

# PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO DE COHETE HPR PARA CERTIFICACIÓN L2



Por Jesús Manuel Recuenco Andrés

TRA# 12241

**Autor: Jesús Manuel Recuenco Andrés**  
**TRA# 12241**

El presente proyecto tiene por objeto establecer las líneas generales básicas para la construcción de un modelo de cohete de alta potencia (HPR) para la obtención de la certificación de nivel L2 según las normas establecidas por Tripoli Rocketry Association, Inc.

El modelo de cohete seleccionado es una creación personalizada que cumple con las características básicas que debe poseer un cohete estándar, según las hipótesis establecidas por Jim Barrowman en su Proyecto R&D NARAM-8 del 18 de agosto de 1966, página 3.

La configuración del modelo denominado NOVA-L2 permite realizar un doble despliegue de paracaídas en dos eventos separados, una primera eyección del drogue en el apogeo y la segunda eyección del paracaídas principal a una altitud previamente programada mediante un altímetro. Todas las partes del modelo descienden unidas entre sí por sendas cintas de nylon tubular con lo que se garantiza una recuperación de todas las partes que conforman el modelo de forma segura.

Ambos eventos de despliegue podrán realizarse: bien mediante el altímetro instalado para eyectar el drogue en el apogeo y posteriormente el paracaídas principal a una altitud previamente programada, o bien desplegar el drogue mediante la carga de eyección del propio motor en el momento de consumirse la carga de retardo, y posteriormente el despliegue del paracaídas principal mediante el altímetro.

El modelo también puede llevar opcionalmente una mini cámara de vídeo en la misma bahía de carga útil donde se instala el altímetro, con el objeto de realizar filmaciones a bordo. Para ello se ha instalado un soporte específico para el modelo de video cámara FlyCam One v1, con un pequeño espejo montado sobre la tapa que cierra la bahía de carga útil, y que permite tomar imágenes de cola.

El cohete NOVA-L2 está fabricado principalmente con materiales ligeros no metálicos como: cartón fenólico, madera de balsa, contrachapado ocume, manzonía, y fibra de vidrio con resina epoxi. Su configuración de cohete básico, su robustez y su equilibrado reparto de masas y fuerzas de presión, le garantiza una gran estabilidad.

Así pues, el NOVA-L2 cumple con todos los requisitos necesarios para la obtención de la certificación L2 de Tripoli, conforme a las normas de seguridad establecidas para el lanzamiento de cohetes de alta potencia.

**INDICE**

	Pág.
Características técnicas.....	4
Dimensiones.....	5
Lista de componentes y accesorios.....	6
Diseño de componentes.....	8
Disposición de componentes.....	16
Librea.....	17
Construcción.....	18
Aviónica.....	24
Imágenes fotográficas.....	25
Análisis teórico de la estabilidad.....	27
Cálculo del Margen de Estabilidad Angular ( $M\alpha$ ).....	28
Diseño con RockSim v7.....	30
Perfil de vuelo simulado con RockSim v7.....	30
Datos de la simulación.....	32
Etapas de vuelo.....	33
Etiquetas y pegatinas para el modelo.....	34
Bibliografía.....	35
Lista de comprobación.....	36
Datos registrados por el altímetro.....	37
Resultado de la prueba.....	37

## CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Escala 1:7.416

### Estáticas

Longitud total	1710 mm.
Diámetro	86 mm.
Envergadura	260 mm.
Peso (sin motor)	2969 gr.
Nº aletas	4
Diámetro drogue	650 mm.
Diámetro paracaídas principal	1500 mm.
Motor recomendado	Aerotech @ J350W para RMS 38/720

### Dinámicas

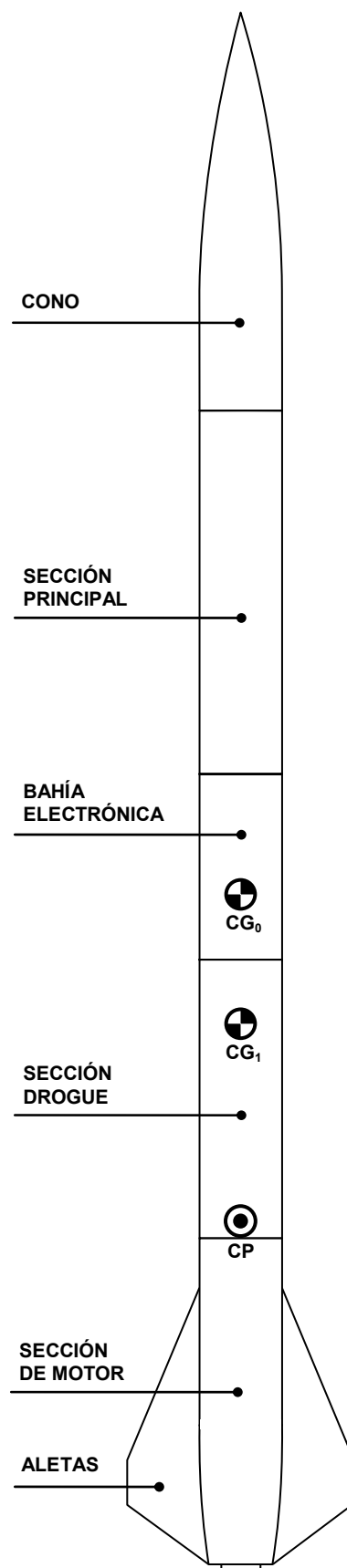
Datos obtenidos en el simulador RockSim v7.

Coefficiente de arrastre estimado	0,75
Aceleración máxima prevista	188 m/s <sup>2</sup>
Velocidad máxima prevista	178 m/s
Altitud máxima prevista	1200 m.
Velocidad de descenso con drogue	14 m/s
Velocidad de descenso con principal	5,5 m/s
Margen de estabilidad con motor (calibres)	2,73
Margen de estabilidad angular ( $M\alpha$ )	58°
CP (desde el cono) *	1364 mm.
CG <sub>1</sub> (desde el cono y con motor J350W)	1130 mm.
CG <sub>0</sub> (desde el cono y sin motor)	996 mm.

\* Localización del CP calculado con la aplicación Rocksim v7.

### Recuperación y aviónica

Sistema de recuperación	Doble despliegue de Paracaídas
Eventos de Despliegue	1º en apogeo, 2º altitud programada)
Aviónica	Fly Cam One V1
	MiniAlt/WD PerfectFlite
Sistema eyección	2 x SafeEject
Nº paracaídas	1 Drogue + 1 Principal





LISTA DE COMPONENTES

Ref.	Denominación	Material	Uds.
CR01	Anillo de centrado	Contrachapado 6 mm.	2
CR02	Anillo de centrado	Balsa 20 mm.	1
CR03	Anillo de centrado	Contrachapado 6 mm.	2
CR04	Anillo de centrado	Contrachapado 5 mm.	1
CR05	Anillo de centrado	Contrachapado 5 mm.	2
CR06	Anillo de centrado	Balsa 20 mm.	2
CR07	Anillo de centrado	Contrachapado 5 mm.	2
CR08	Anillo de centrado	Contrachapado 6 mm.	2
CR09	Anillo de centrado	Contrachapado 6 mm.	2
TC01	Tubo acoplador	Cartón fenólico 4 mm.	2
TC02	Tubo acoplador	Cartón fenólico 4 mm.	1
TC03	Tubo acoplador	Cartón fenólico 4 mm.	1
MT01	Tubo porta motor	Fibra de vidrio 166 gr. + Epoxi	1
F001	Aleta	Contrachapado 6 mm.	4
F002	Refuerzo interior aleta	Balsa 6 mm.	4
F003	Refuerzo interior aleta	Balsa 6 mm.	4
ST01	Transición trasera	Manzonía 2x5x16 mm.	48
ST02	Tubo de sección	Fibra de vidrio 166 gr. + Epoxi	1
ST03	Tubo de sección	Fibra de vidrio 166 gr. + Epoxi	1
ST04	Tubo de sección	Fibra de vidrio 166 gr. + Epoxi	1
ST05	Tubo de sección	Fibra de vidrio 166 gr. + Epoxi	1
EJ01	Tubo de eyección	Aluminio.	2
EJ02	Tubo roscado doble	PVC	2
EJ03	Cierre tubo eyección	PVC	2
PN01	Panel bahía.	Contrachapado 5 mm.	1
PN02	Panel tapa altímetro	Fibra de vidrio 166 gr. + Epoxi	1
PN03	Panel tapa eyectores	Fibra de vidrio 166 gr. + Epoxi	1
AT01	Porta espejo	Balsa.	1
AT02	Espejo	Vidrio	1
AT03	Adaptador video cámara	Balsa	1
AT04	Tubo soporte tapas ST02	Cartón fenólico 1 mm.	1
NC01	Cono ojival	Fibra de vidrio 166 gr. + Epoxi	1

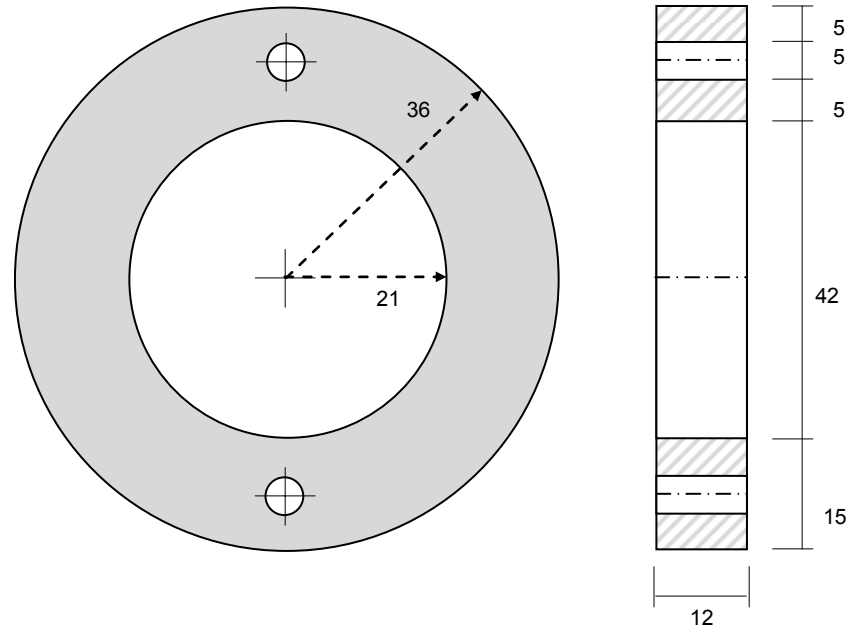
**LISTA DE ACCESORIOS**

<b>Ref.</b>	<b>Denominación</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Material</b>	<b>Uds.</b>
FR01	Cáncamo roscado	57x17x4,5 mm. M5	Hierro zincado	8
FR02	Implante roscado	8x6,5 mm. M4	Hierro zincado	24
FR03	Tuerca	M5	Hierro zincado	10
FR04	Tuerca	M4	Hierro zincado	4
FR05	Tornillo largo	16 mm. M4	Hierro zincado	16
FR06	Tornillo corto	8 mm. M4	Hierro zincado	8
FR07	Arandela	15x1x5,5 mm. M5	Hierro zincado	16
FR08	Arandela	12x1x4,5 mm. M4	Hierro zincado	4
FR09	Eslabón rápido	4x50 mm. M4	Hierro zincado	2
FR10	Varilla roscada	4x270 mm. M4	Hierro	6
FR11	Tornillo	M3	Hierro	6
FR12	Arandela	M3	Hierro	2
FR13	Eslabón rápido	M4	Hierro zincado	4
FR14	Eslabón rápido	M3	Hierro zincado	2
AC01	Eyector	ST GmbH SafeEject	Aluminio	2
AC02	Saco ignífugo	75x200 mm.	Nomex	1
AC03	Paño ignífugo	300x300 mm.	Nomex	1
AC04	Cinta de sujección	15x2x3000 mm.	Nylon tubular	2
AC05	Paracaídas principal	1500 mm.	Ripstop Nylon	1
AC06	Cuerdas del principal	1500 mm.	Nylon tubular 3mm.	12
AC07	Drogue	650 mm.	Ripstop Nylon	1
AC08	Cuerdas del drogue	1000 mm.	Nylon tubular 1,5 mm.	8
AC09	Guía corredera	Perfil estándar	Teflon y Hierro zincado	2
AC10	Retén de motor HARM	38 mm.	Aluminio	1

