

Proyecto de construcción de un modelo de cohete para certificación L3



POR JOSE LUIS SANCHEZ LORENTE
TRA 10310

Proyecto de construcción de un modelo de cohete para certificación L3

Autor: José Luis Sánchez Lorente.
TRA 10310

El presente anteproyecto tiene por objeto establecer las líneas generales básicas para construcción de un modelo de cohete para la obtención de la certificación L3 según las normas establecidas por la **Tripoli Rocketry Association, Inc.**

El modelo de cohete seleccionado es una reproducción del Kit de Public Missiles Ltd. Endeavour sobredimensionado para conseguir las condiciones requeridas por las normas de certificación L3 de Tripoli. Se ha optado por este modelo dado su sencillez de construcción y robustez así como por sus nobles características de vuelo debido a sus proporciones físicas de longitud/diámetro, que facilitan un adecuado reparto de masas que garantizan su estabilidad en vuelo.

Características técnicas y dimensiones:

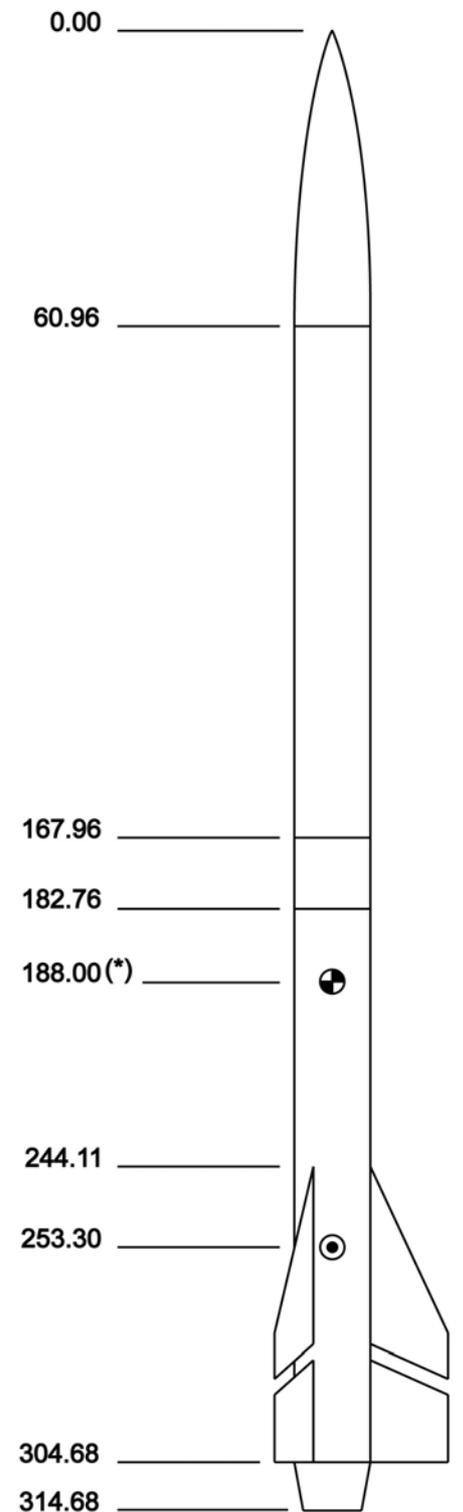
Estáticas:

Longitud Total	3,150 m
Diámetro	156,5 mm
Envergadura	430 mm
Peso del cohete en rampa:	21.8
Motor Aerotech	M 1297W

Dinámicas:

Coefficiente de resistencia estimado:	0.75
Velocidad de salida de rampa	
Velocidad máxima prevista:	210 m/s
Altitud máxima prevista:	1900 m
Aceleración máxima prevista:	8.58

(*) Posición del CG sin el motor)



DIMENSIONS

(*) Without motor

Determinación del centro de gravedad y de presiones.

Para el cálculo del centro de presiones se ha utilizado la aplicación informática Rocksim 8 y se ha aplicado el algoritmo de propiedad de Apogee para el calculo del centro de presiones así como los métodos de Barrowman para el calculo de estabilidad. El cálculo se ha realizado considerando distintas hipótesis de condiciones atmosféricas incluyendo condiciones en las que no se podría realizar el lanzamiento según las normas de Trípoli.

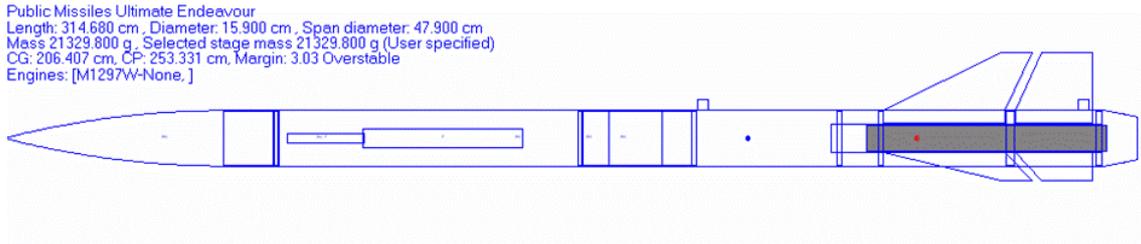


Fig. 1 Simulación del CP and CG con Rocksim.

Perfil de vuelo con el motor previsto para la certificación.

La simulación se ha realizado en distintas condiciones ambientales para comprobar la estabilidad en un amplio abanico de posibilidades. La siguiente grafica indica algunos de los parámetros del vuelo para dicho motor

