,20	2,19	85,2	7,96	C
# 70.2	70	2	5	271	5,30	6,71	40,30	11,50	2,76	64,1	4,16	P
# 70.3	70	3	8	267	7,73	9,60	56,60	16,20	2,71	92,6	6,07	P
# 70.4	70	4	10	263	10,00	12,20	70,40	20,10	2,65	118,0	7,86	P
# 70.5	70	5	13	259	12,10	14,50	82,00	23,40	2,60	141,0	9,53	P
# 80.3	80	3	8	307	8,93	12,80	86,60	21,70	3,11	140,0	7,01	P
# 80.4	80	4	10	303	11,60	16,30	108,80	27,20	3,06	180,0	9,11	P
# 80.5	80	5	13	299	14,10	19,50	128,00	32,00	3,01	217,0	11,10	P
# 80.6	80	6	15	294	16,50	22,40	144,00	36,00	2,95	250,0	13,00	C
# 90.3	90	3	8	347	10,10	16,40	126,00	37,90	3,52	202,0	7,95	P
# 90.4	90	4	10	343	13,20	21,10	159,00	35,40	3,47	281,0	10,40	P
# 90.5	90	5	13	339	16,10	25,30	189,00	41,90	3,42	316,0	12,70	P
# 90.6	90	6	15	334	18,90	29,20	214,00	47,60	3,36	366,0	14,90	P
# 100.3	100	3	8	387	11,30	20,10	175,00	35,00	3,93	279,0	8,89	P
# 100.4	100	4	10	383	14,80	26,40	223,00	44,60	3,88	363,0	11,60	P
# 100.5	100	5	13	379	18,10	31,90	266,00	53,10	3,83	440,0	14,20	P
# 100.6	100	6	15	374	21,30	37,00	304,00	60,70	3,77	513,0	16,70	P
# 120.4	120	4	10	463	18,00	38,90	397,00	66,20	4,70	638,0	14,10	P
# 120.5	120	5	13	459	22,10	47,20	478,00	79,60	4,64	780,0	17,40	P
# 120.6	120	6	15	454	26,10	55,10	551,00	91,80	4,59	913,0	20,50	C
# 140.5	140	5	13	539	26,10	65,60	780,00	111,00	5,46	260,0	20,50	P
# 140.6	140	6	15	534	30,90	76,80	905,00	129,00	5,41	480,0	24,30	P
# 140.8	140	8	20	526	40,00	97,50	1.130,00	161,00	5,30	890,0	31,40	P
# 160.5	160	5	13	619	30,10	86,90	1.190,00	149,00	6,28	1.901,0	23,70	P
# 160.6	160	6	15	614	35,70	102,00	1.390,00	173,00	6,23	2.240,0	28,00	P
# 160.8	160	8	20	609	46,40	131,00	1.740,00	218,00	6,12	2.890,0	36,50	P
# 170.5	170	5	13	659	32,10	98,70	1.440,00	169,00	6,69	2.290,0	25,20	C
# 170.6	170	6	15	654	38,10	116,00	1.680,00	198,00	6,64	2.710,0	29,90	C
# 170.8	170	8	20	646	49,60	149,00	2.120,00	249,00	6,53	3.410,0	39,00	P



- u = Perímetro
- A = Área de la sección
- I_x = Momento de inercia de la sección, respecto a x
- I_y = Momento de inercia de la sección, respecto a y
- I_{xy} = Momento centrífugo de la sección, respecto a x, y
- I_z = Momento de inercia de la sección, respecto a ζ
- I_η = Momento de inercia de la sección, respecto a η
- W_x = Módulo resistente, respecto a x
- W_y = Módulo resistente, respecto a y
- W_z = Módulo resistente, respecto a ζ
- W_η = Módulo resistente, respecto a η
- i_x = Radio de giro, respecto a x