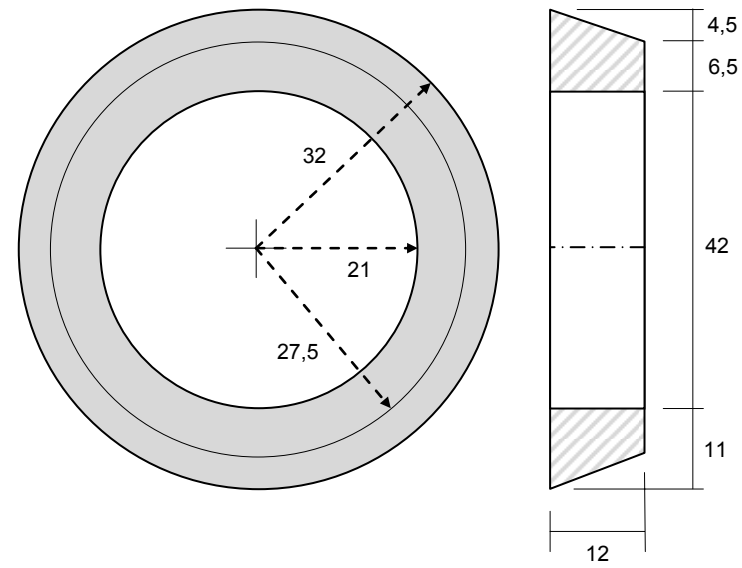
Escala 1:1

DISEÑO DE COMPONENTES

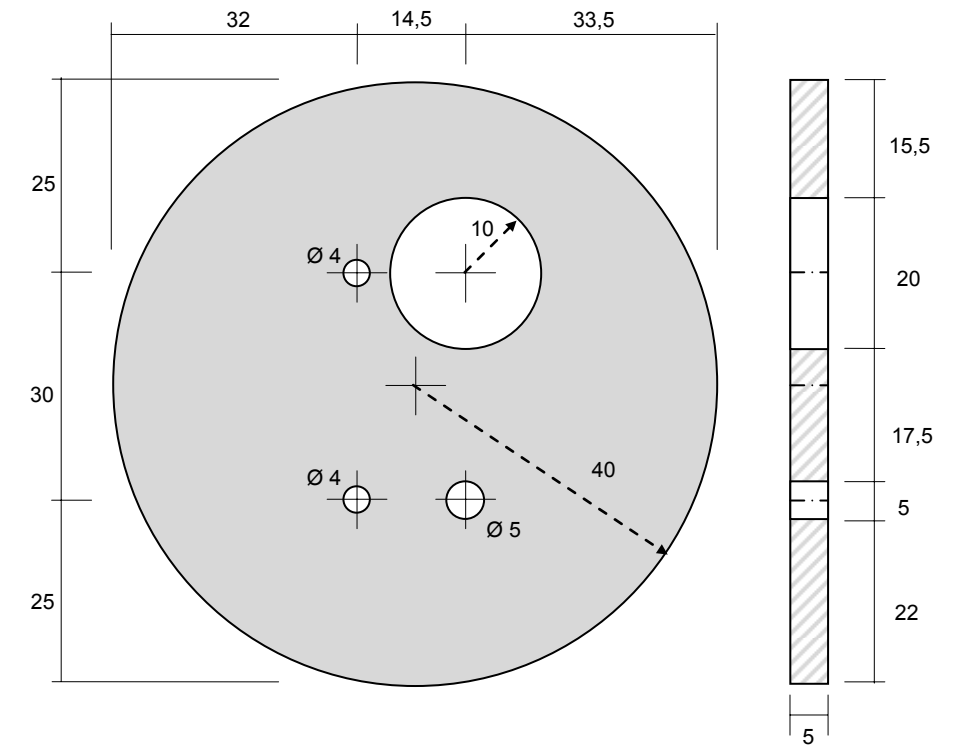
Ref: CR01



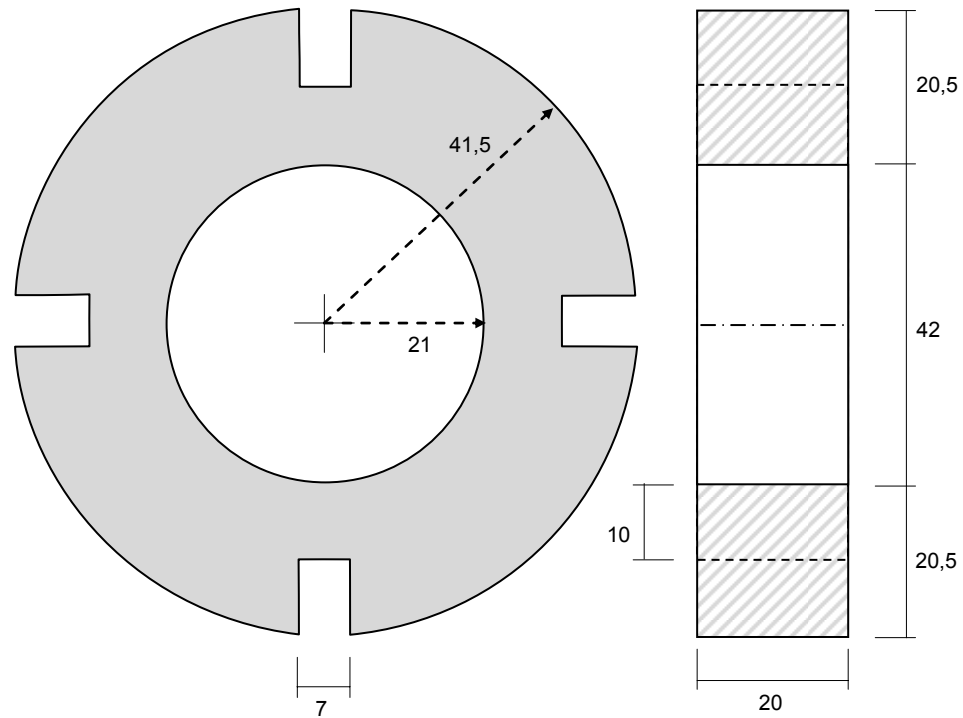
Ref: CR03



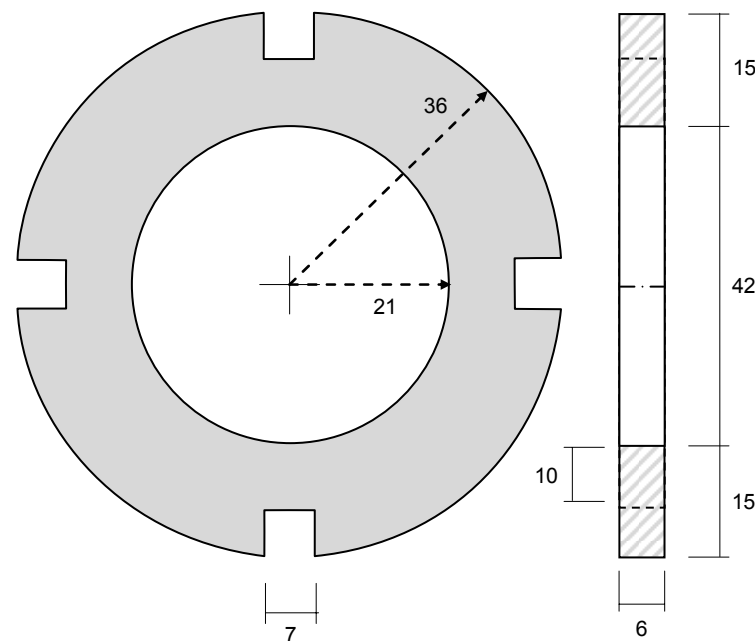
Ref: CR05



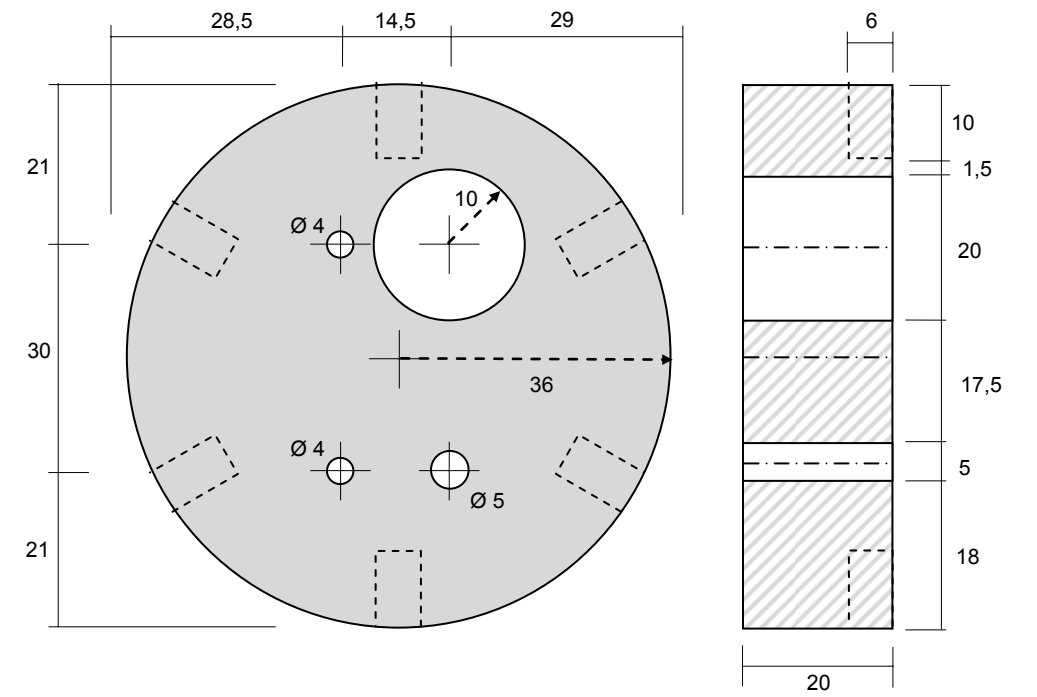
Ref: CR02



Ref: CR04



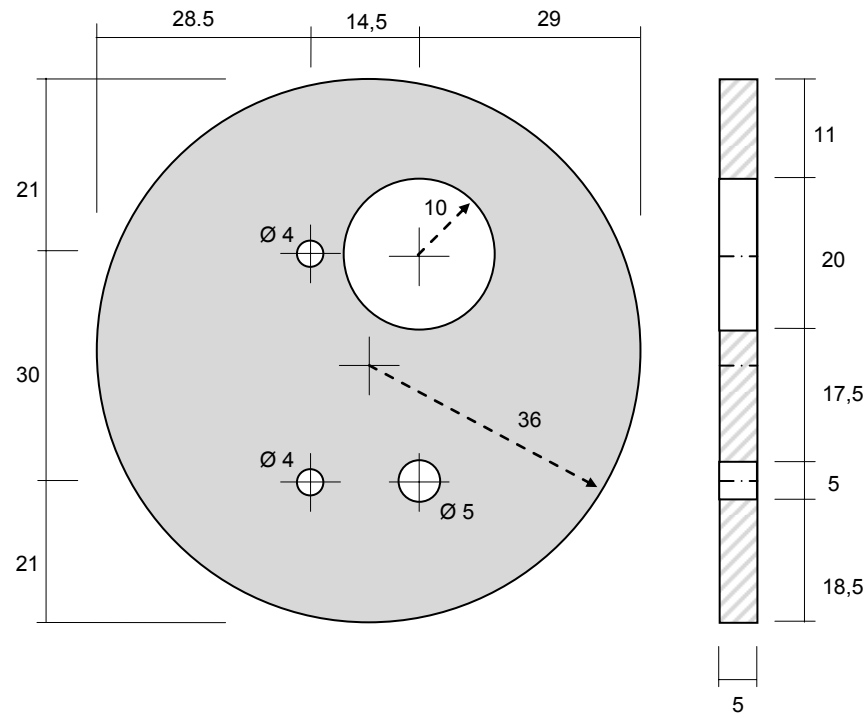
Ref: CR06



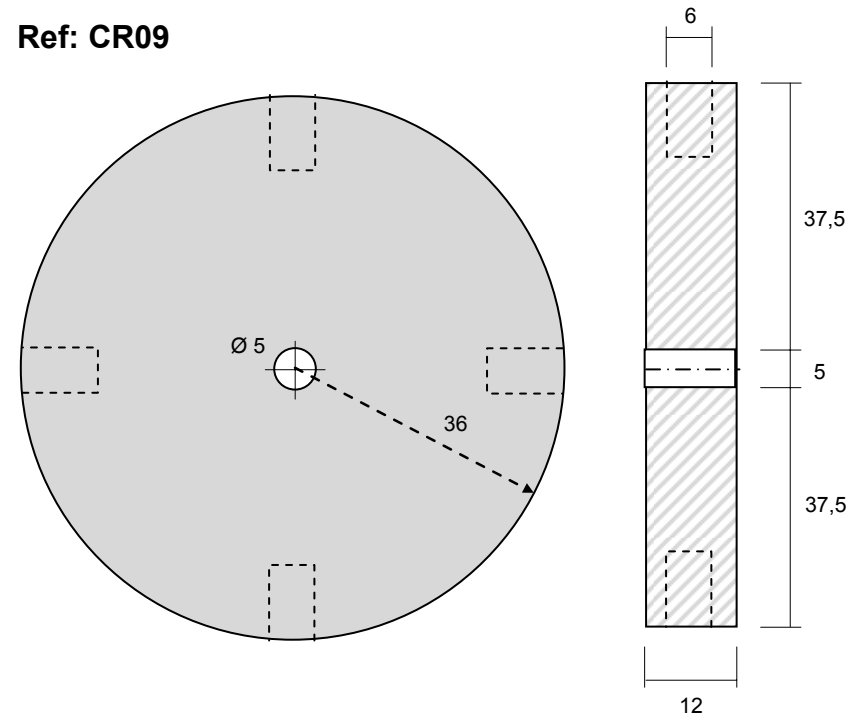


Escala 1:1

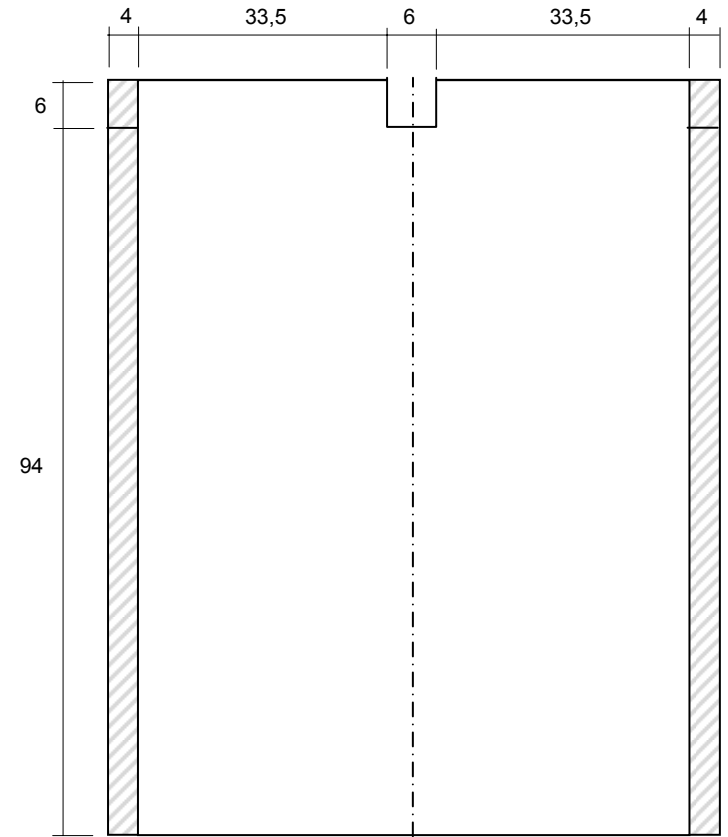
Ref: CR07



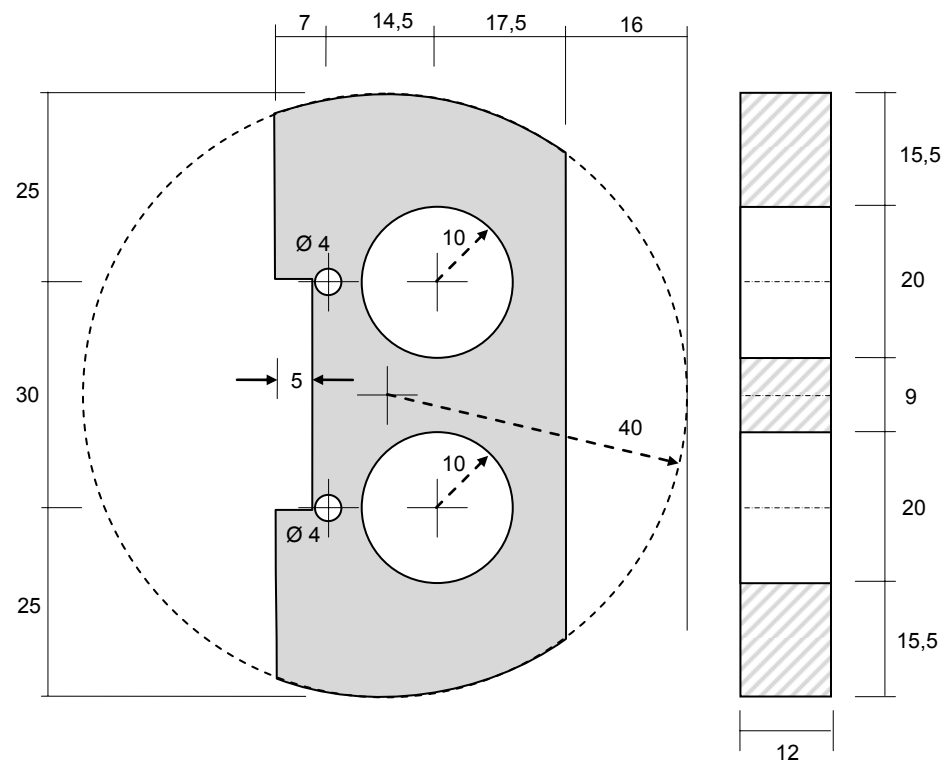
Ref: CR09



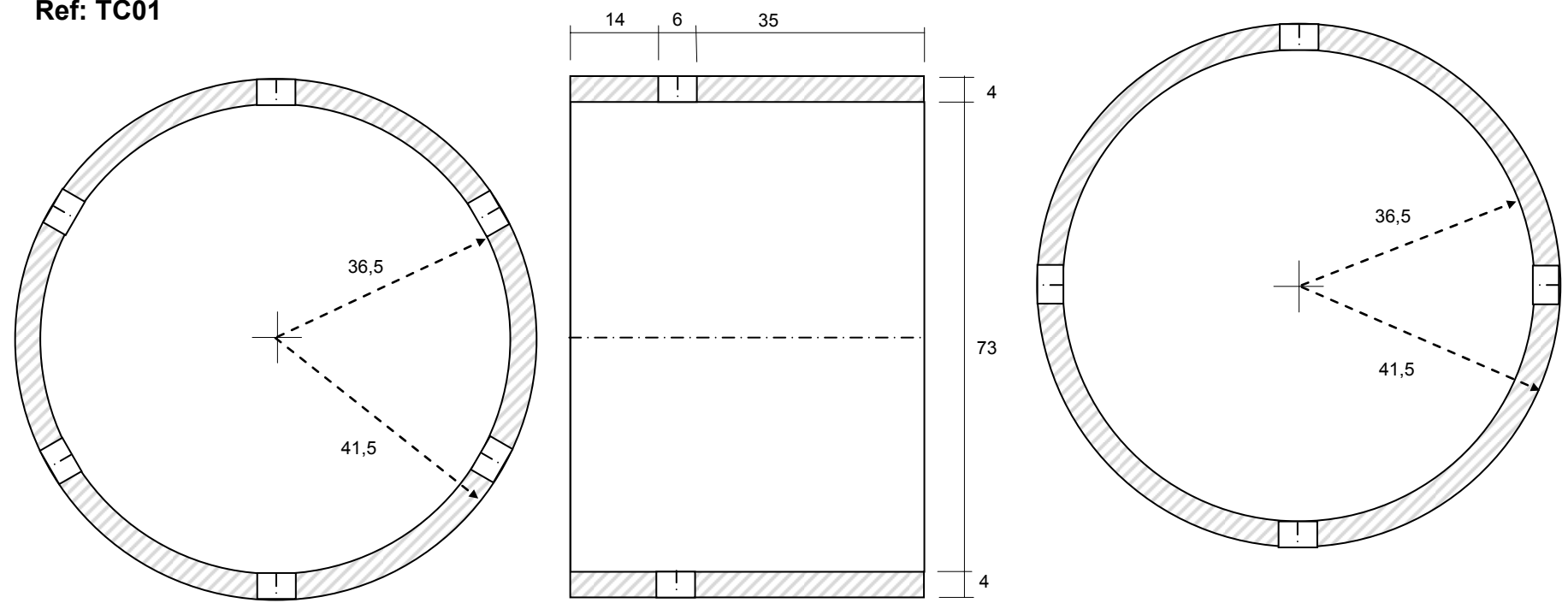