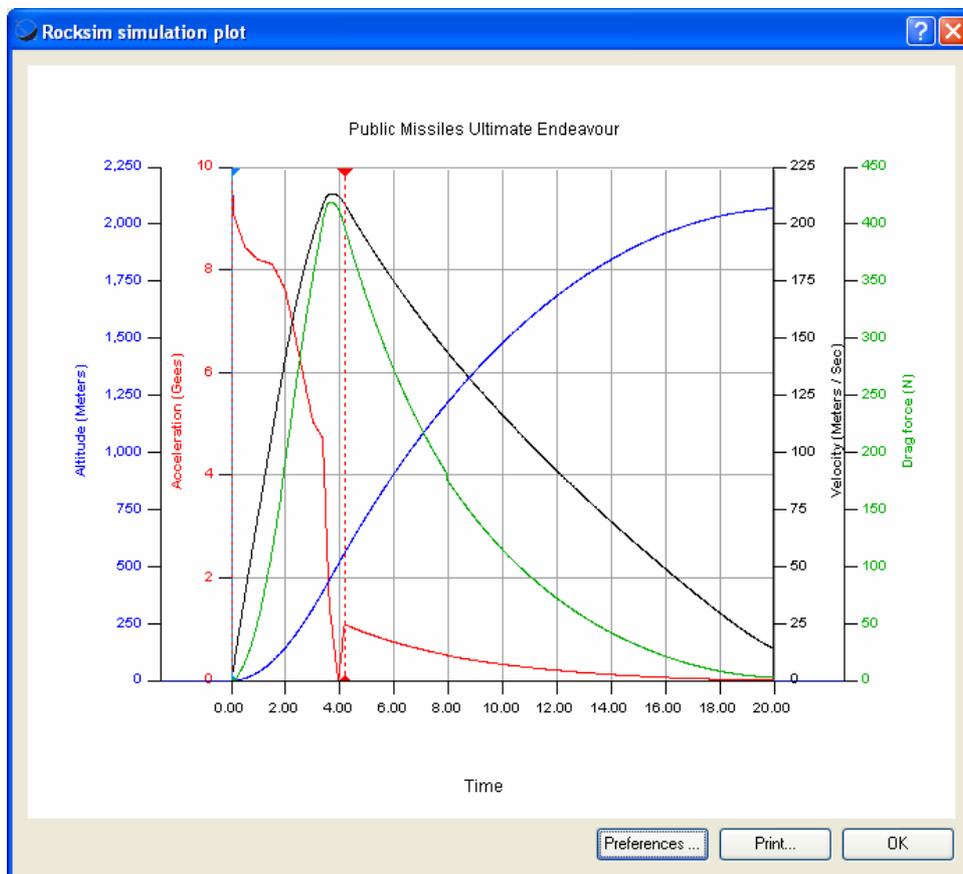
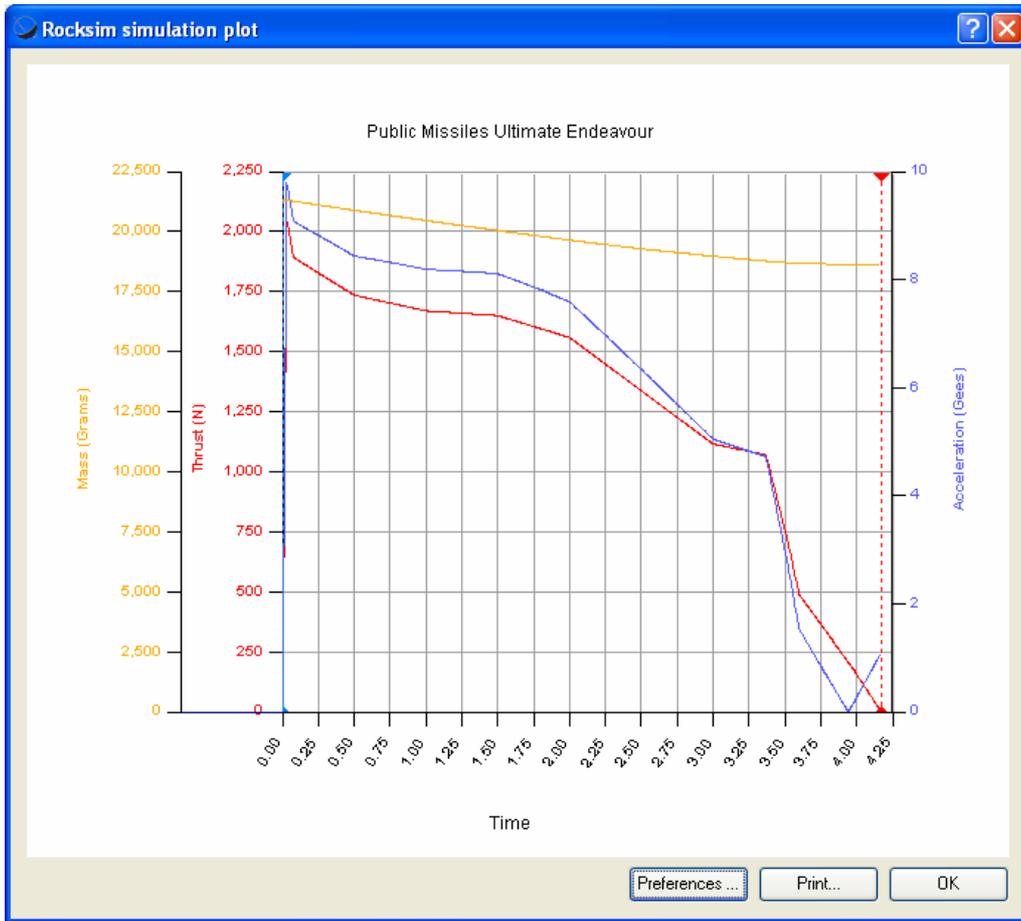


Fig. 2 Perfil de vuelo



Relación empuje - peso

Nota:

Este gráfico ha sido añadido después de la finalización del proyecto por requerimiento de los TAP.