- i_y = Radio de giro, respecto a y
- i_z = Radio de giro, respecto a ζ
- i_η = Radio de giro, respecto a η

Perfil	Dimensiones					Posición de los ejes								Términos de sección										Peso					
	a	b	e	r	u	c_1	c_2	v_1	v_2	v_3	w_1	w_2	tg α	A	I_x	I_y	I_{xy}	I_z	I_η	W_x	W_y	W_z	W_η		i_x	i_y	i_z	i_η	p
	mm	mm	mm	mm	mm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm		cm ²	cm ⁴	cm ³	cm ³	cm ³	cm ³	cm	cm	cm	cm	kg/m					
LF 40.20.2	40	20	2	2,5	117	1,45	0,421	0,697	1,18	0,491	2,57	1,83	0,287	1,13	1,90	0,344	0,487	2,05	0,204	0,746	0,218	0,796	0,174	1,30	0,552	1,35	0,425	0,887	P
LF 40.20.3	40	20	3	3,0	116	1,50	0,462	0,714	1,15	0,531	2,53	1,86	0,288	1,65	2,71	0,480	0,693	2,91	0,282	1,080	0,312	1,150	0,246	1,28	0,539	1,33	0,413	1,300	C
LF 50.25.2	50	25	2	2,5	147	1,78	0,504	0,867	1,49	0,592	3,23	2,26	0,286	1,43	3,81	0,692	0,969	4,09	0,415	1,180	0,347	1,260	0,279	1,63	0,696	1,69	0,559	1,120	P
LF 50.25.3	50	25	3	3,0	146	1,83	0,545	0,884	1,45	0,632	3,20	2,30	0,285	2,10	5,48	0,980	1,390	5,88	0,583	1,730	0,501	1,840	0,399	1,61	0,683	1,67	0,527	1,650	C
LF 60.30.3	60	30	3	3,0	176	2,16	0,629	1,050	1,77	0,733	3,86	2,73	0,284	2,55	9,69	1,740	2,460	10,40	1,050	2,530	0,735	2,690	0,590	1,35	0,827	2,02	0,640	2,000	P
LF 60.30.4	60	30	4	6,0	173	2,24	0,679	1,040	1,71	0,786	3,80	2,80	0,292	3,30	12,30	2,200	3,220	13,20	1,260	3,260	0,948	3,480	0,736	1,93	0,816	2,00	0,617	2,590	C
LF 80.40.4	80	40	4	6,0	233	2,91	0,845	1,380	2,34	0,988	5,13	3,67	0,289	4,50	30,30	5,490	7,840	32,60	3,220	5,950	1,740	6,360	1,380	2,60	1,100	2,69	0,848	3,530	P
LF 80.40.5	80	40	5	8,0	231	2,97	0,893	1,380	2,20	1,040	5,07	3,73	0,293	5,52	36,60	6,590	9,620	39,40	3,770	7,290	2,120	7,770	1,650	2,57	1,090	2,67	0,828	4,340	C
LF 100.50.5	100	50	5	8,0	291	3,64	1,060	1,720	2,91	1,240	6,40	4,59	0,290	7,02	73,90	13,400	19,200	79,50	7,810	11,600	3,390	12,400	2,680	3,24	1,380	3,36	1,060	5,510	P
LF 100.50.6	100	50	6	10,0	289	3,71	1,110	1,720	2,86	1,290	6,35	4,65	0,293	8,30	86,20	15,600	22,700	92,90	8,900	13,700	3,990	14,600	3,110	3,22	1,370	3,35	1,040	6,520	C
LF 120.60.5	120	60	5	8,0	351	4,30	1,220	2,060	3,53	1,440	7,73	5,46	0,299	8,52	130,00	23,700	33,600	140,00	14,000	16,900	4,970	18,100	3,970	3,91	1,670	4,05	1,280	6,690	P
LF 120.60.6	120	60	6	10,0	349	4,37	1,270	2,060	3,49	1,490	7,68	5,52	0,291	10,10	153,00	27,700	39,800	165,00	16,100	20,000	5,860	21,400	4,630	3,89	1,660	4,04	1,260	7,930	C