Ref: TC02



Ref: CR08

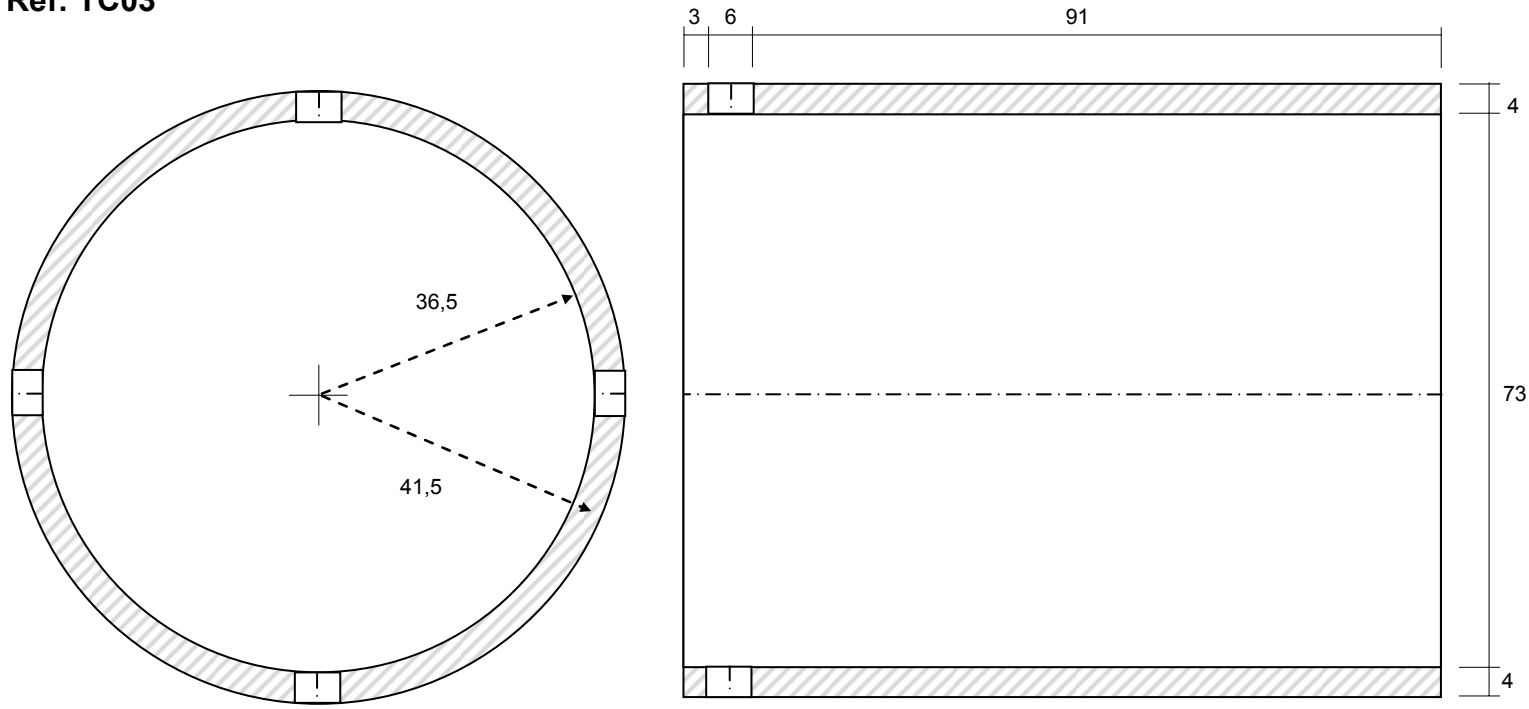


Ref: TC01

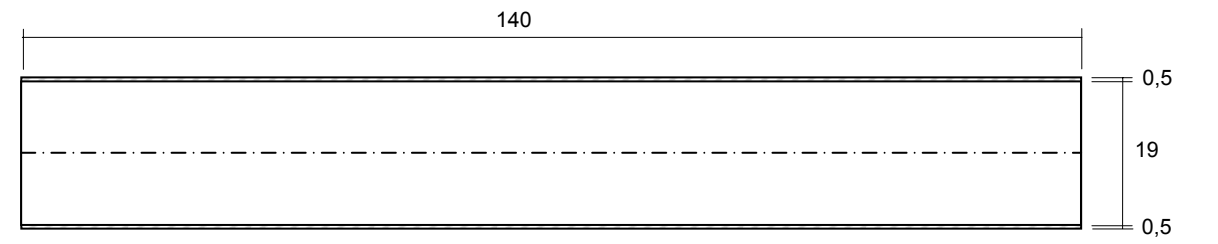


Escala 1:1

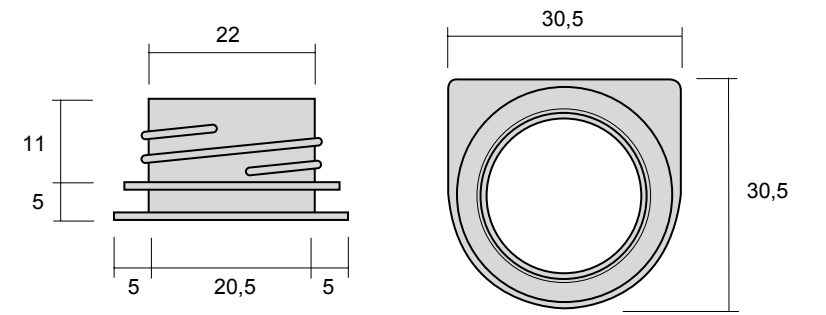
Ref: TC03



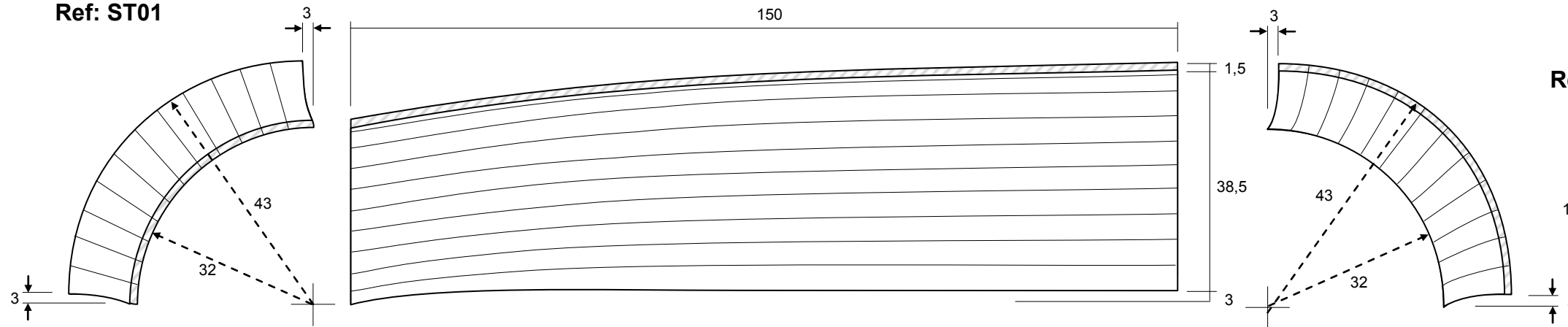
Ref: EJ01



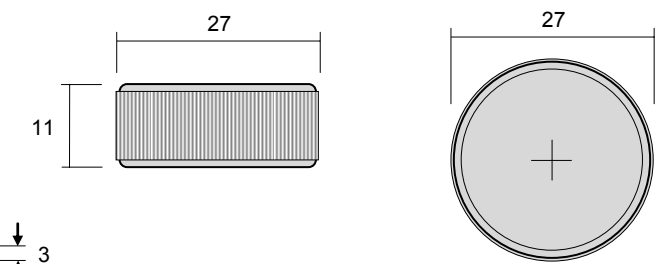
Ref: EJ02



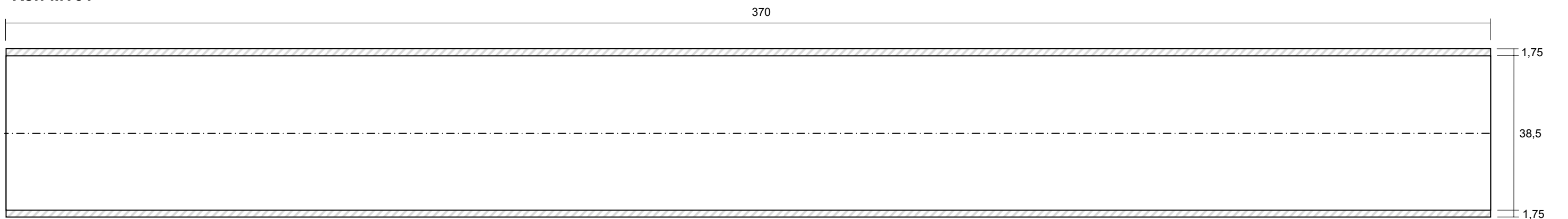
Ref: ST01



Ref: EJ03

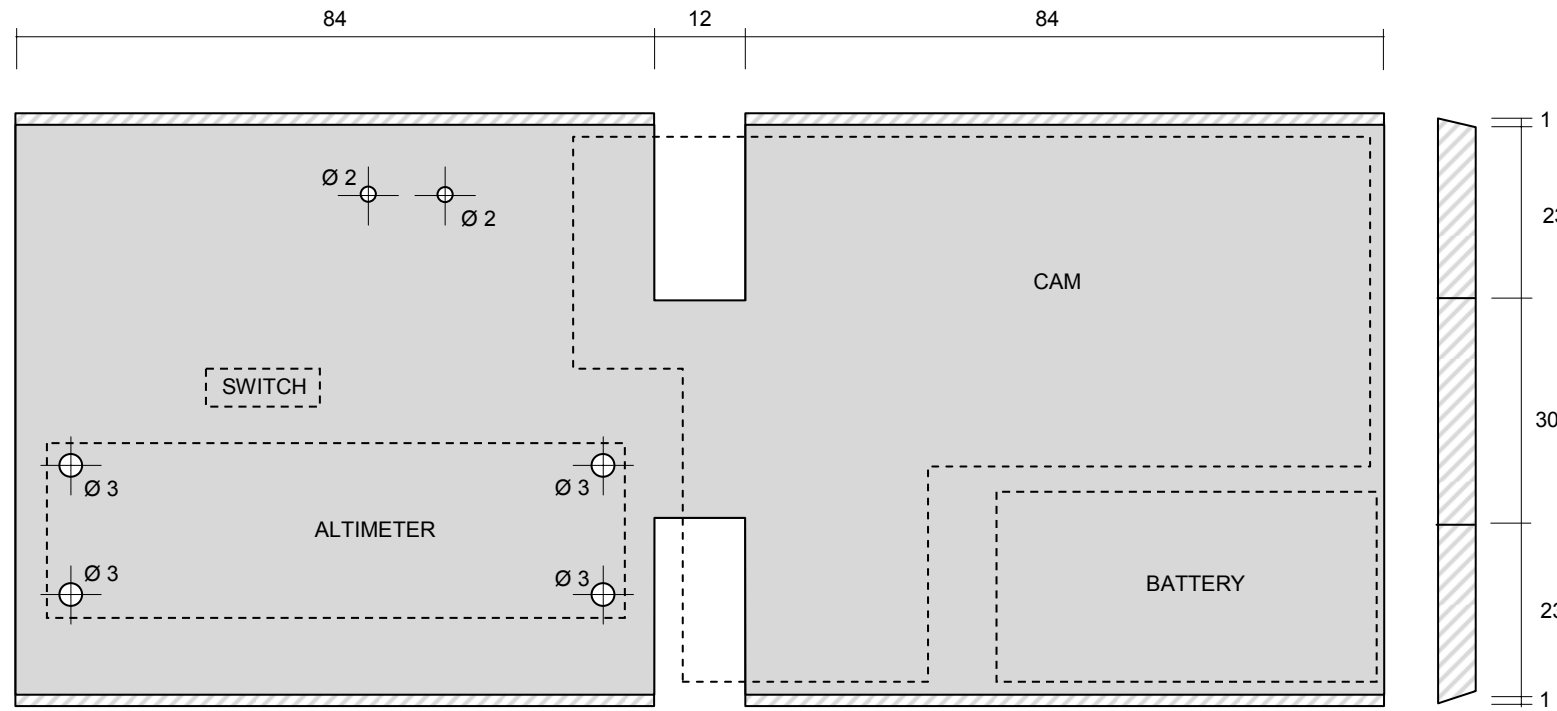


Ref: MT01

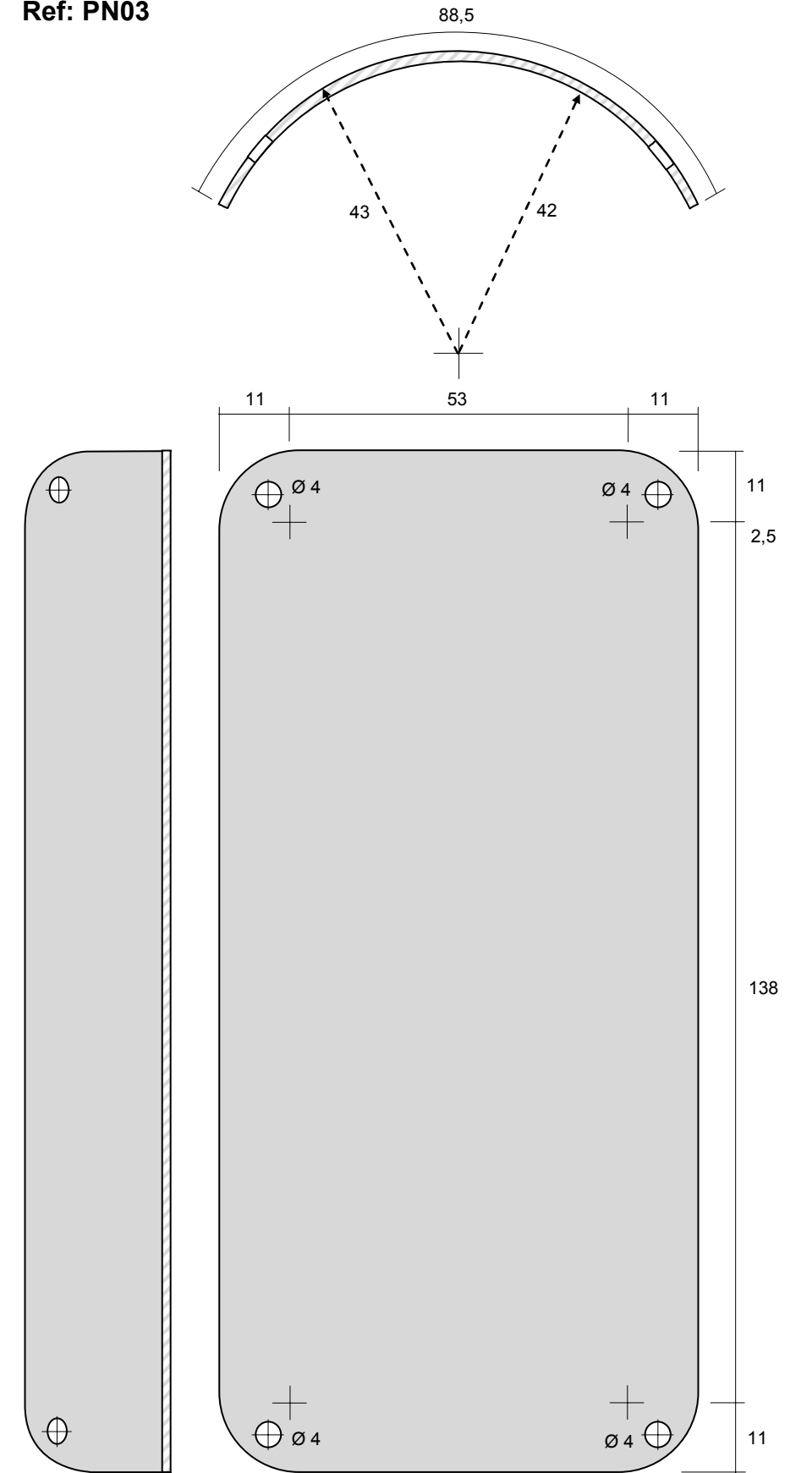


Escala 1:1

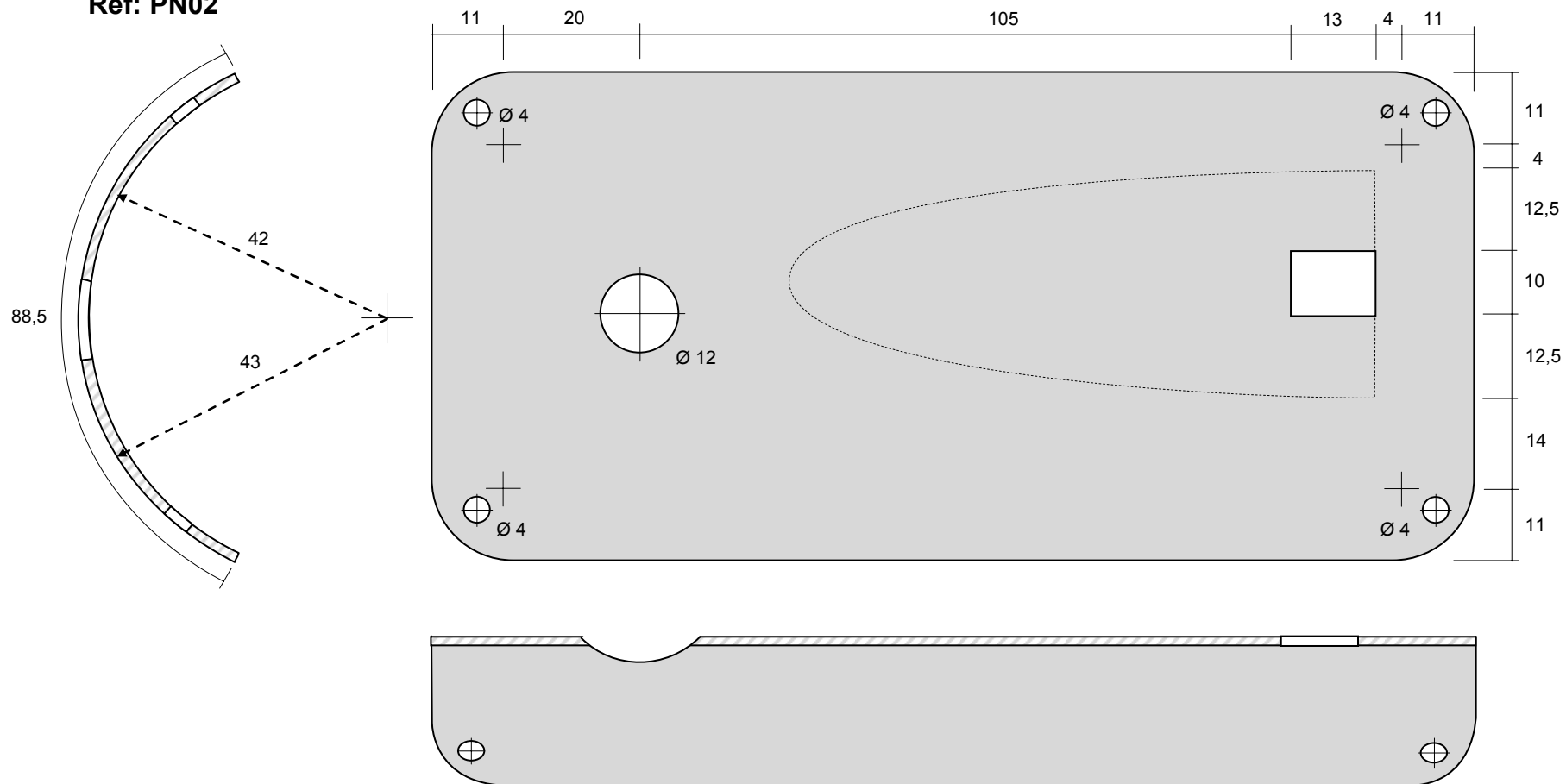
Ref: PN01