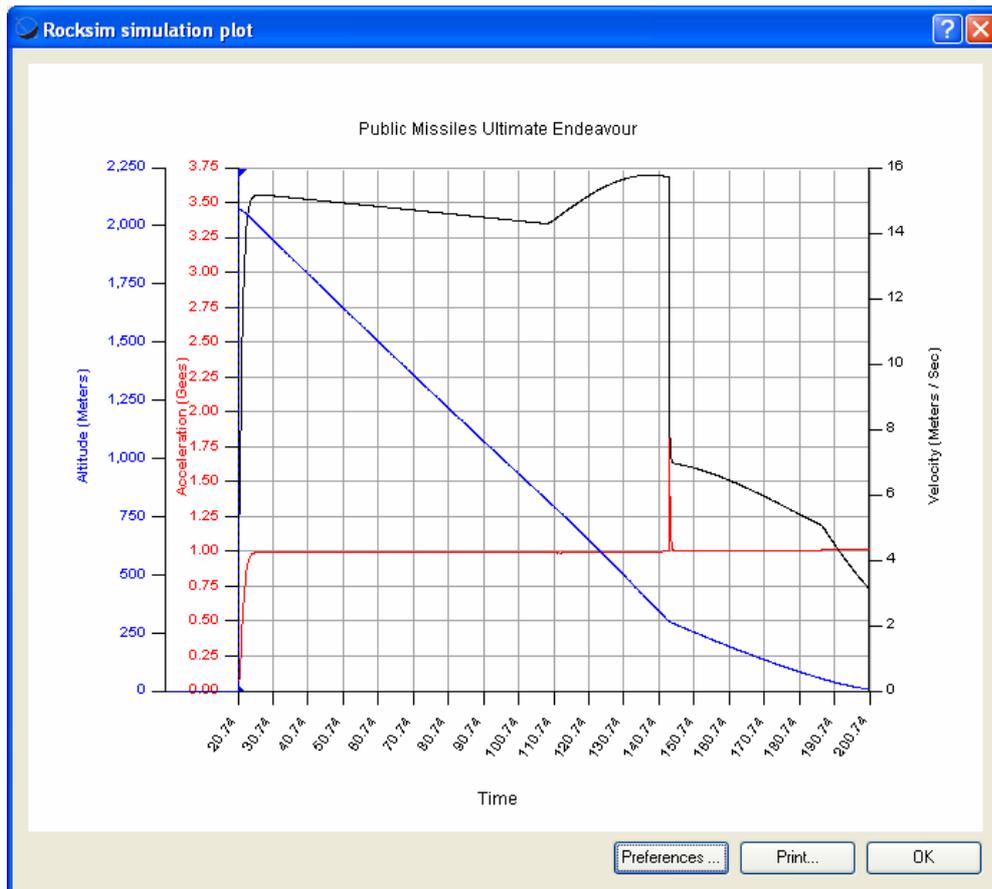


Fig. 3 Perfil de vuelo

Planta motriz.

La planta motriz estará constituida por un motor tipo M 1297W, un tubo porta motor de 75 mm. fenólico de la firma PML y cinco anillos de centrando de contrachapado de abedul fabricados con tres capas de 5 mm. cada uno laminados con fibra de vidrio de 280 gr. y epoxi que les confiere una extremada resistencia mecánica, asimismo incorporan alojamientos fresados para las aletas (Ver Fig. 4)

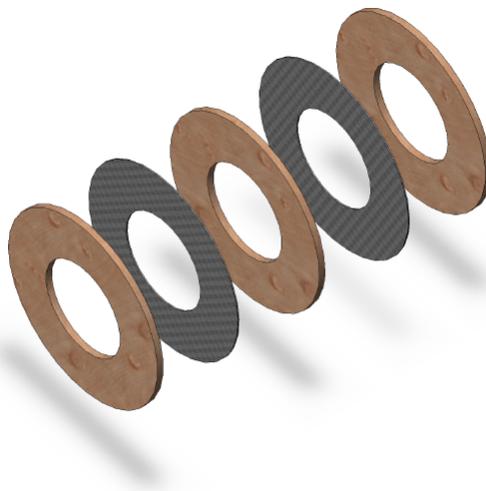


Fig. 4 Composición de los anillos centradores

Estos anillos encolados con epoxi al tubo porta motor, estarán unidos a su vez mediante tirantes de acero roscado M5 enfundados en tubo de aluminio de 6 mm. para evitar eventuales flexiones. Todo el conjunto queda totalmente fijado mediante sus correspondientes tuercas y arandelas (Ver Fig. 5)

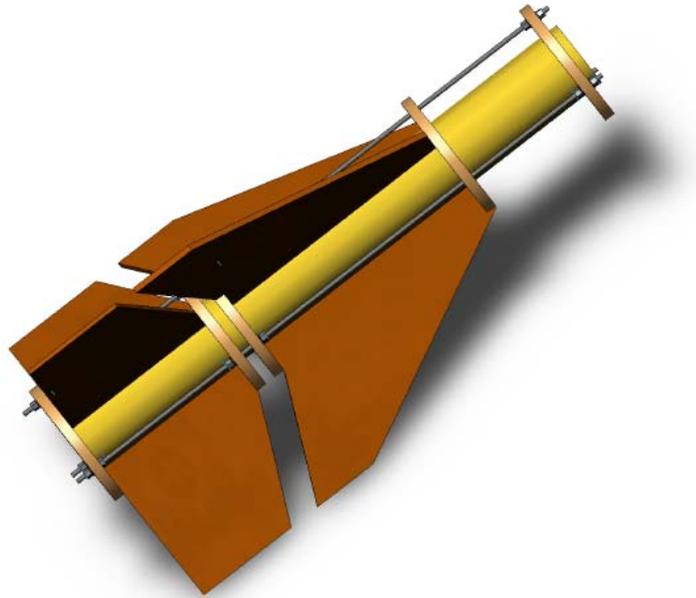


Fig. 5 Conjunto aletas porta motor

Todos los anillos disponen de un canal perimetral para facilitar la circulación del epoxi en el proceso de su encolado al fuselaje. El anillo de empuje, situado en el extremo inferior del cohete, estará laminado con fibra de carbono y portará un retenedor de motor tipo 75mm-P de la firma Aero Pack Inc. Este conjunto de motor incorporará un juego de seis aletas alineadas dos a dos encastradas en sus respectivos alojamientos en los anillos de centrado, serán fabricadas en contrachapado de abedul homologado para aviación (de igual tipo al utilizado en la construcción de los anillos), formado por dos láminas de 3 mm. con laminado interno de fibra de vidrio de 280 gr. m/2 y epoxi (Ver Fig. 6) .

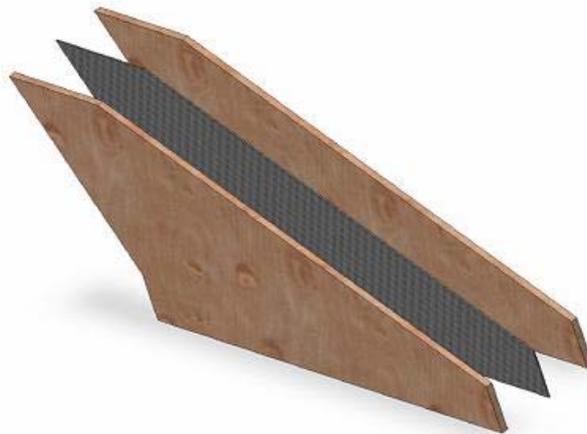


Figura 6 Composición de las aletas

Las aletas se encolarán, en primer lugar al tubo porta motor y en sus alojamientos existentes en los anillos, seguidamente se laminarán "tip to tip" con fibra de vidrio de 280gr.m/2 y epoxi incluyendo el tubo porta motor. En el proceso de montaje de las aletas se empleará una plantilla para la correcta alineación de las mismas.

Porta motor y aletas.



Fig. 7 Alineado de las aletas inferiores y encolado con epoxi.



Fig. 8 Alineado de las aletas superiores.



Fig. 9 Se han aplicado juntas de epoxi a las aletas antes del laminado, pueden verse las barras roscadas de reparto de cargas.



Fig. 10 Laminado de punta a punta de las aletas con fibra de vidrio de 6 oz. Y epoxi.

Joined of the fins



Extended detail



Centerrings

Fig. 11 Detalle del montaje de las aletas.



Fig. 12 Botón superior de rail fabricado en Delrin.



Fig. 13 Retenedor de motor Aeropak de 75 mm.



Fig. 14. Botón de rail inferior fabricado en Delrin.

Fuselaje:

El fuselaje consta de dos tubos de material fenólico PML de 6" (150 mm.). El inferior de una longitud de 1069 mm. y el superior de 1219 mm. , ambos ensamblados mediante un tubo acoplador PML que a su vez sirve de compartimiento de electrónica. La unión de las dos secciones del fuselaje al tubo acoplador está garantizada por 16 tornillos M5 Din 7991 de acero inoxidable AISI-304 INOX 18/10 A-2. Todos los tubos que conforman el fuselaje están reforzados exteriormente con un laminado al vacío de dos capas de fibra de vidrio de 280 gr./m² y epoxi. (Ver fig. 15 a 21).

Laminado del fuselaje con fibra de vidrio y epoxi.



Fig.15 Impregnado del tejido de fibra



Fig. 16 Se enrolla el tubo con la fibra de vidrio impregnada de epoxi.



Fig. 17 Ajuste de la fibra de vidrio.



Fig. 18 Segundo laminado de fibra.



Fig. 19 El último laminado se cubre de una capa del pil-ply desechable para un mejor acabado final.



Fig. 20 Luego se introduce en una bolsa de vacío.

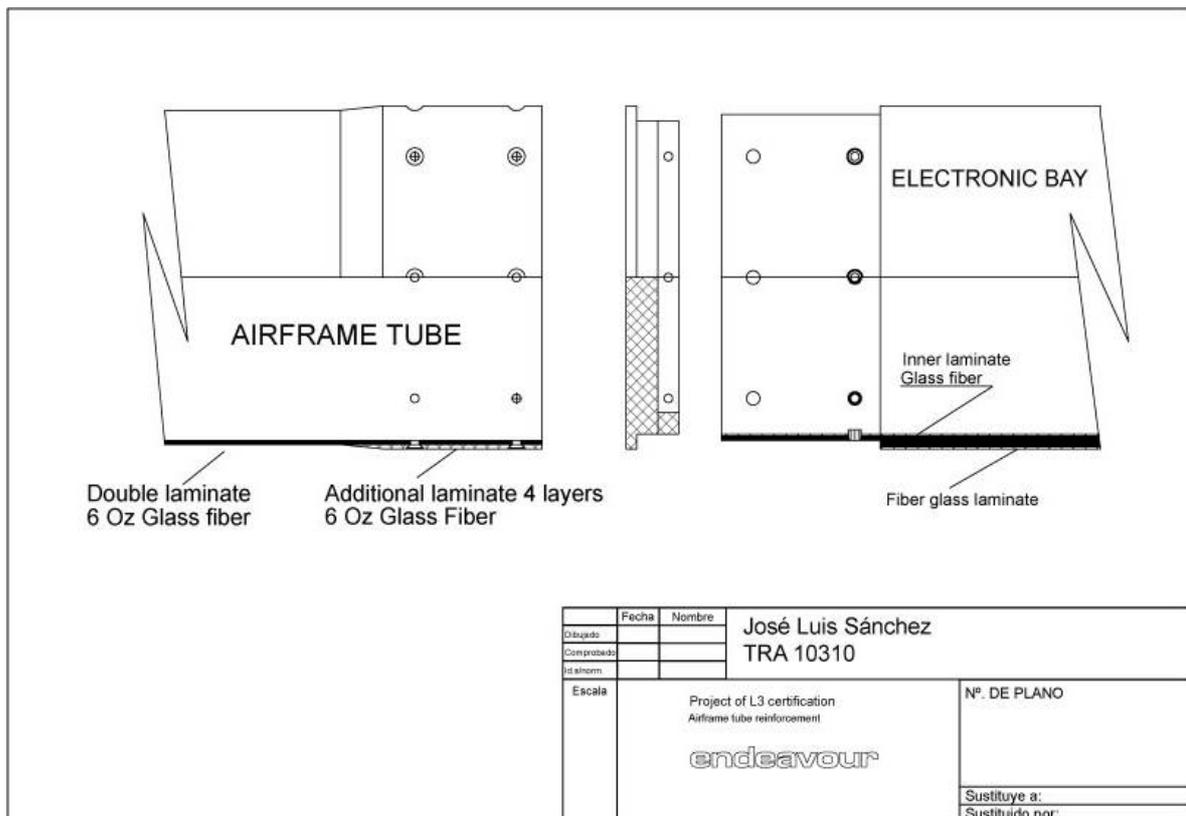


Fig. 21 Refuerzo del fuselaje.

Compartimiento de electrónica:

El compartimiento de electrónica y tubo de ensamblaje o acoplador, está realizado con tubo fenólico de la firma PML Ref.CT-6.0 de 12" (304.8 mm.) de longitud y una sección exterior de tubo de fuselaje de Ref. PT6 de 150 mm. de longitud encolado coaxialmente al mismo y centrados ambos. Tanto la superficie interior como la exterior se han laminado con dos capas de fibra de vidrio de 280 gr. m/2 y epoxi.

Las tapas de cierre del compartimiento estará realizadas siguiendo el mismo proceso de construcción de las aletas y anillos de centrado, es decir tres planchas de contrachapado de abedul de 5 mm. encoladas y laminadas con fibra de vidrio y epoxi por ambas caras, el sistema de cierre de las tapas es del tipo machihembrado.

Ambas tapas incorporan por su cara interior, un anillo de aluminio de sección cuadrangular de 10x10 mm. fijado a las mismas mediante 8 tornillos M5 Din 7991 de acero inoxidable AISI-304 INOX 18/10 A-2 cuyo objetivo es servir de elemento de fijación de los tornillos de ensamblaje de las dos secciones del fuselaje.

El conjunto tapas se cierran mediante cuatro tirantes de varilla roscada M5 enfundados en tubo de latón de 6 mm. que a su vez hacen de soporte de la balda de electrónica. En la tapa superior del compartimiento de electrónica se han previsto dos pasa cables tipo prensaestopas para la salida de los cables de los sistemas de expulsión pirotécnica, así como de los sistemas de anclaje de las líneas de paracaídas (Chok cord) consistentes en dos abarcones "U-bolt" de acero inoxidable M6 con una resistencia de 22 Kn y el retenedor ARRD. (Ver Fig. 22, 27 a 30)



Fig. 22 Bodega de electrónica.