Ref: PN03

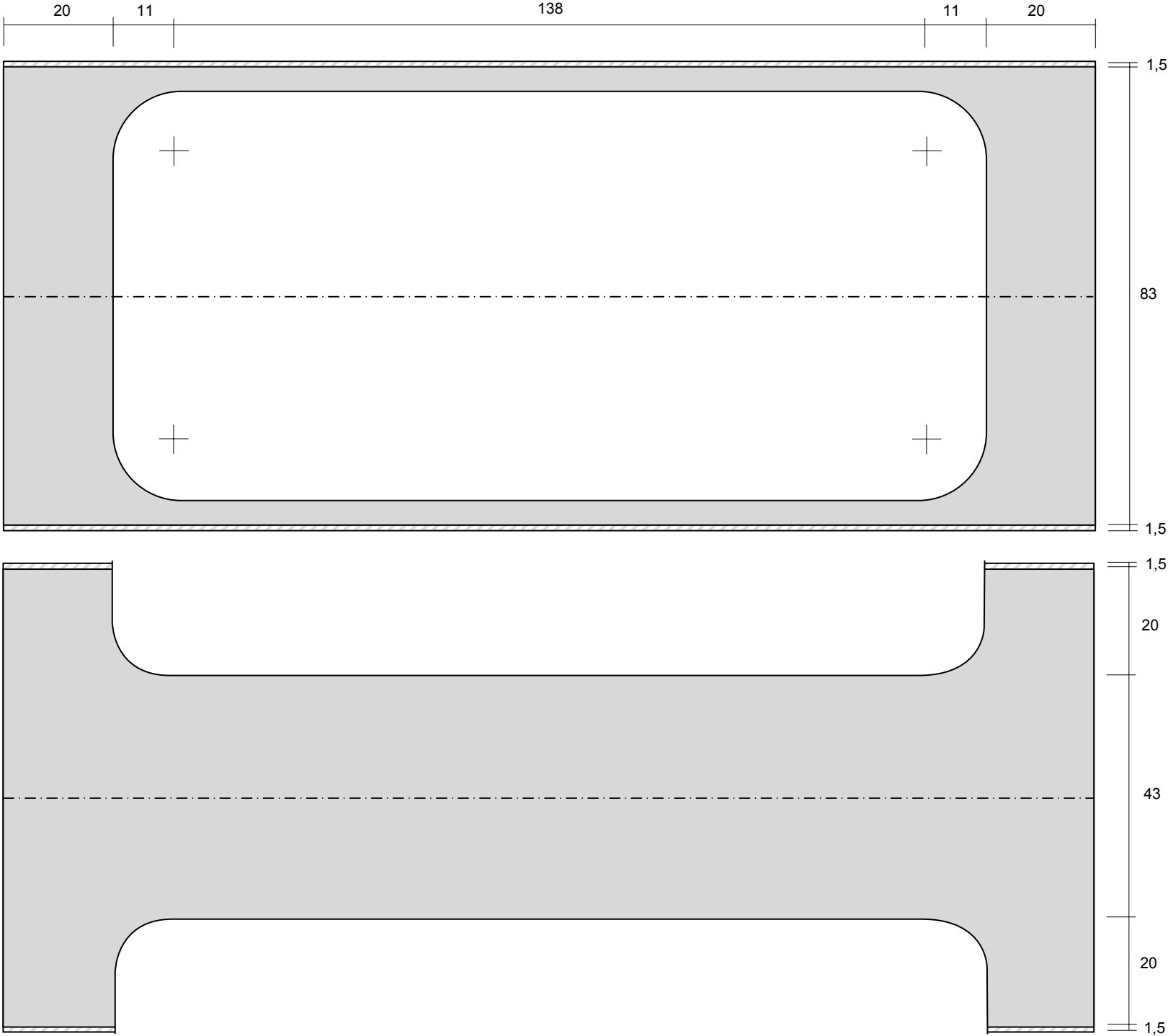


Ref: PN02

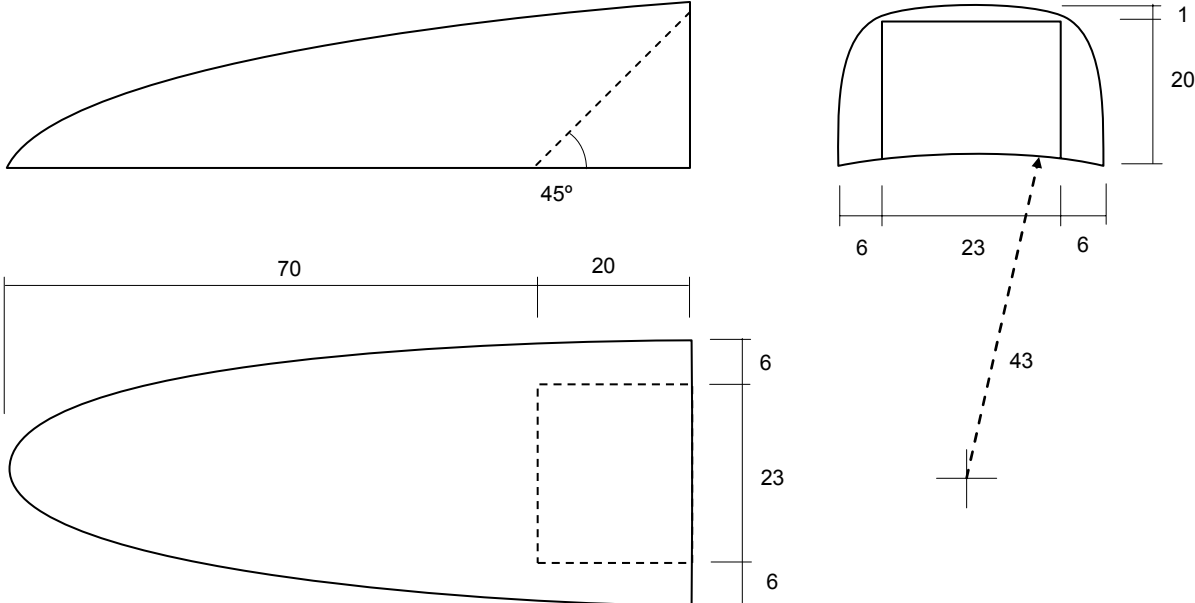


Escala 1:1

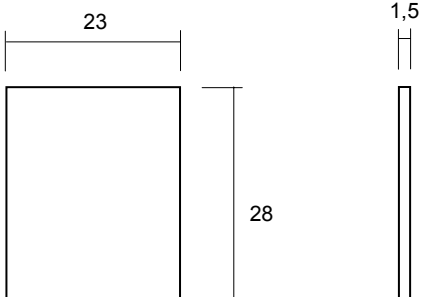
Ref: ST02



Ref: AT01

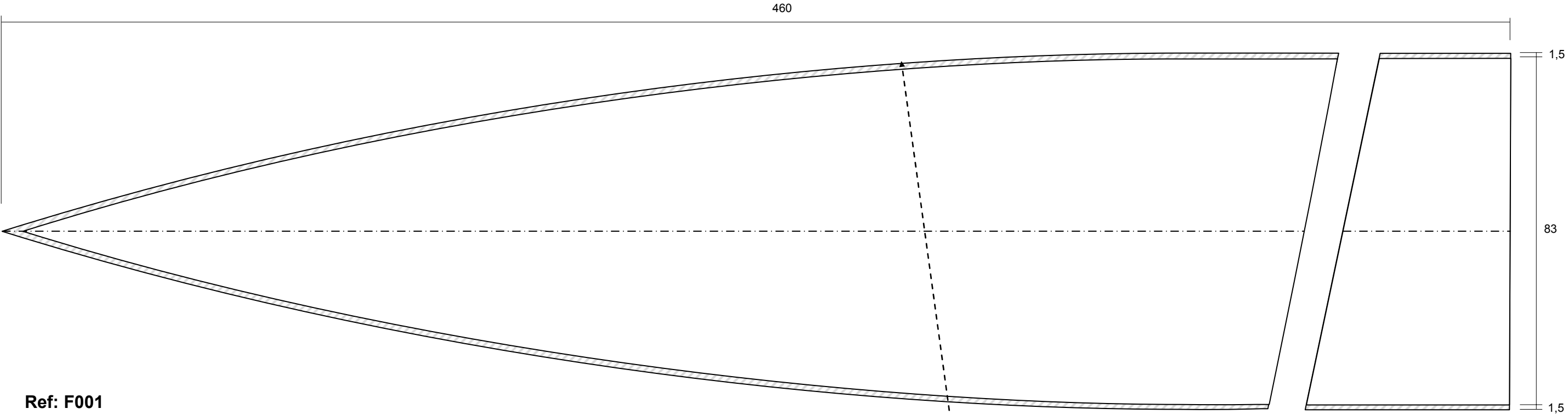


Ref: AT02

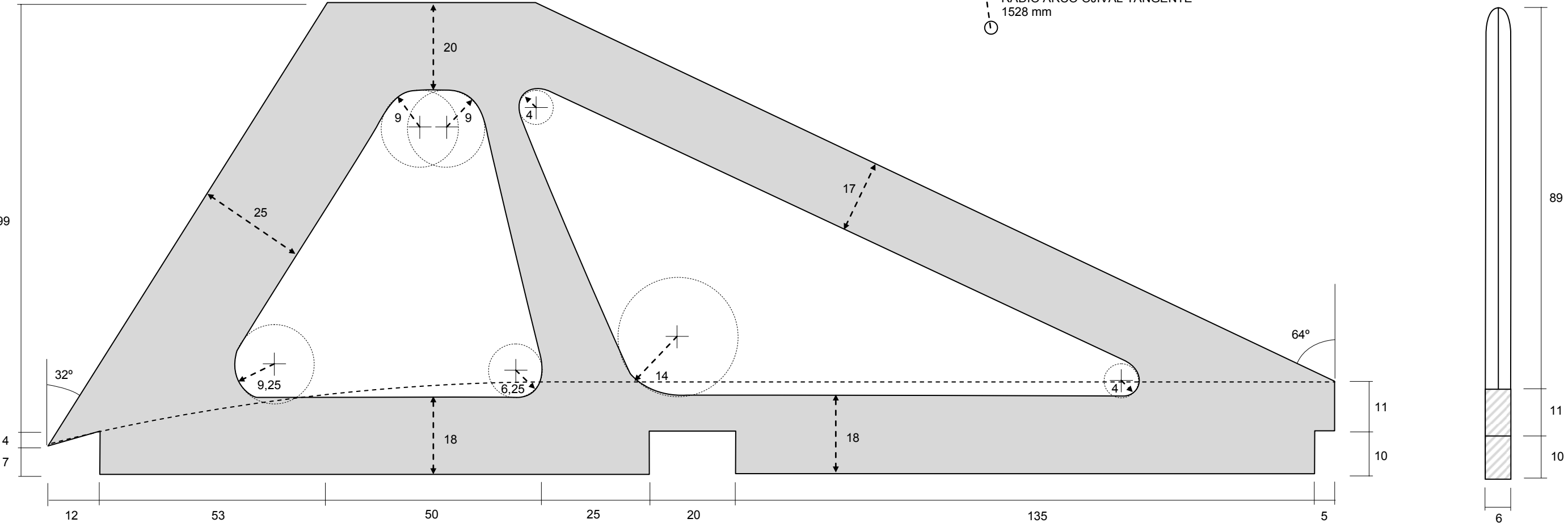


Escala 1:1

Ref: NC01

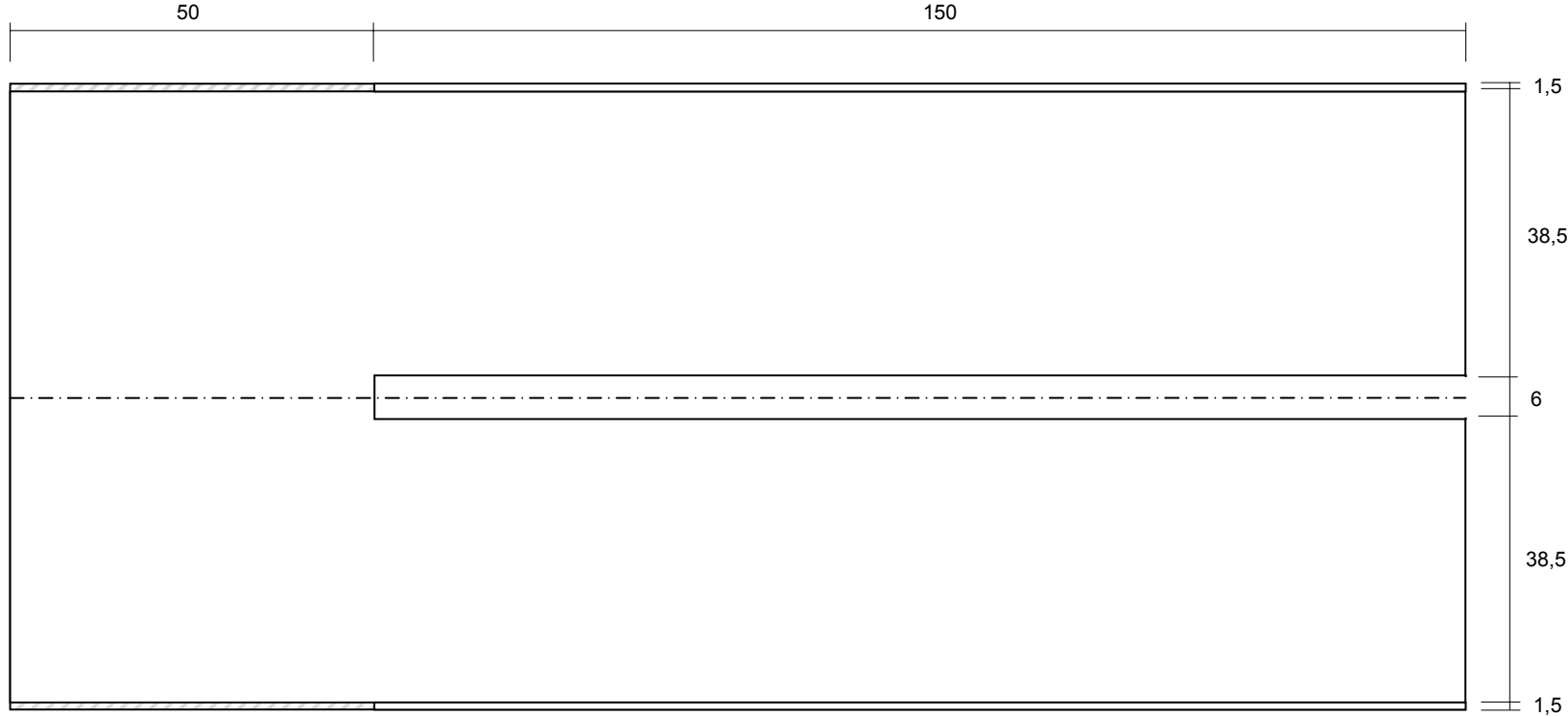


Ref: F001

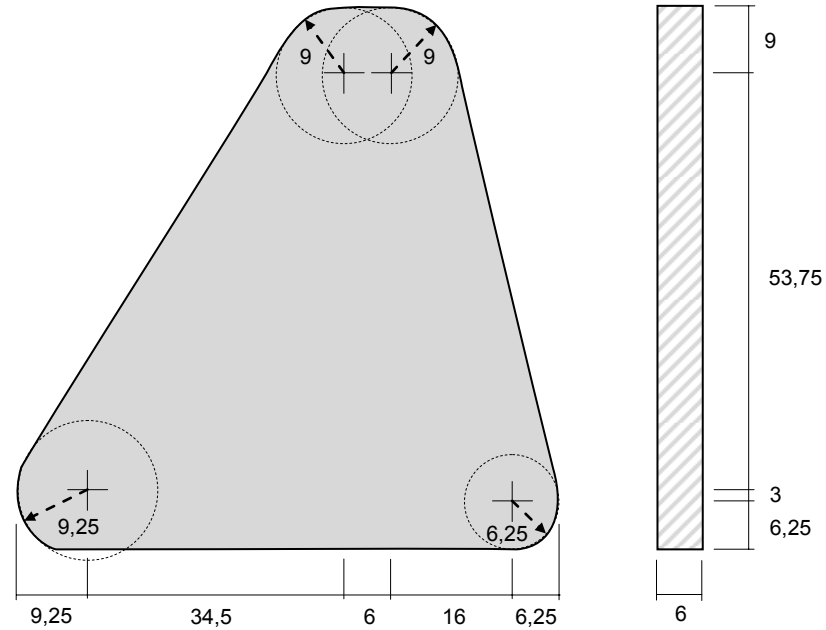


Escala 1:1

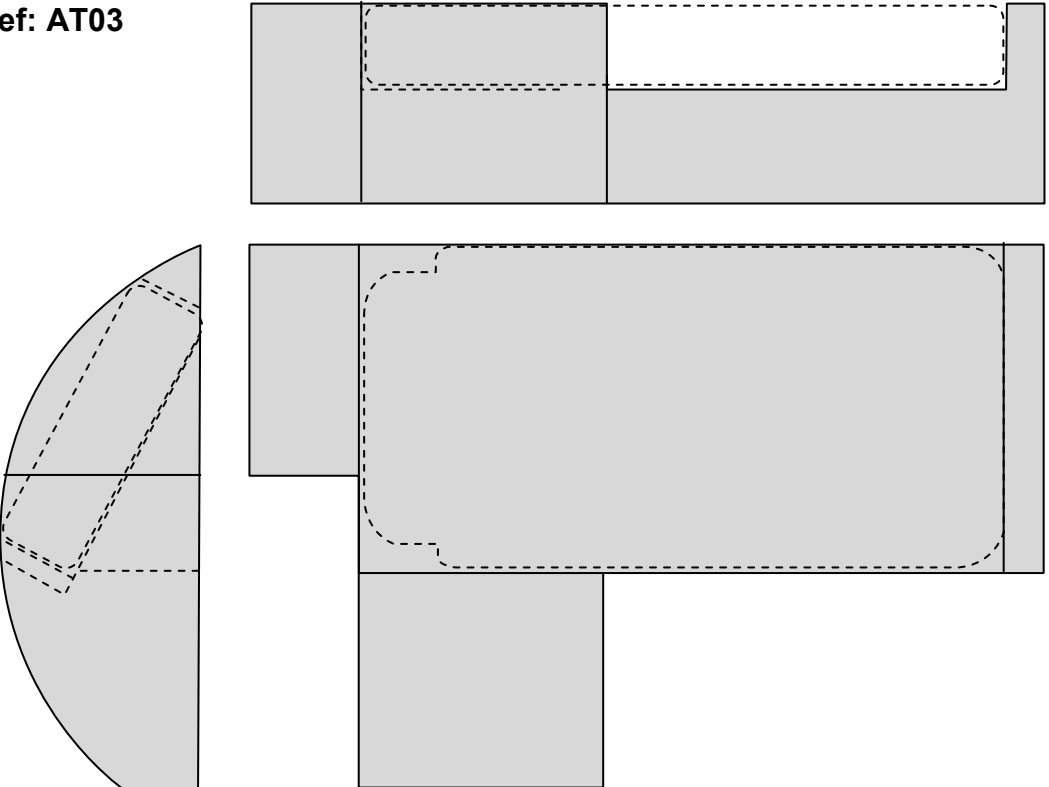
Ref: ST03



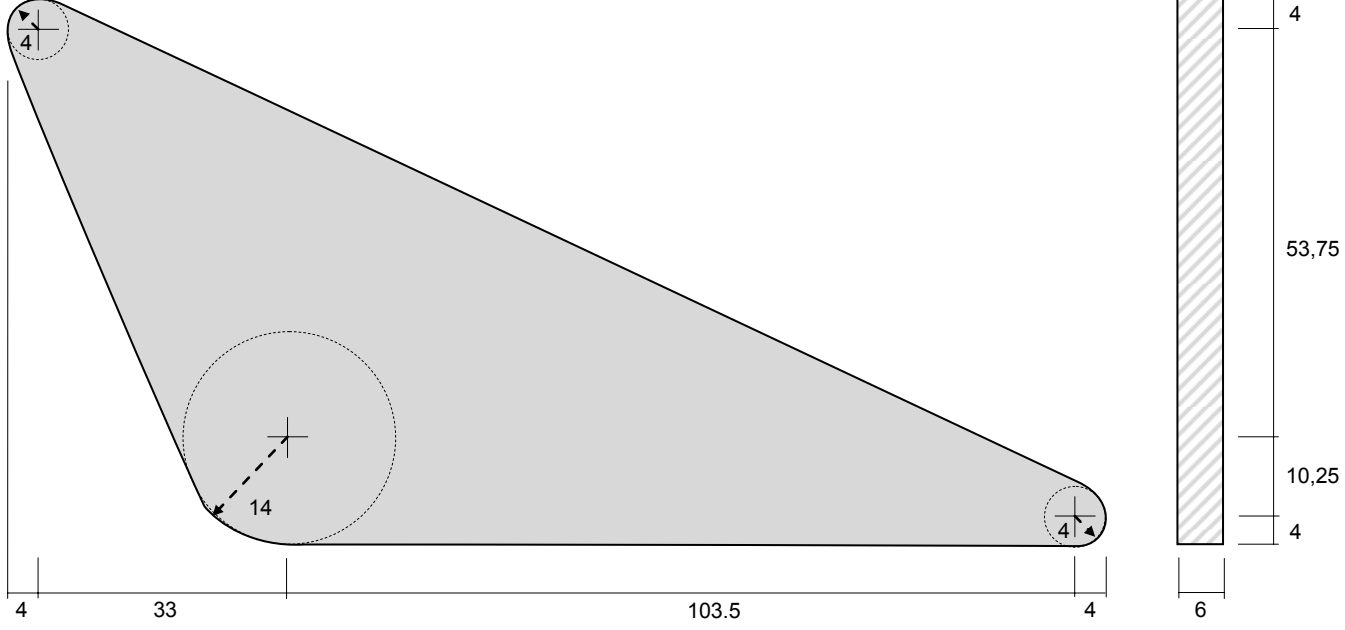
Ref: F002



Ref: AT03