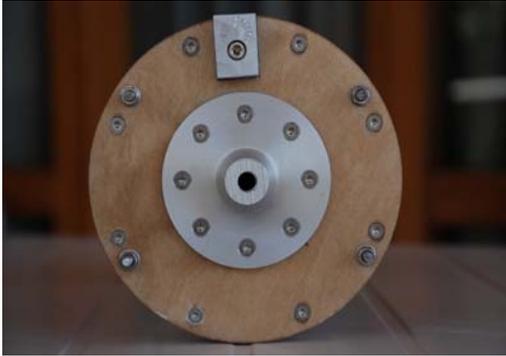


Fig. 23 Tuerca de aluminio M10.



Fig. 24 Placa de aluminio.



Fig. 25 Tuerca remachada y encolada con epoxi.



Fig. 26 Las dos secciones del fuselaje se unen a la bodega de electrónica mediante 32 tornillos de acero inoxidable M4 Din 7991.



Fig. 27 Etapa de potencia en el interior de la bodega, en el lado izquierdo de la imagen puede verse el soporte del boton del rail.

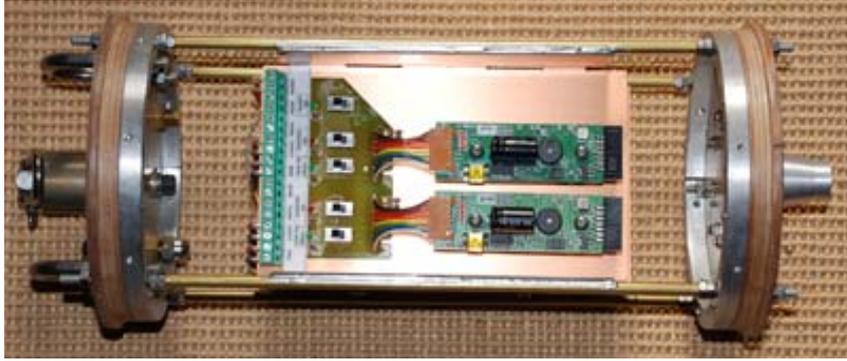


Fig.28 Sección de ordenadores de vuelo en el interior de la bodega de electrónica. En la foto dos ordenadores RDAS instalados.



Fig.29 Bodega de electrónica terminada.

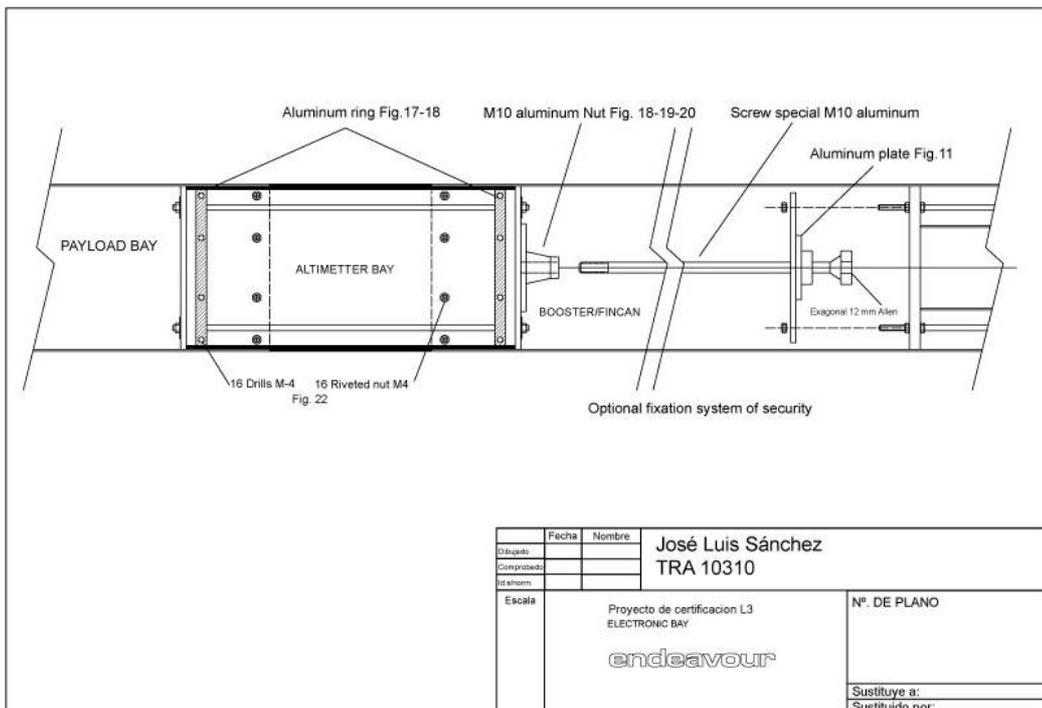


Fig. 30 Bodega de electrónica y sistema de fijación al booster.

Aviónica:

El cohete va equipado con un ordenador de vuelo mod. R-DAS Tiny de AED Electronics y un altímetro Perfectflite en configuración de funcionamiento redundante para los dispositivos de recuperación, dos radiobalizas en la banda de 434 MHz. para la radio localización del cuerpo principal del cohete y la ojiva, ambos por separado y una unidad de alimentación.

Todos los sistemas electrónicos y fuente de alimentación están ubicados en el interior del compartimiento de electrónica, montados sobre placa de circuitería impresa tipo FR4 con sus correspondientes interruptores dobles e independientes para cada dispositivo e interruptores de seguridad para el armado de los sistemas de ignición de los eyectores y led indicadores de su estado. (Ver Fig. 31,32, 33,34).