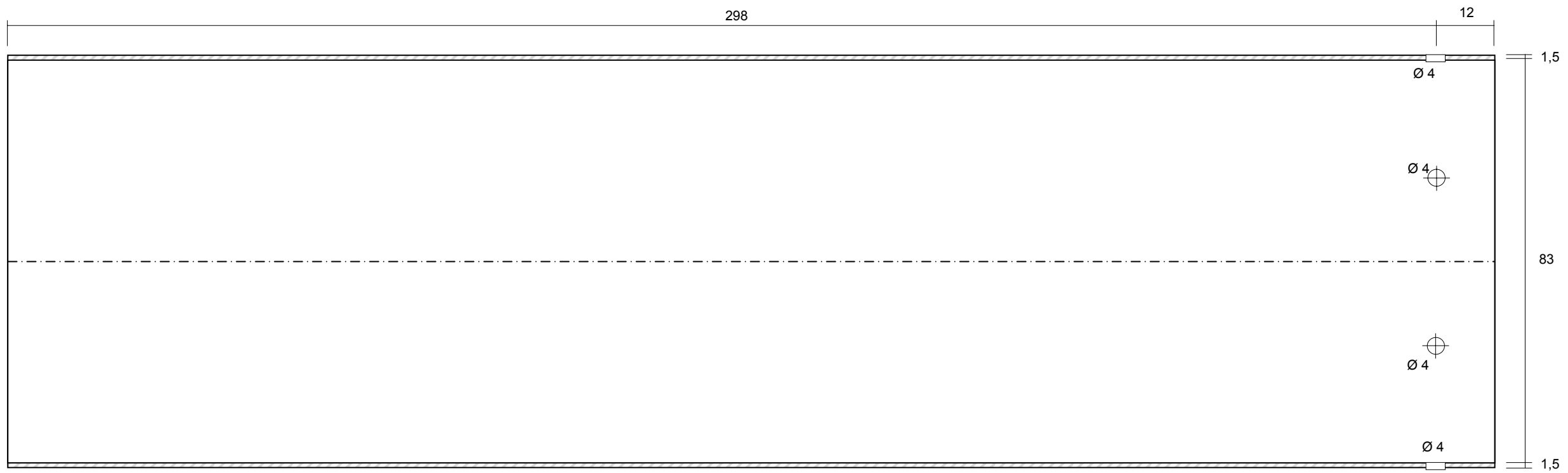


Ref: F003

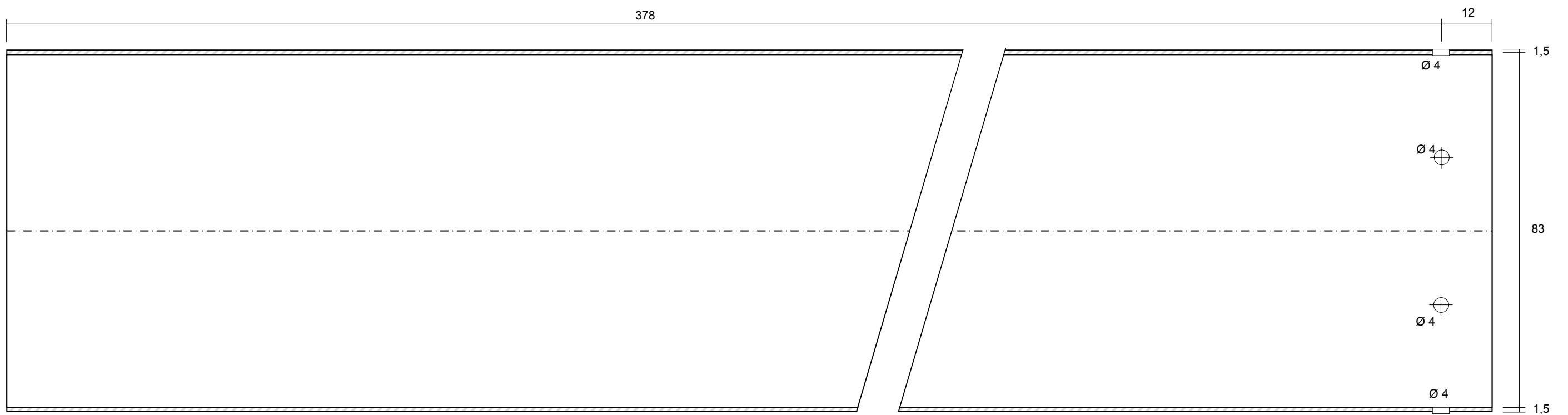


Escala 1:1

Ref: ST04

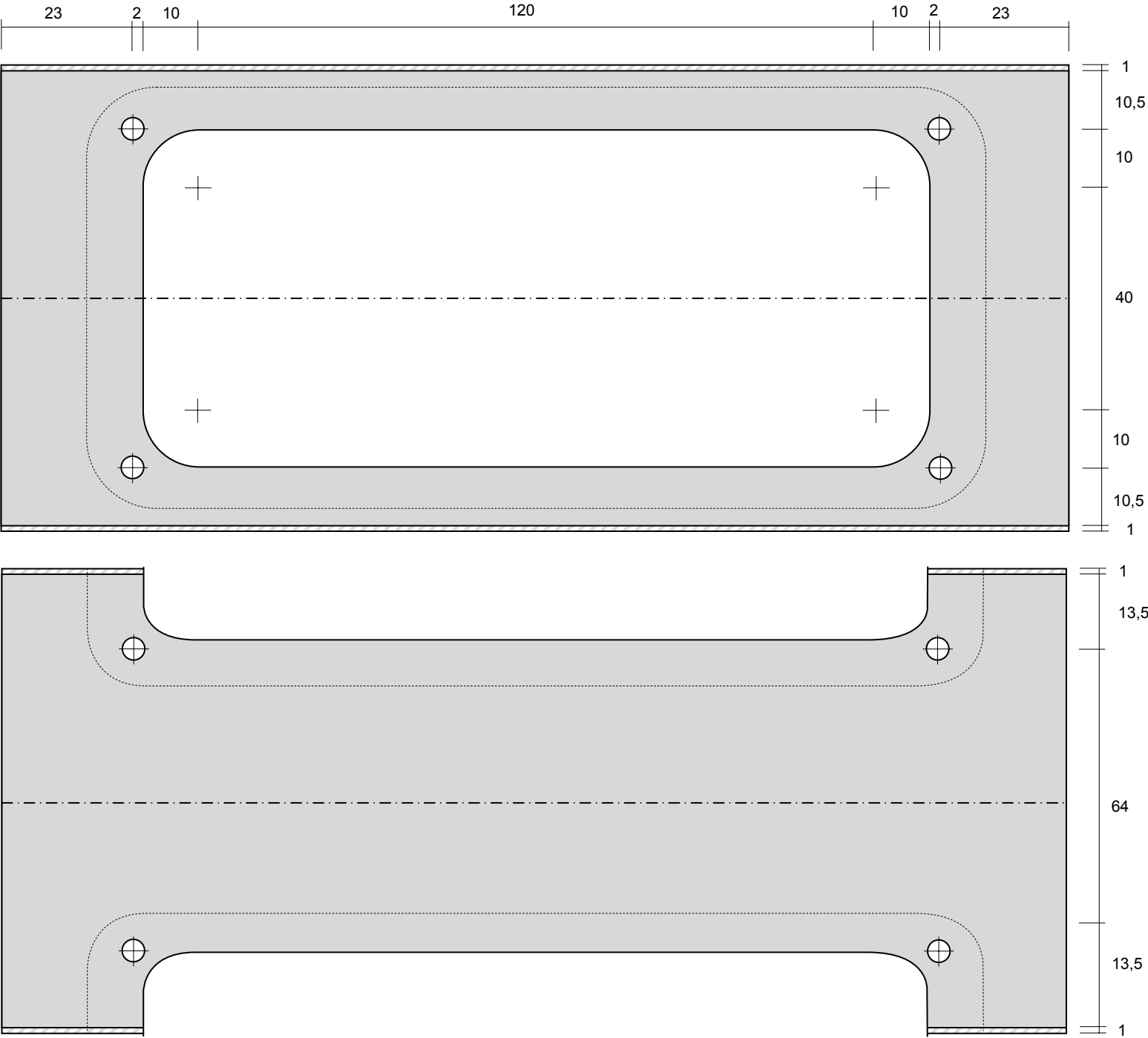


Ref: ST05



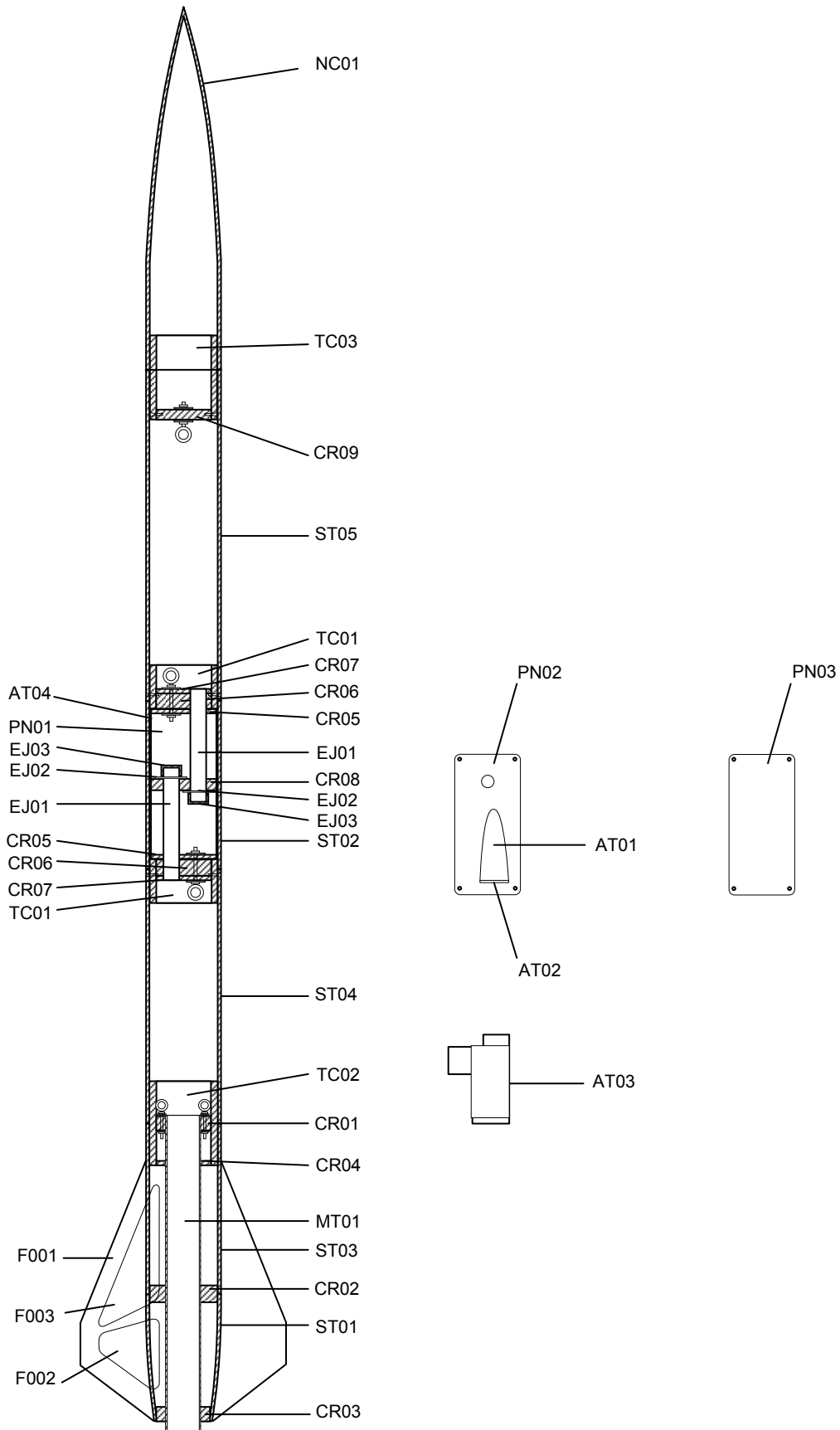
Escala 1:1

Ref: AT04





DISPOSICIÓN DE COMPONENTES

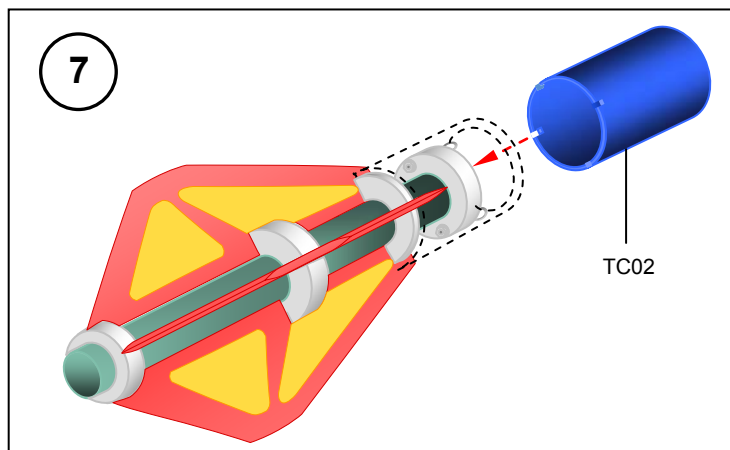
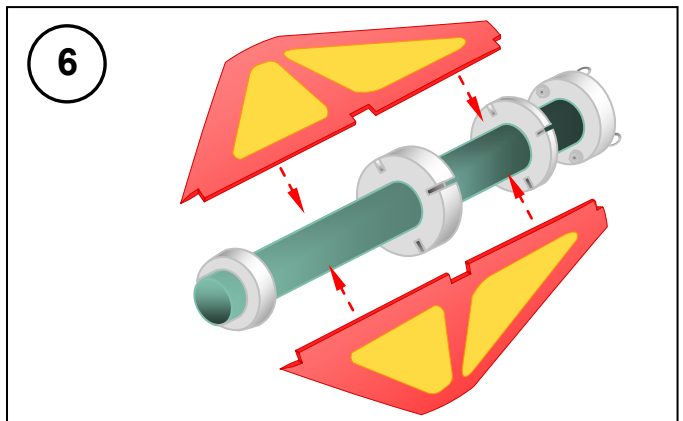
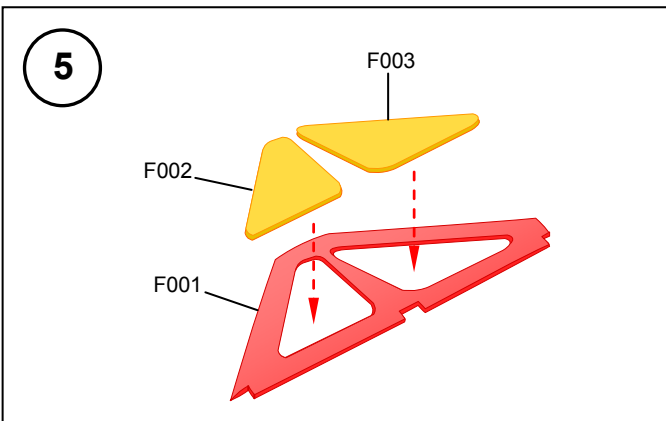
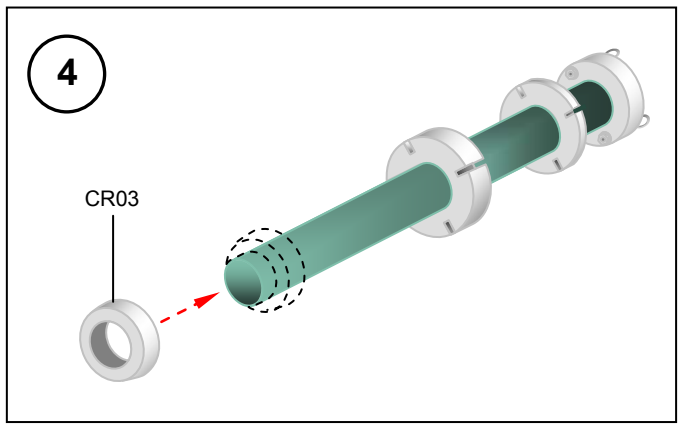
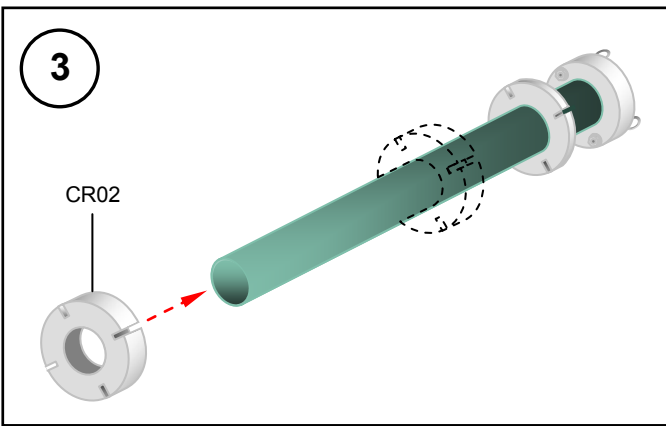
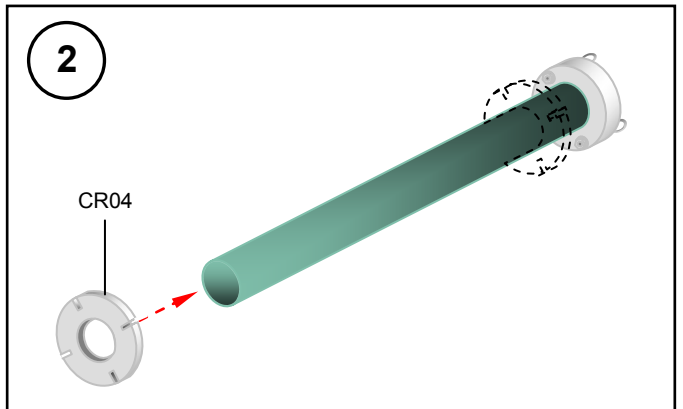
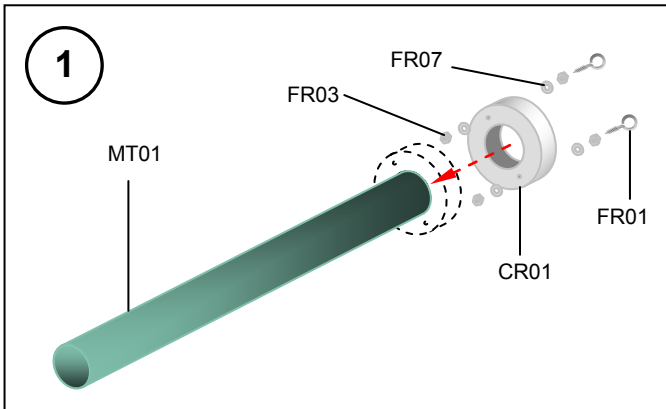