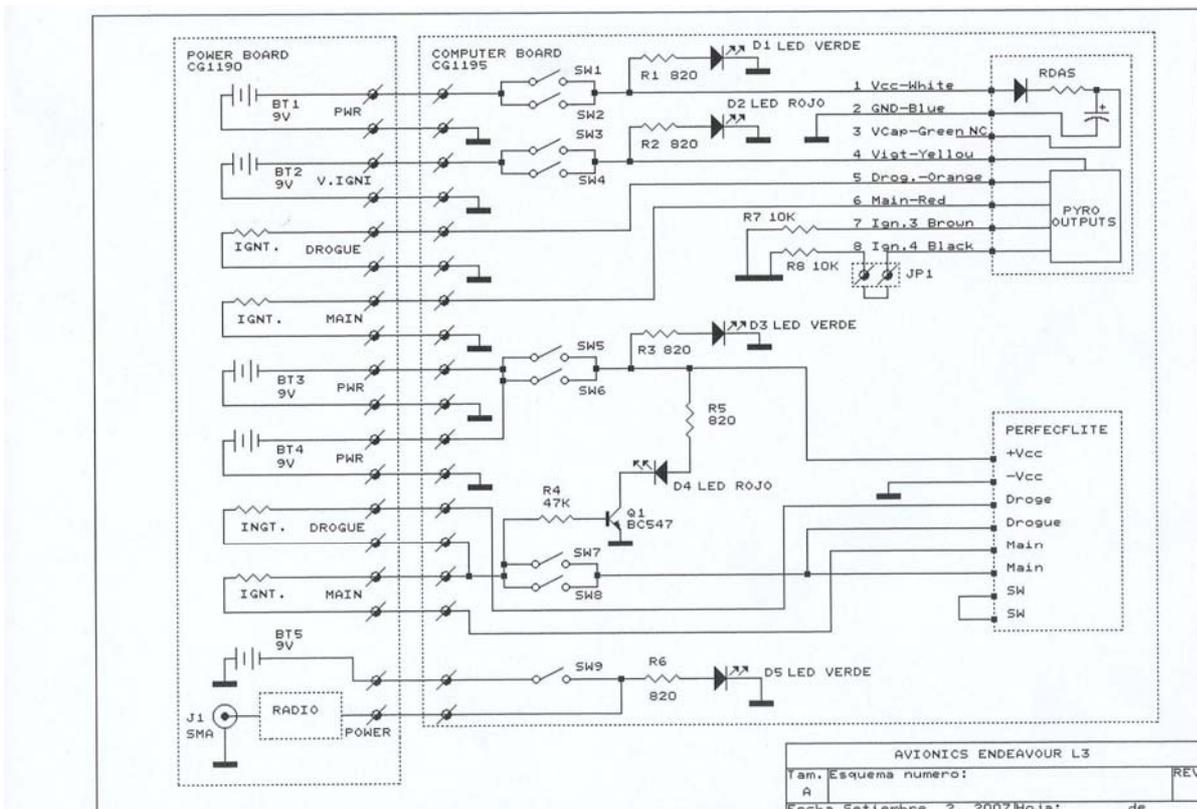


Fig. 31 Diagrama esquemático de conexión de los altímetros.

COMPONENTS IN PCB BOARD

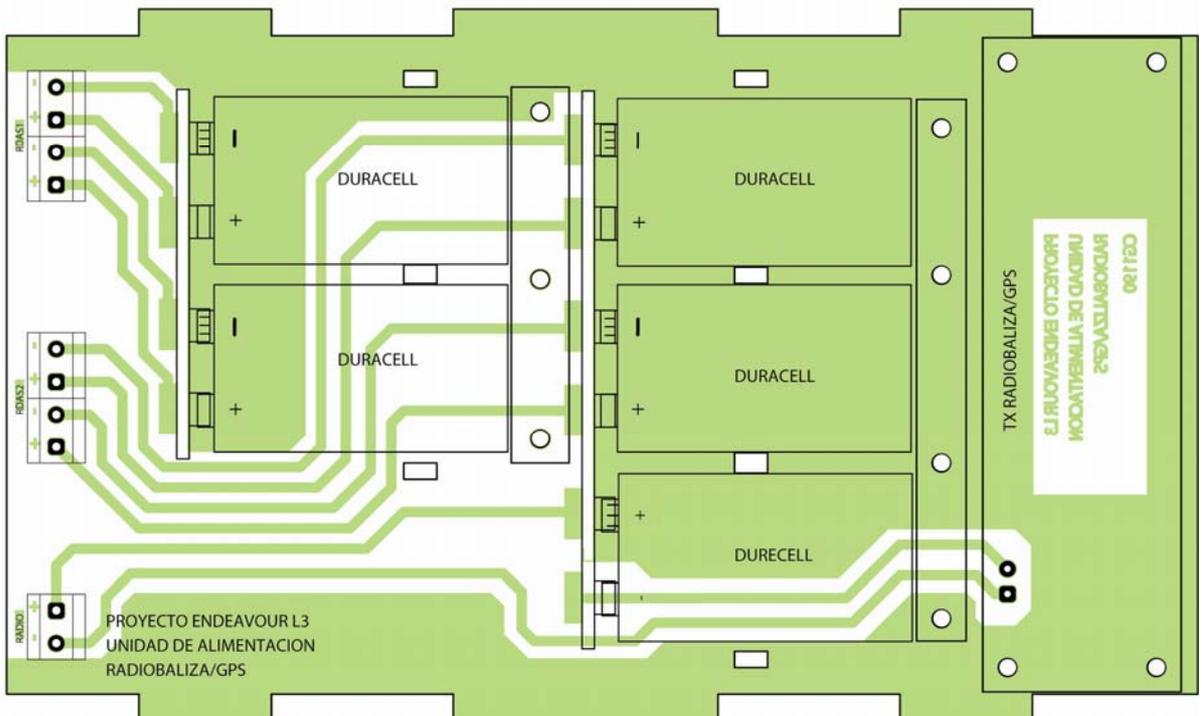
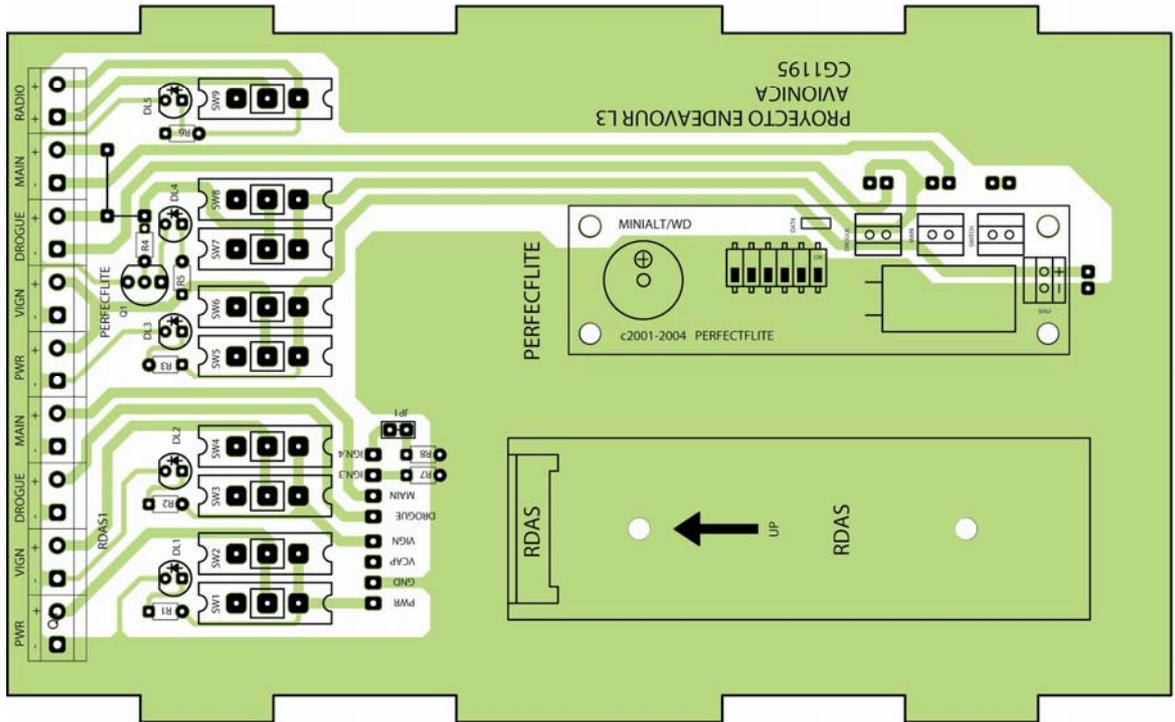


Fig. 32 Implantación de componentes en las PCI



Fig. 33 Unidad de alimentación.

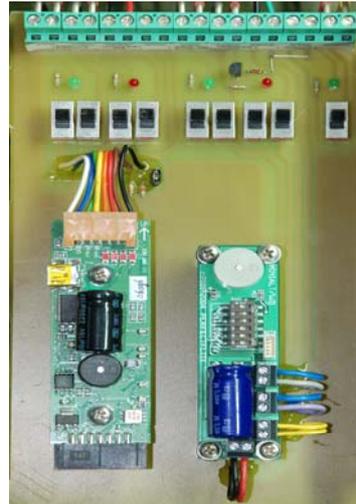


Fig. 34 Unidad de altímetros.



Fig. 35 Módulo emisor de la ojiva en 433 Mhz.

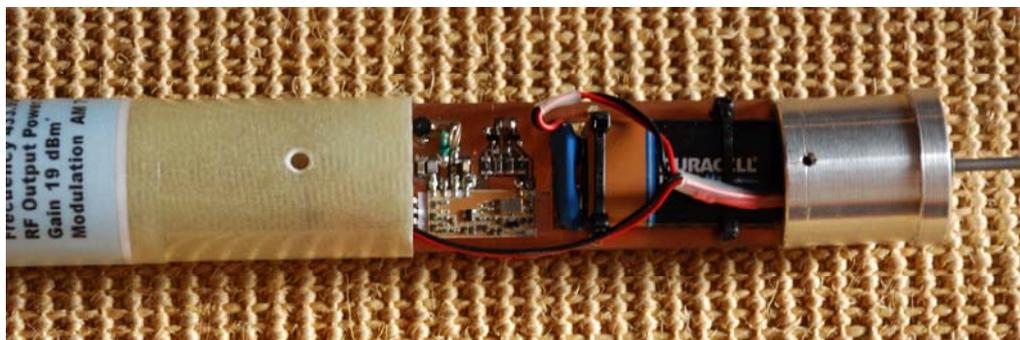


Fig. 36 Vista interior del emisor de la ojiva en 433 Mhz.

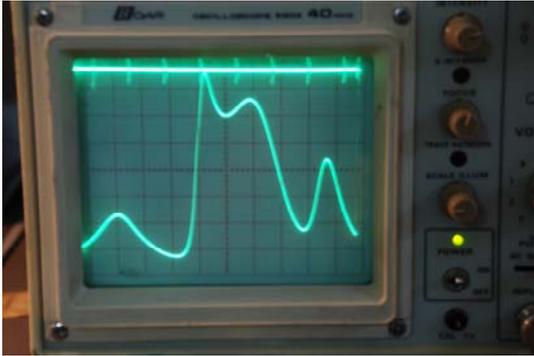


Fig. 37 Calibrado de las antenas.

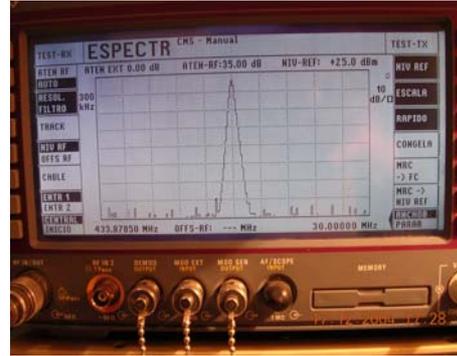


Fig. 38 Calibrado del emisor.

Recuperación:

El diseño del procedimiento de recuperación está basado en un sistema de doble expulsión de única apertura por separación de la ojiva en apogeo. Este proceso funciona de la siguiente forma:

Cuando el cohete alcanza la altitud máxima o apogeo la ojiva es eyectada arrastrando el paracaídas piloto que a su vez extrae y despliega el drogue. El ARRD retiene el paracaídas principal hasta que se alcanza la altitud seleccionada, en ese instante el ordenador de vuelo activa la carga pirotécnica del ARRD liberando el retenedor que permite al drogue extraer la bolsa del paracaídas principal el cual se desplegará de forma suave y controlada.

El paracaídas piloto es de 24", el drogue es un SkyAngle Classic 52 y el paracaídas principal es un SkyAngle Cert-3 XXL. Según los resultados de las simulaciones realizadas y cálculos efectuados con el software de Jordan Hiller específico para este tipo de paracaídas, la velocidad de descenso del cohete con el Classic 52 es de 13.16 m/s y una vez efectuada la separación de la ojiva, la velocidad de descenso del cuerpo principal del cohete con el SkyAngle Cert-3 será de 4 m/s. (Ver Fig.39)