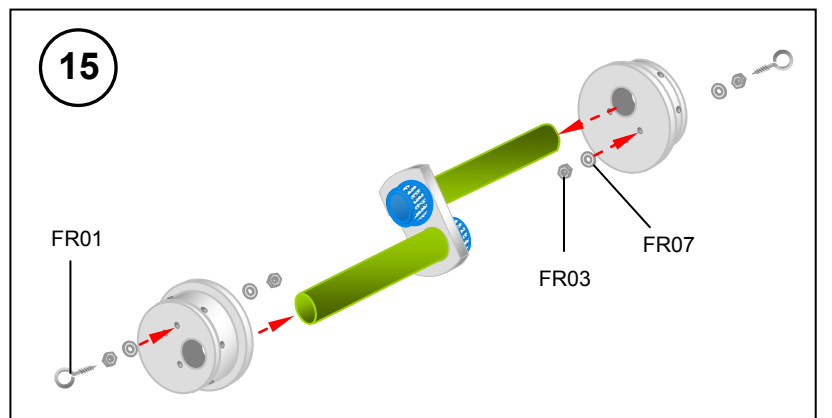
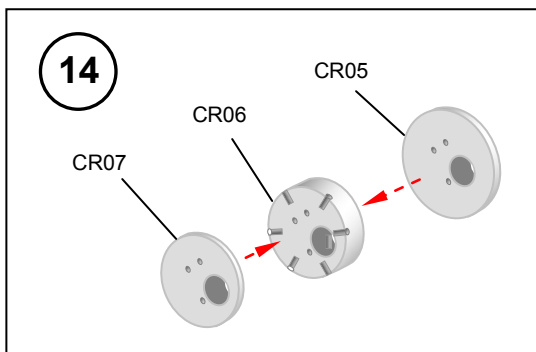
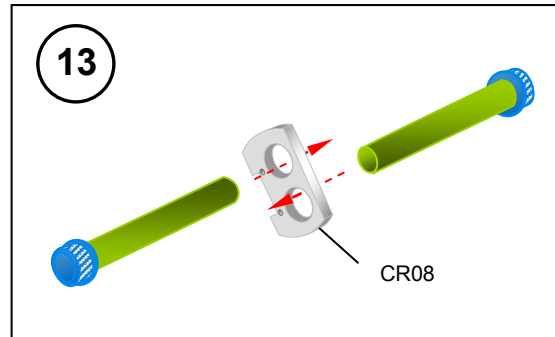
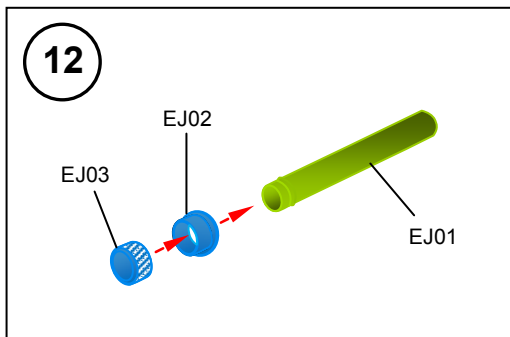
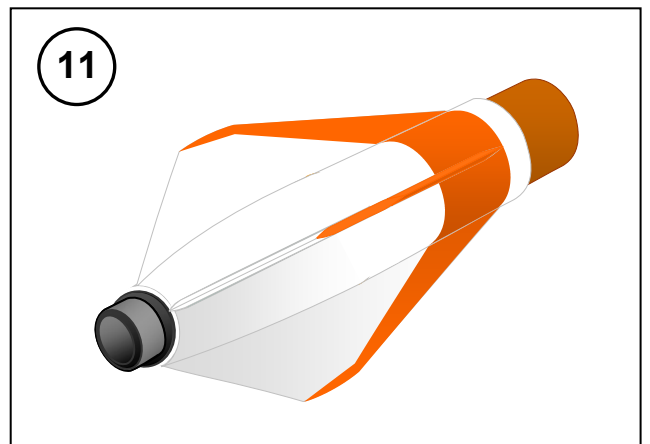
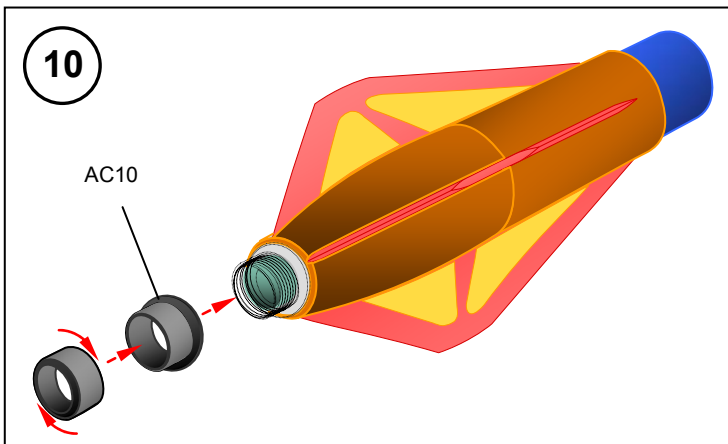
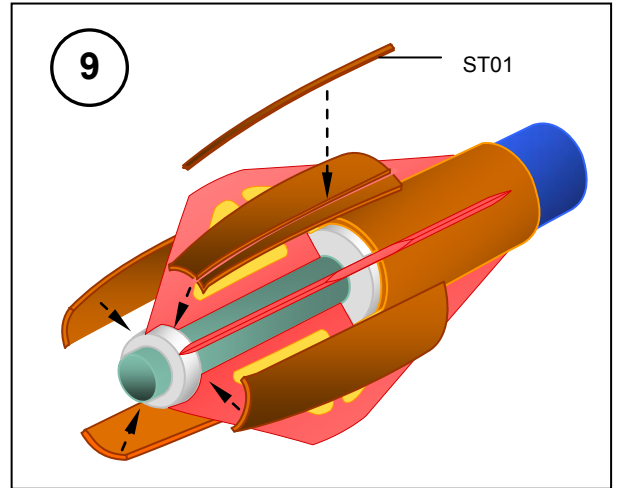
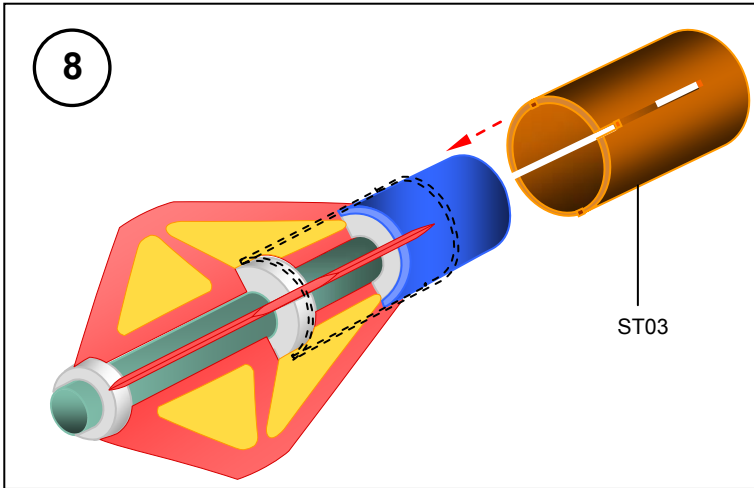
**LIBREA**  
Escala 1:7.416

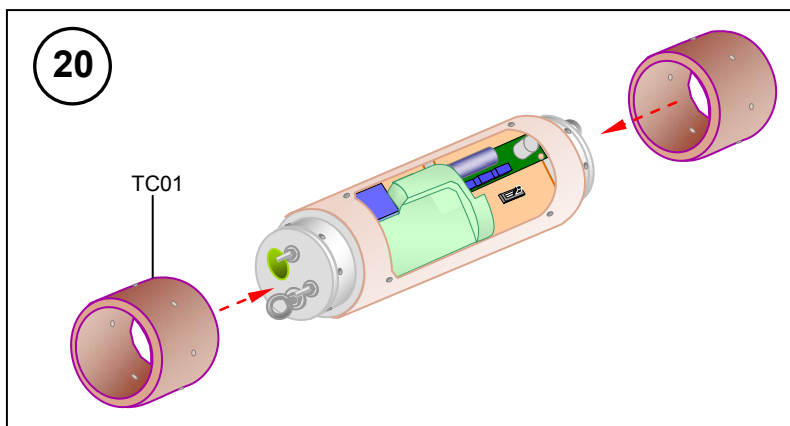
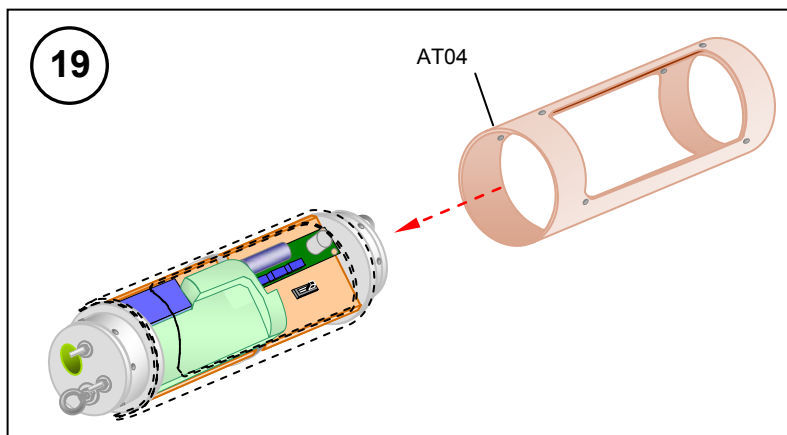
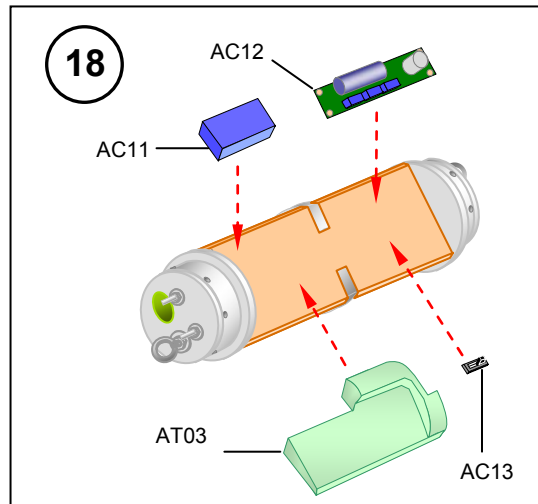
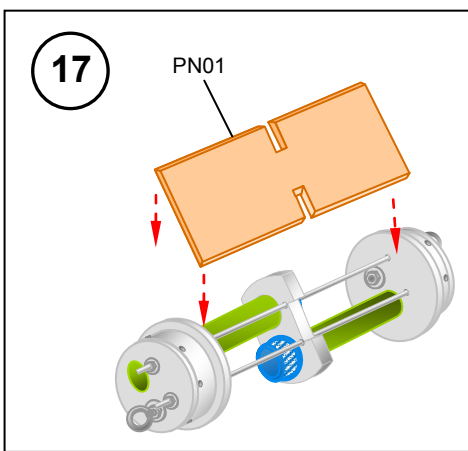
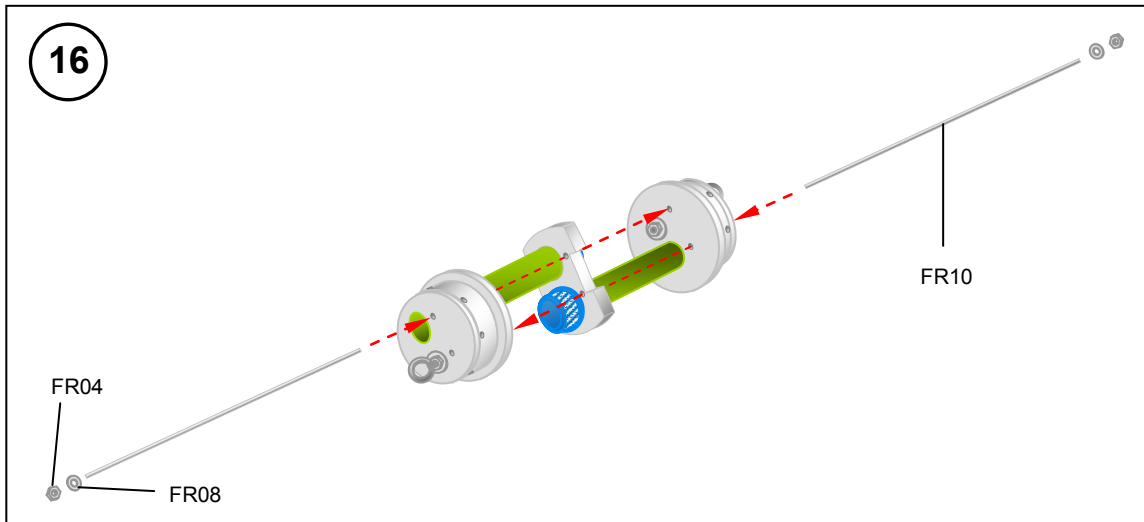


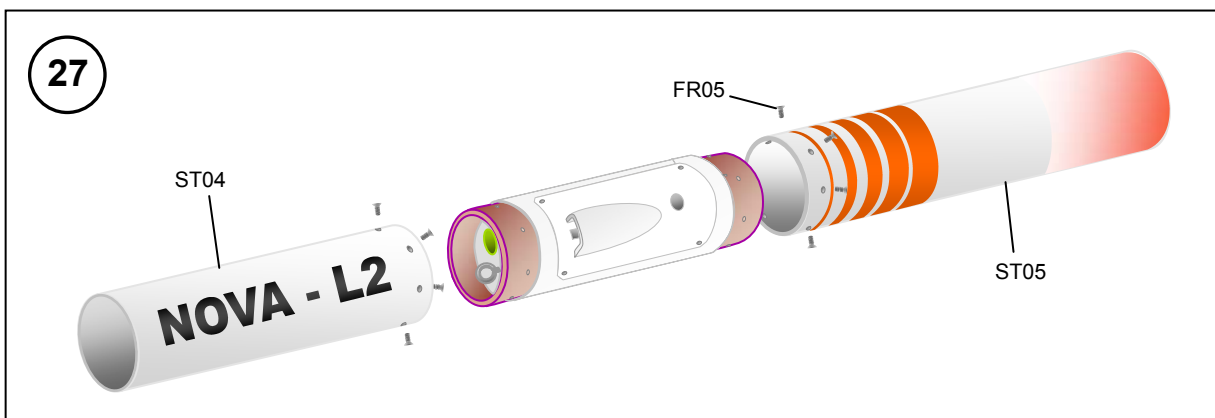
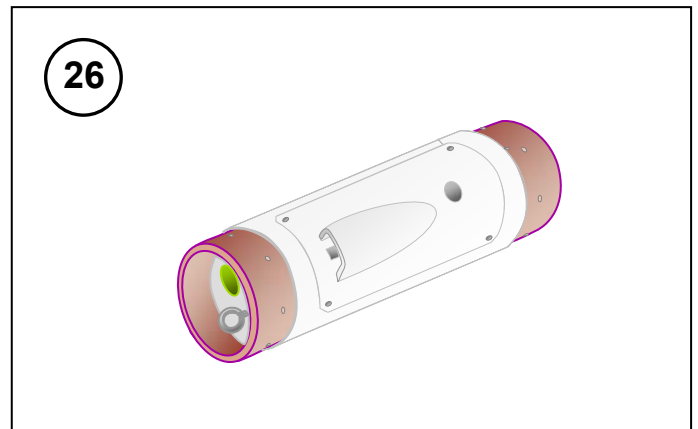
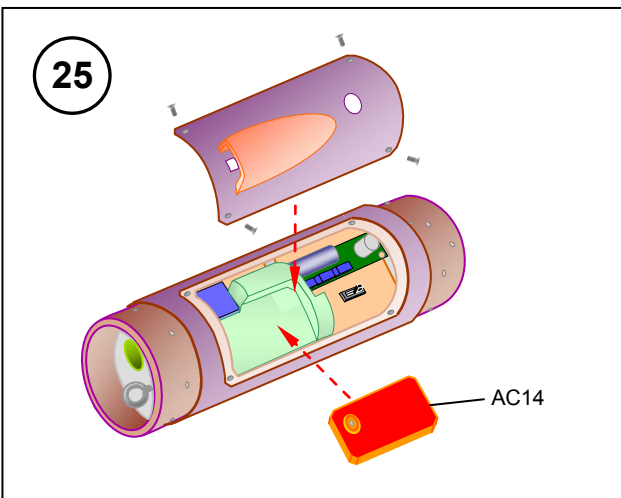
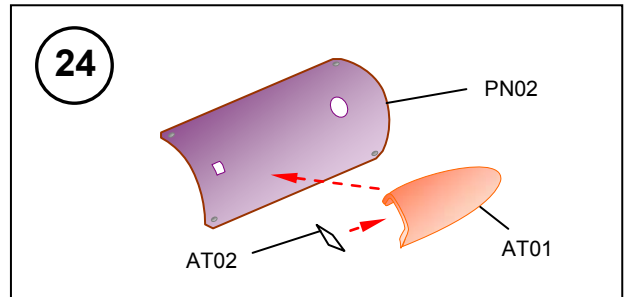
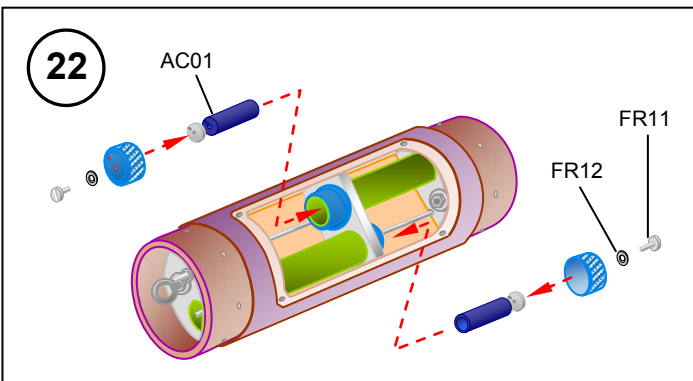
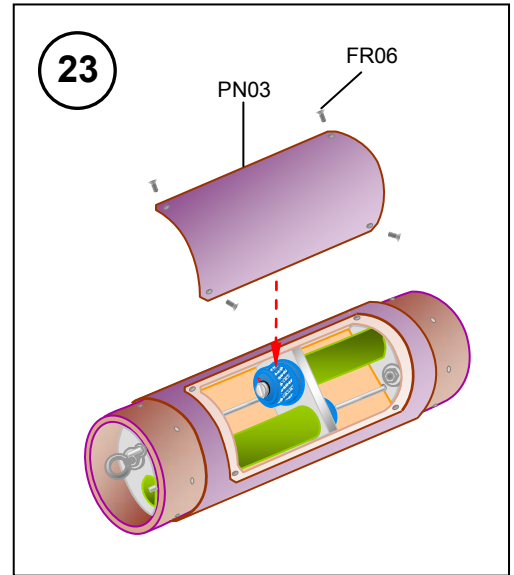
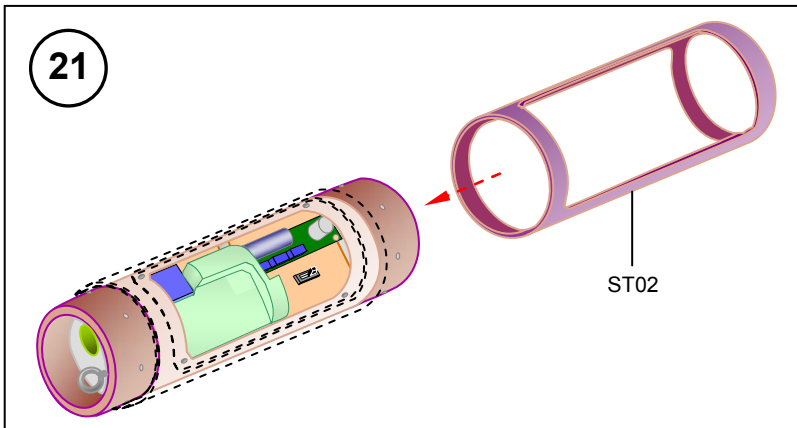
## CONSTRUCCIÓN

Una vez confeccionadas todas las piezas, los pasos realizados para la construcción del NOVA-L2 son los siguientes:

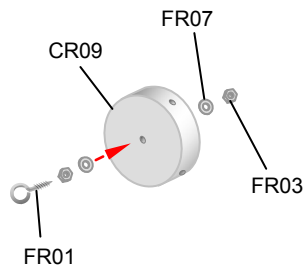




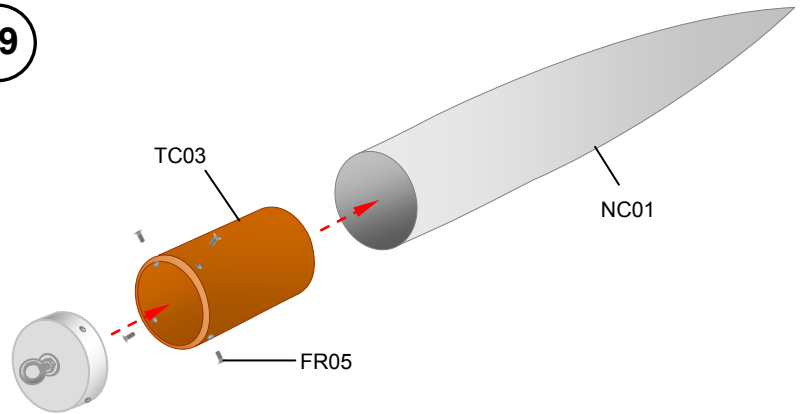




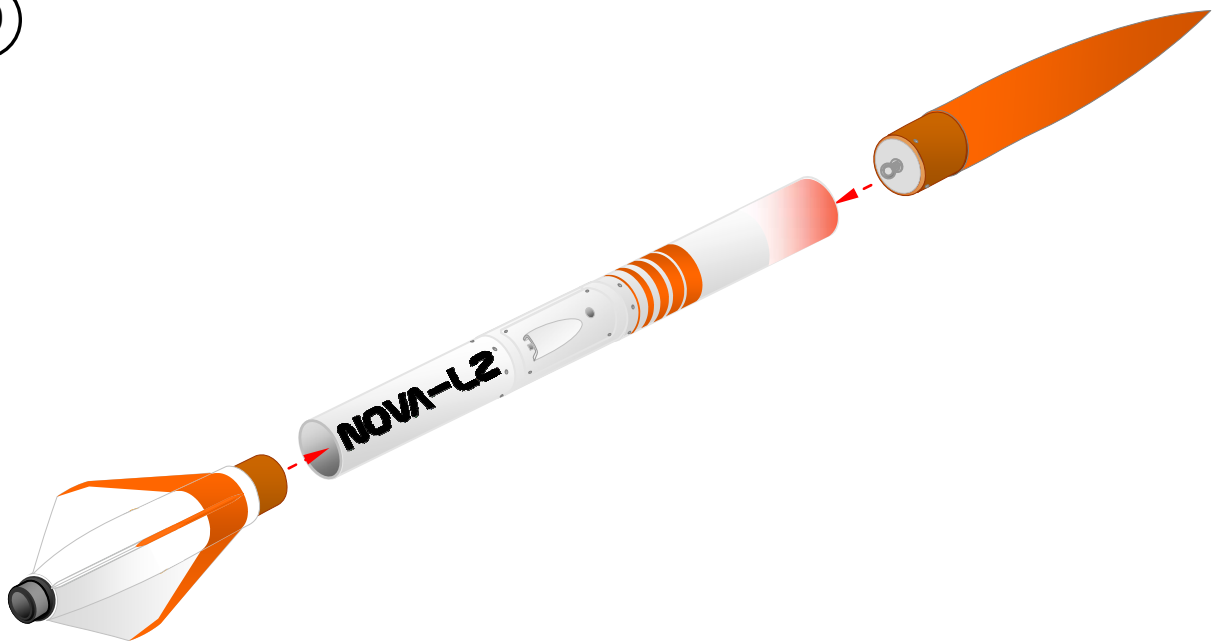
28



29



30



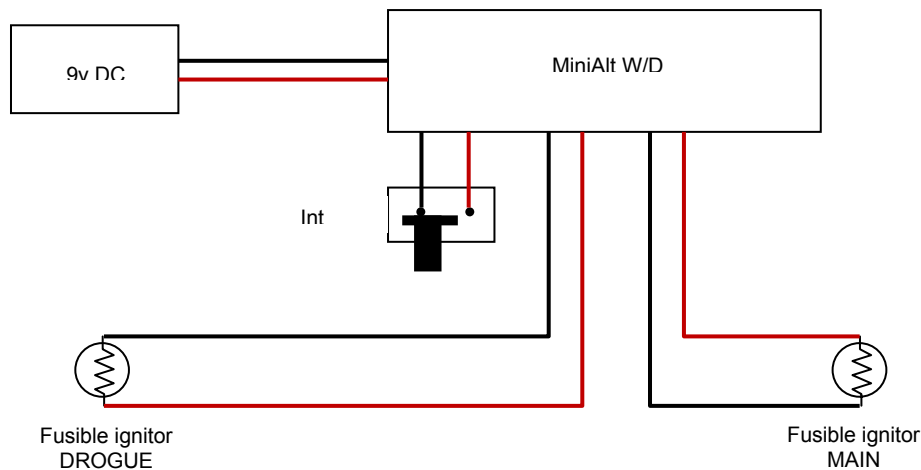
## AVIÓNICA

### Altimetría y eyección del Sistema de recuperación.

El NOVA-L2 está dotado de un solo altímetro MiniAlt W/D de Perfect Flite®, el cual se utilizará para realizar la eyección del drogue en apogeo y del paracaídas principal en altitud programada, es decir, en dos eventos separados. Tanto la eyección del drogue como del paracaídas principal se realizan ambos mediante un sistema pirotécnico.

Este altímetro almacena en memoria flash datos de altitud en pies, y tiempo de vuelo. Estos datos pueden volcarse sobre un PC para su análisis. También indica la altitud máxima alcanzada en el último vuelo realizado.

El esquema de la electrónica montada en la bahía de carga útil es la siguiente:



### Grabación de vídeo a bordo.

El NOVA-L2 también puede dotarse opcionalmente de una mini cámara para grabación de vídeo a bordo. Para ello se ha instalado, en la misma bahía de carga útil, un adaptador hecho a medida para la FlyCamOne v1, que dadas sus reducidas dimensiones y peso la convierten en la cámara idónea para grabar video en aeromodelos y cohetes.

Las características de la FlyCamOne V1 son las siguientes:

- Peso: 24 gr \*
- Tamaño: 85 x 35 x 10 mm
- Frecuencia de cuadro: de 20 puntos básicos
- Resolución de foto: 640 x 480
- Resolución de vídeo: 320 x 240
- Int. Memoria: 8 MB
- Lector de tarjetas de fotos, audio, video, Memory Stick, WebCam
- Batería: 170 mAh Li-Ion
- Ranura para tarjetas: SD / MMC
- USB 1.1
- Tarjeta SD incorporada: 4 Gb.
- Autonomía de grabación vídeo: 2 horas máx.



### Otras opciones posibles.

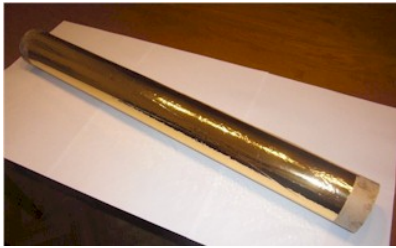
Dado que la ojiva del NOVA-L2 es hueca y accesible a través del anillo de centrado CR09 una vez desmontado, disponemos de un espacio de algo más de 580 cm<sup>3</sup> ó 0,5 l. Que bien podría utilizarse como bahía de carga útil secundaria para incorporar otra electrónica a bordo, tal como un localizador GPRS/FR o Buzzer.



## IMÁGENES FOTOGRÁFICAS

Algunas imágenes tomadas durante la construcción del NOVA-L2.

**Fabricación de los tubos para el fuselaje y la ojiva, con fibra de vidrio 166 gr/m<sup>2</sup> y resina Epoxi.**



1º cubrir el molde con PVC térmico.



2º cubrir con papel vegetal.



3º enfibrar con 2 metros de tela.



4º secado y endurecido en 24 horas.



5º construcción de la ojiva con el mismo proceso anterior.



6º extracción del molde, lijado y acabado de piezas.



**Fabricación de la cola: soporte del motor y aletas.**



1º montaje de los anillos de centrado.



2º corte de las aletas.



3º encastado de refuerzo aletas.



4º encolado y refuerzo con masilla epoxi dos componentes, y enfibrado.  
5º acabado ST01 con madera de manzonía e imprimación dos capas,  
6º lijado y colocación del retén de motor HARM 38 mm. con epoxi térmico.

**Montaje de la sección de carga útil y aviónica.**



1° sistema doble de eyección.



2° aviónica.



3° sección acabada.



4° detalles.

**Montaje de prueba de todos las partes principales y acabado.**



1° unión de secciones ST02/04/05



2° unión del cono, cuerpo y sección de cola.

3° acabado.



**Confección de los paracaídas.**



1° corte con patrón sobre Ripstop Nylon naranja y blanco.  
Se utilizaron dos patrones diferentes, uno para el principal de 1,5 mts. de diámetro y otro patrón para el drogue de 650 mm de diámetro.



2° confección.



3° desplegado



4° doblado



## ANÁLISIS TEÓRICO DE LA ESTABILIDAD

El análisis teórico de la estabilidad del modelo se realizará empleando el software de simulación RockSim v7. Para el cálculo del Centro de Presiones seleccionamos el clásico método Barrowman y el método implementado por RockSim.

La razón por la que se seleccionan ambos métodos es porque el NOVA-L2 dispone de una transición trasera en forma ojival y una superficie de aleta tal que hacen muy complicado el cálculo del Centro de Presiones con el método Barrowman, el cual sólo considera transiciones en forma de tronco cónico y aletas en forma estándar, mientras que las ecuaciones implementadas en la propia aplicación RockSim sí consideran estos aspectos particulares del NOVA-L2.

Ambos métodos servirán para comparar la gran diferencia que existen en sus cálculos para hallar el Centro de Presiones. Sin embargo, para el cálculo del centro de Gravedad, ambos métodos nos van a proporcionar una misma localización, ya que ambos emplean las mismas ecuaciones. Estas ecuaciones emplean el método de cálculo del Centroide en base a considerar que la densidad de cada componente o parte del modelo es uniforme, y en función de su distancia respecto a un punto inicial que se considera siempre desde la punta del cono. En definitiva estas ecuaciones resuelven la localización del Centro de Gravedad del modelo mediante la "Distribución de Fuerzas y Centros de Gravedad" de todos los componentes en conjunto.

Finalmente estos resultados se compararán con los obtenidos por métodos empíricos.

De forma adicional se calculará el Margen de Estabilidad Angular ( $M\alpha$ ). El Margen de Estabilidad Angular nos servirá para determinar en días muy ventosos cual es el AOA máximo que puede tolerar el NOVA-L2, superado el cual el vuelo se convierte en inestable.

Para ello se considera el coeficiente de arrastre aerodinámico del cuerpo para ángulos de ataque (AOA) superiores a  $10^\circ$ , un aspecto que Jim Barrowman no consideró en sus ecuaciones. El Margen de Estabilidad Angular servirá también para determinar, en función del tipo de motor a utilizar, cual es la velocidad máxima de viento lateral recomendada para realizar el vuelo, así como la longitud de rampa adecuada para adquirir suficiente velocidad y garantizar un vuelo estable y seguro del modelo.

## CÁLCULO DEL MARGEN DE ESTABILIDAD ANGULAR (Mα)

En el supuesto caso de que el modelo se incline excesivamente durante el vuelo, con un AOA superior a 10° debido al viento lateral en el instante de abandonar la rampa de lanzamiento, el **Margen de estabilidad angular** (Mα) nos indicará cual es la inclinación AOA máxima a partir de la cual el NOVA-L2 puede ser inestable en dicho instante.

El **Mα** es un valor en grados decimales que resulta de la aplicación del coeficiente de arrastre en un cuerpo cilíndrico (CN<sub>α</sub>)<sub>b</sub>, expresada como una función no lineal. En las ecuaciones de Barrowman se omite este coeficiente, ya que su autor supone que para los modelos que vuelan con un AOA entre 0° y 10° su valor es despreciable.

$$C_{db} = 0.6342 \cdot \left( \frac{L}{D} \right)^{0.1165}$$

$$(C_{N\alpha})_b = \frac{4 \cdot C_{Db} \cdot A \cdot f(\alpha)}{\pi \cdot D^2}$$

$$f(\alpha) = 1.28819 \cdot (\text{Seno } \alpha)^3 + 0.33643 \cdot (\text{Seno } \alpha)^2 + 0.07934 \cdot (\text{Seno } \alpha)$$

**D** Diámetro mayor del fuselaje (mm).

**L** Longitud total del modelo (mm).

**A** Superficie del corte transversal del fuselaje (mm<sup>2</sup>).

Considerando pues el (CN<sub>α</sub>)<sub>b</sub>, e incluyéndola en las ecuaciones de Barrowman para el cálculo de la localización del Centro de Presiones (CP), observamos que para ángulos de ataque AOA próximos a 0°, su valor no varía respecto a las ecuaciones originales del mismo autor, sin embargo, para ángulos superiores a 0° vamos obteniendo valores de CP diferentes.

$$\bar{X} = \frac{(C_{N\alpha})_n \cdot \bar{X}_n + (C_{N\alpha})_{cs} \cdot \bar{X}_{cs} + (C_{N\alpha})_{cb} \cdot \bar{X}_{cb} + (C_{N\alpha})_{fb} \cdot \bar{X}_f + (C_{N\alpha})_b \cdot \bar{X}_b}{C_{N\alpha} + (C_{N\alpha})_b}$$

Barrowman extendido

Trasladando estas ecuaciones a una hoja de cálculo, e introduciendo los datos de diseño del NOVA-L2, obtenemos los siguientes datos:

CP inicial, con AOA 0°: 1256,58 mm.

CG inicial: 1130 mm.

Cnab	Cna	AOA	CP	Margen	Momento de giro
20,0701	29,6453	50°	1.140,42	10,42	209,08
20,8416	30,4169	51°	1.139,01	9,01	187,82
21,6158	31,1911	52°	1.137,67	7,67	165,82
22,3915	31,9667	53°	1.136,39	6,39	143,16
23,1672	32,7424	54°	1.135,18	5,18	119,91
23,9418	33,5170	55°	1.134,02	4,02	96,15
24,7139	34,2891	56°	1.132,91	2,91	71,98
25,4823	35,0575	57°	1.131,86	1,86	47,45
26,2455	35,8208	58°	1.130,86	0,86	22,67
<b>27,0024</b>	<b>36,5776</b>	<b>59°</b>	<b>1.129,91</b>	<b>-0,09</b>	<b>-2,30</b>
27,7515	37,3267	60°	1.129,01	-0,99	-27,38
28,4915	38,0668	61°	1.128,16	-1,84	-52,49
29,2212	38,7964	62°	1.127,35	-2,65	-77,55
29,9392	39,5144	63°	1.126,58	-3,42	-102,49
30,6441	40,2194	64°	1.125,85	-4,15	-127,24

**Nota:** Las distancias del CP y del CG son medidas desde el vértice de la ojiva.

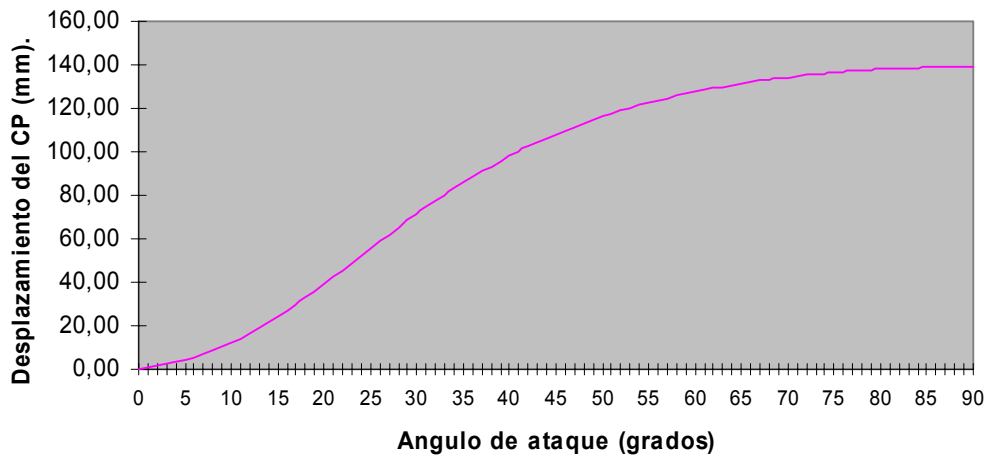
Los resultados obtenidos en la hoja de cálculo indican que con una AOA entre 58° y 59°, la estabilidad del vuelo es neutral, pero a partir de un AOA superior a 58° el vuelo es inestable pues el CP se ha colocado por delante del CG.

El Margen de estabilidad angular ( $M\alpha$ ) para el NOVA-L2 es de 58°.

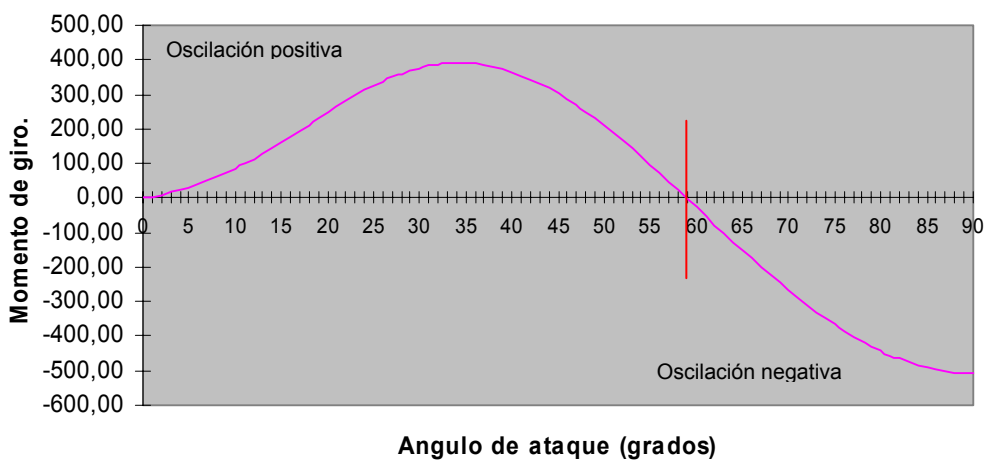
**Nota:** Este valor es una aproximación, y sólo debe ser considerado para el instante de abandonar la rampa de lanzamiento, pues durante la fase de impulso y hasta agotar todo el combustible, el CG también se habrá desplazado hacia el cono, por lo que durante el vuelo el  $M\alpha$  puede ser algo superior a 58°.

**Gráficos**

**Desplazamiento del CP.**



**Margen de estabilidad angular ( $M\alpha$ )**



**Conclusión.**

En cualquier caso, el NOVA-L2 tiene un amplio  $M\alpha$  que garantiza una gran estabilidad frente a un fuerte viento lateral. Este valor nos indica también que el margen de estabilidad es bastante amplio (2,73 calibres) lo cual puede significar que en días muy ventosos el NOVA-L2 se comporte de forma sobre estable y haga el conocido efecto “veleta”, encarando al viento y reduciendo así la altitud máxima que pudiera alcanzar en días sin viento, según simulación (1200 mts. Aprox).

Teniendo en cuenta que la longitud de rampa es de 2 mts, que la velocidad del NOVA-L2 en el momento de abandonar la rampa es de  $V_i=0,933$  m/s, que su margen de estabilidad angular  $M\alpha=58^\circ$ , y siendo  $\alpha'$  el ángulo de ataque potencial debido al viento lateral ( $V_w$ ) incidiendo sobre el modelo:

$$\alpha' = \tan^{-1} ( V_w / V_i )$$

Obtenemos que para diferentes velocidades de viento lateral:

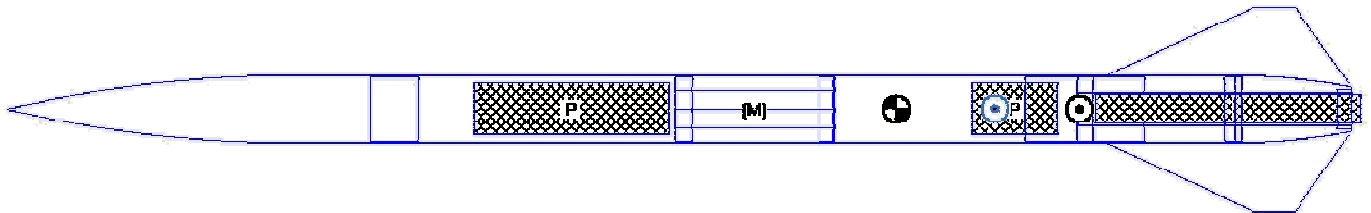
Vw	Vw/Vi	$\alpha'$	$M\alpha - \alpha'$
1	1,07	46,99	11,01
1,1	1,18	49,70	8,30
1,2	1,29	52,13	5,87
1,3	1,39	54,33	3,67
1,4	1,50	56,32	1,68
1,5	1,61	58,12	-0,12
1,6	1,71	59,75	-1,75
1,7	1,82	61,24	-3,24
1,8	1,93	62,60	-4,60
1,9	2,04	63,85	-5,85
2	2,14	64,99	-6,99

Valores de velocidad en m/s.

El cuadro anterior nos indica que en el momento de abandonar la rampa de lanzamiento, no conviene que haya un viento lateral superior a 1,4 m/s ó 5 km/h.

## DISEÑO CON ROCKSIM v7

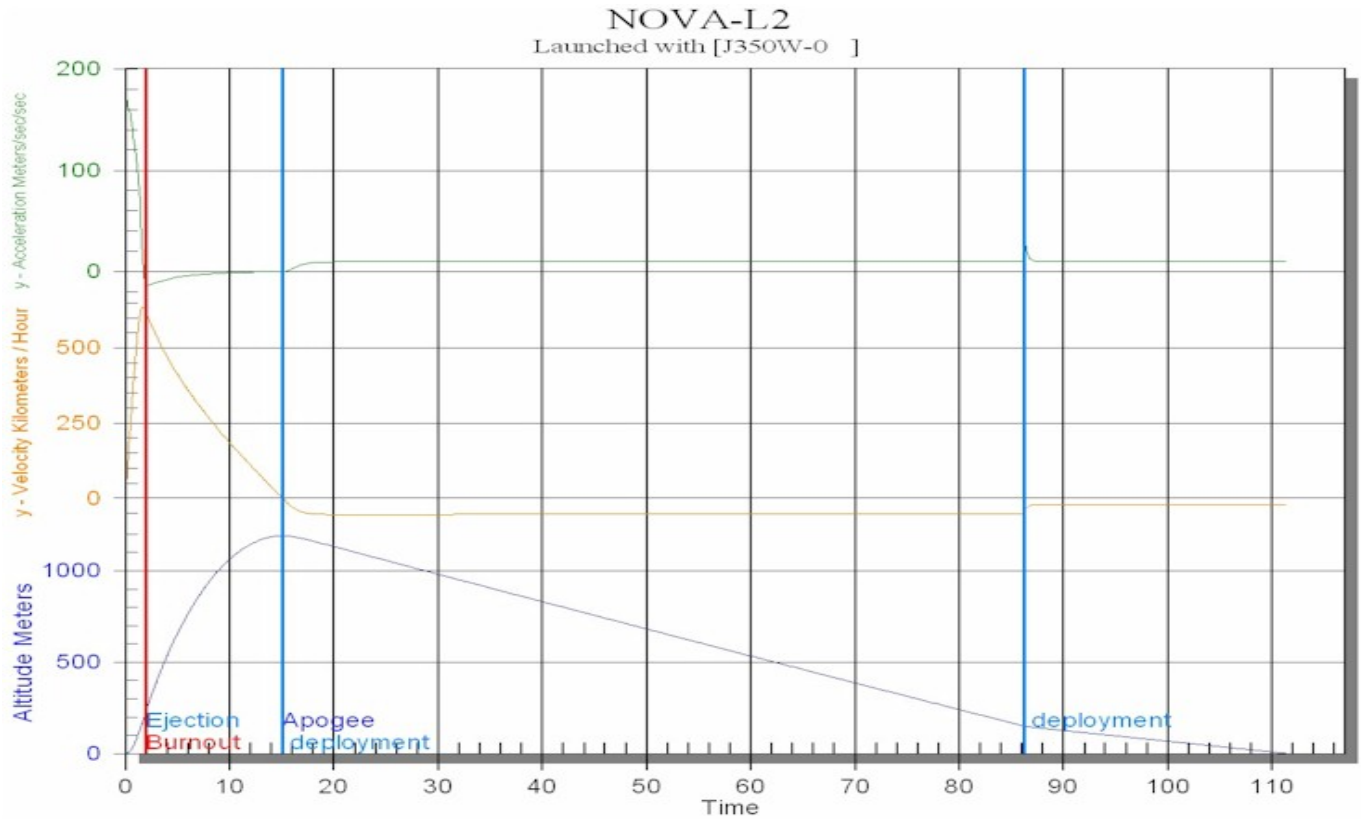
NOVA-L2 Scale: 1/6  
 Rocket length: 1710.000 mm , diameter: 86.000 mm , open diameter: 260.000 mm  
 Rocket mass 3500.069 g , Selected stage mass 3500.069 g  
 Engines: [J350W-0 ]



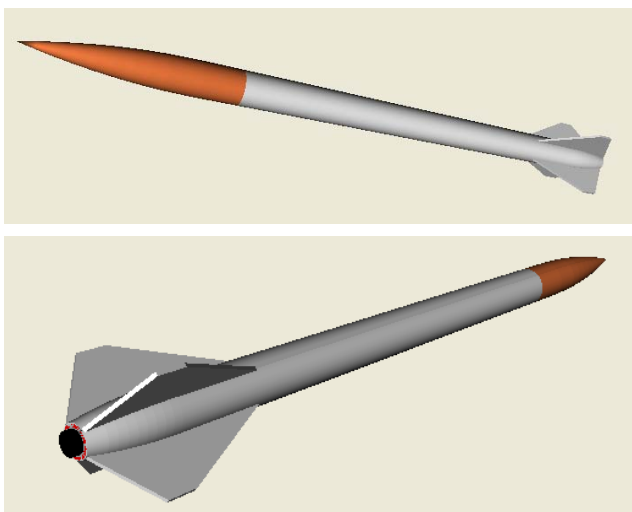
Method	CG mm	CP mm	CNa	Static margin	Analysis
Barrowman	1129.763	1256.066	10.840	1.47	The rocket is stable.
RocketSim	1129.763	1304.145	10.333	2.73	The rocket is over stable.

PERFIL DE VUELO CON ROCKSIM v7

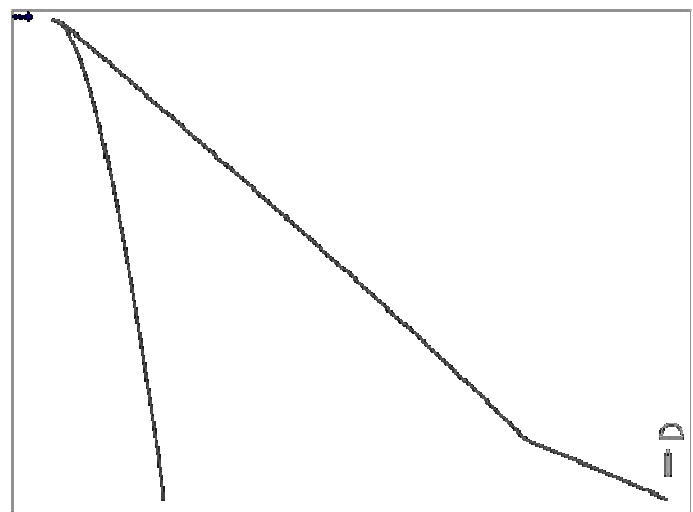
Rocket design attributes		Rocket design components		Mass override	Flight simulations				
Sim #	Results	Engines loaded	Max. Altitude	Max. Velocity	Max. Acceleration	Time to apogee	Velocity at deployment	Altitude at deployment	Optimal delay
			Meters	Kilometers / Hour	Meters/sec/sec	Seconds	Kilometers / Hour	Meters	Seconds
0		[J350W-0 ]	1190.86	636.51	187.06	15.03	5.88	1190.86	13.13



Perfil de vuelo en simulación con RockSim v7.



Vistas 3D del diseño en RockSim v7.



Representación gráfica del vuelo en simulación.

## DATOS DE LA SIMULACIÓN

NOVA-L2 - Simulation results

Engine selection

[J350W-0 ]

Simulation control parameters

Resolution: 800 samples / second.

Simulation method: Explicit Euler.

Simulation execution time: 2.489 Sec.

Launch conditions

Altitude: 0.000 m

Relative humidity: 50.000 %

Temperature: 15.000 Deg. C

Pressure: 0.760 m Hg.

Wind speed model: Calm (0-2 MPH)

Wind turbulence: Fairly constant speed (0.01)

Wind starts at altitude: 0.000 m

Launch guide angle: 0.000 Degrees from vertical

Latitude: 1.571 Degrees

Launch guide data:

Launch guide length: 2.000 mm

Velocity at launch guide departure: 3.358 km/hr

The launch guide was cleared at : 0.005 Seconds

User specified minimum velocity for stable flight: 48.280 km/hr

Minimum velocity for stable flight reached at: 531.801 mm

Max data values:

Maximum acceleration: Vert: 187.062 m/s/s , Horz: 0.077 m/s/s , Magnitude: 187.062 m/s/s

Maximum velocity: Vert: 636.515 km/hr , Horz: 2.577 km/hr , Magnitude: 636.524 km/hr

Maximum range from launch site: 89.616 m

Maximum altitude: 1191.076 m

Engine ejection charge data:

None

Recovery system event data

P: Main Deployed at : 86.190 Seconds

Velocity at deployment: 52.208 km/hr

Altitude at deployment: 149.991 m

Range at deployment: 55.925 m

P: Drogue Deployed at : 15.029 Seconds

Velocity at deployment: 2.203 km/hr

Altitude at deployment: 1191.076 m

Range at deployment: -10.031 m

Time data

Time to burnout: 1.901 Sec.

Time to apogee: 15.029 Sec.

Optimal ejection delay: 13.128 Sec.

Landing data

Successful landing

Time to landing: 111.396 Sec.

Range at landing: 89.616

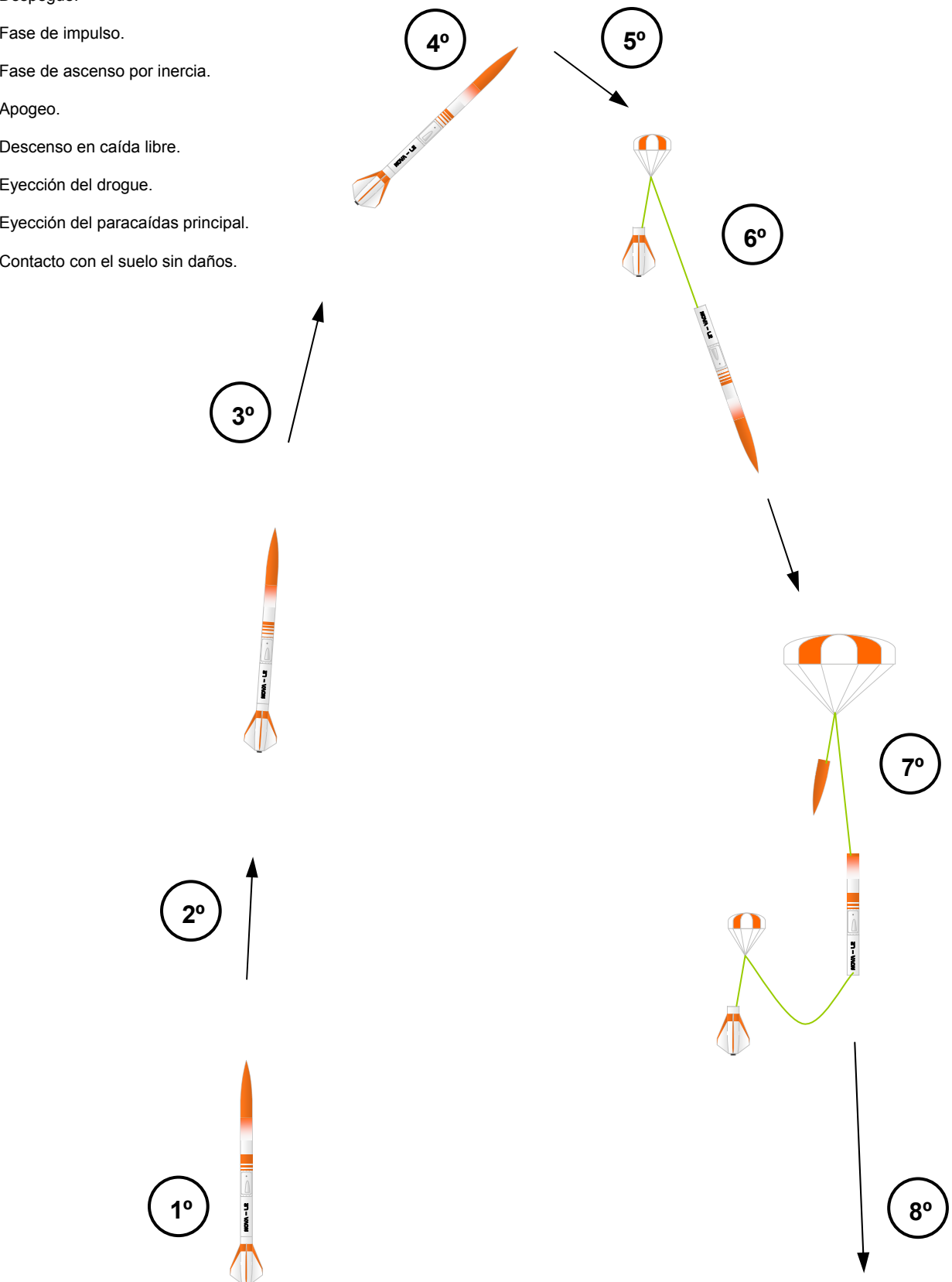
Velocity at landing: Vert: -21.072 km/hr , Horz: 2.577 km/hr , Magnitude: 21.229 km/hr



## ETAPAS DE VUELO

Los eventos que deben producirse desde el lanzamiento hasta la recuperación del NOVA-L2 serán los siguientes:

- 1º.- Despegue.
- 2º.- Fase de impulso.
- 3º.- Fase de ascenso por inercia.
- 4º.- Apogeo.
- 5º.- Descenso en caída libre.
- 6º.- Eyección del drogue.
- 7º.- Eyección del paracaídas principal.
- 8º.- Contacto con el suelo sin daños.



Escala 1:1

NOVA-L2  
3°

▲  
MAIN

▲  
MAIN

▲  
MAIN

▲  
MAIN

▲  
DROGUE

▲  
DROGUE

▲  
DROGUE

▲  
DROGUE

○  
C.P.

○  
C.G.

○  
C.P.

○  
C.G.

○  
C.P.

○  
C.G.

○  
C.P.

○  
C.G.

▲

▲

▲

▲

MAIN

MAIN

▲

▲

▲

▲

DROGUE

DROGUE


**SpainRocketry**



JESUS MANUEL RECUENCO  
Tif. 686258890

JESUS MANUEL RECUENCO  
Tif. 686258890

## BIBLIOGRAFÍA

- “Design Of Aerodinamically Stabilized Free Rockets”, Military Handbook, Department Of Defense USA 1990.
- “The Theoretical Prediction Of The Center Of Pressure”, James S. & Judith A. Barrowman Report NARAM-8, 1966.
- “Consejos Útiles para laminar con Epoxi”,  **Composites**
- “Wind Instability, What Barrowman Left Out”, Robert Galejs. Article in magazine.
- “Extending The Barrowman Method For Large Angles Of Attack”. Edward V.LaBudde 1999. Westlake Village, CA 91362

## LISTA DE COMPROBACIÓN

### NOVA-L2 en zona de preparación.

- 1.- Anclaje de un extremo de la cinta 1 con la sección de carga útil lado "Main".
- 2.- Anclaje de un extremo de la cinta 2 y saco ignífugo con la sección de carga útil lado "Drogue".
- 3.- Sujeción del paño ignífugo en la cinta 1.
- 4.- Anclaje del otro extremo de la cinta 1 con la ojiva.
- 5.- Sujeción del paracaídas principal en la ojiva.
- 6.- Anclaje del otro extremo de la cinta 2 con la sección de cola.
- 7.- Sujeción del Drogue en la sección de cola.
- 8.- Comprobar altímetro apagado.
- 9.- Comprobar programación de eyección del paracaídas principal en el altímetro.
- 10.- Conexión del ignitor para eyección del paracaídas principal con el altímetro.
- 11.- Conexión del ignitor para eyección del Drogue con el altímetro.
- 12.- Cierre de tapa lado eyectores.
- 13.- Cierre de tapa lado altímetro.
- 14.- Motor instalado sin ignitor.
- 15.- Ignitor del motor sujeto en el fuselaje.
- 16.- Ignitor de reserva en el bolsillo.
- 17.- Herramientas y tornillos cortos de reserva en el bolsillo.
- 18.- Cámara de video FlyCamOne v1 en el bolsillo.

### NOVA-L2 en rampa de lanzamiento.

- 1.- Tapa lado altímetro abierta.
- 2.- Video cámara FlyCamOne v1 grabando vídeo.
- 3.- Video cámara FlyCamOne v1 en su ubicación.
- 3.- Altímetro encendido.
- 4.- Cierre de tapa lado altímetro.
- 5.- Ignitor de motor instalado.
- 6.- Comprobar seguridad en ON de centralita.
- 7.- Conectar terminales del ignitor de motor.

LISTO PARA EL LANZAMIENTO

## **DATOS REGISTRADOS POR EL ALTÍMETRO**

Una vez recuperado el NOVA-L2, los datos de vuelo real obtenido por el altímetro instalado a bordo son los siguientes:

Gráfica Altitud/Tiempo:

## **RESULTADO DE LA PRUEBA.**