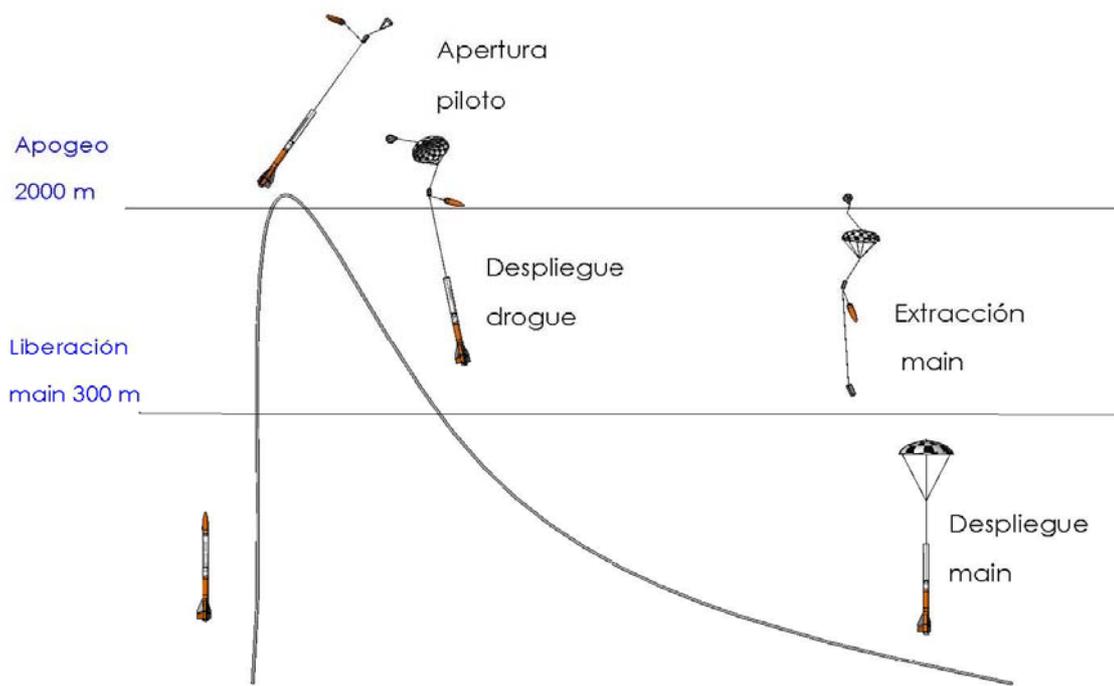


Fig. 39 Procedimiento de recuperación.

Todos los elementos de recuperación llevan protección contra el fuego, se utilizara tejido ignifugo Nomex para la protección de los paracaídas así como para las líneas de unión de estos con el cohete, las bolsas de despliegue son asimismo de material resistente al fuego.

Las cuerdas de unión entre los paracaídas y los elementos del fuselaje “ Chok cord” son cintas tubulares Roca de 19 mm. de poliamida trenzada con una carga a la rotura de 10.6 kN. Las uniones con los distintos elementos se realizan mediante “maillones” Faders de acero galvanizado con homologación CE con una carga a la rotura declarada de 25kN.

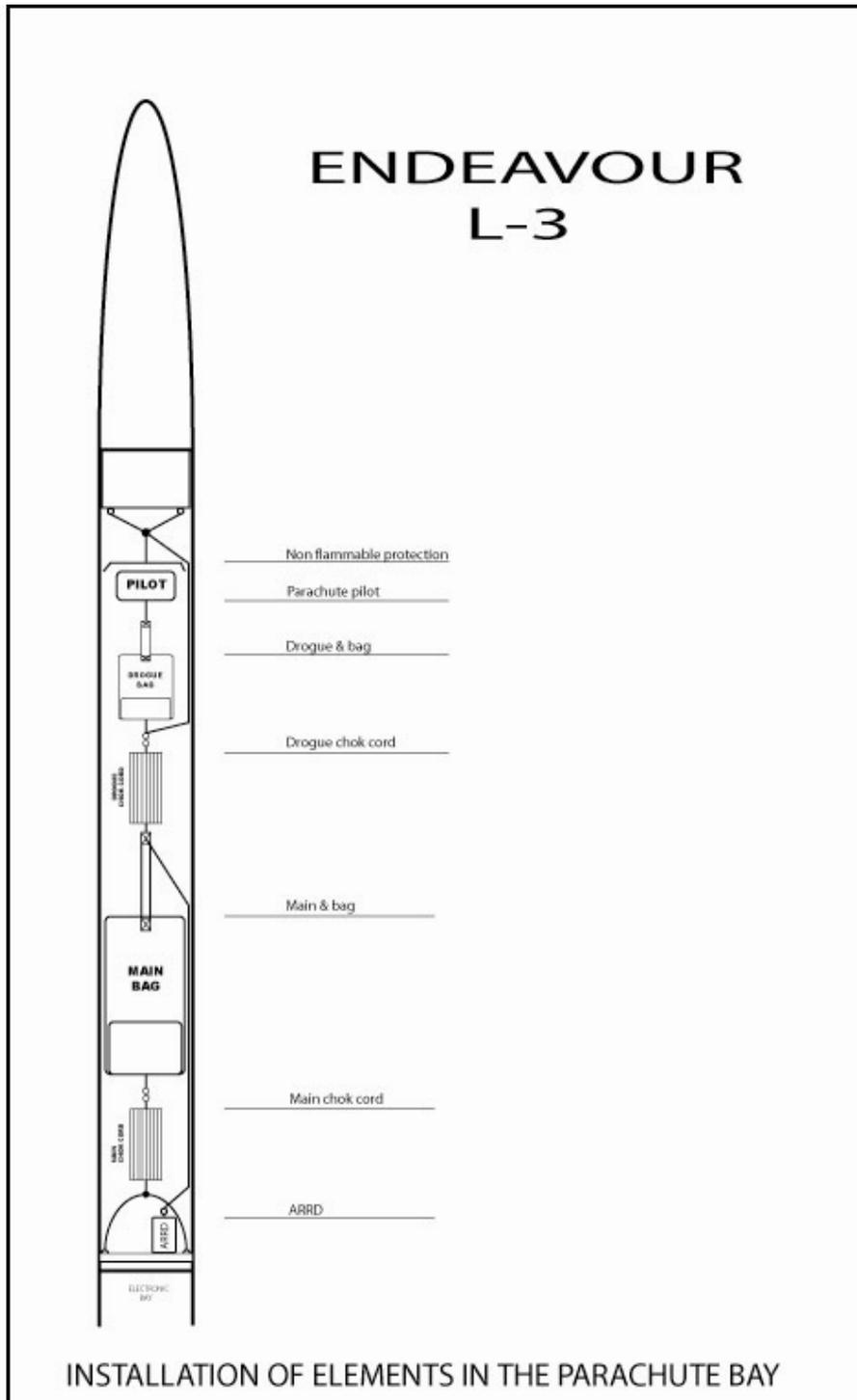


Fig. 40 Bodega de paracaídas.

Sistema de eyección.



Fig. 41 Conector de la línea de altímetros.

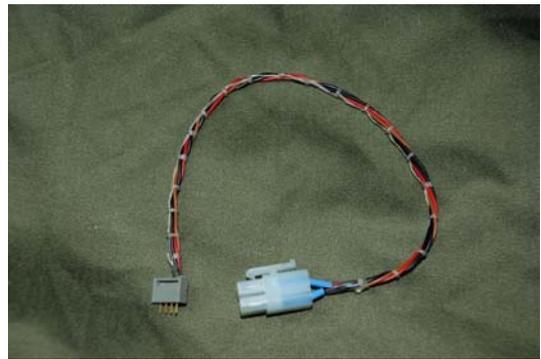


Fig. 42 Cable de conexión de la ojiva.

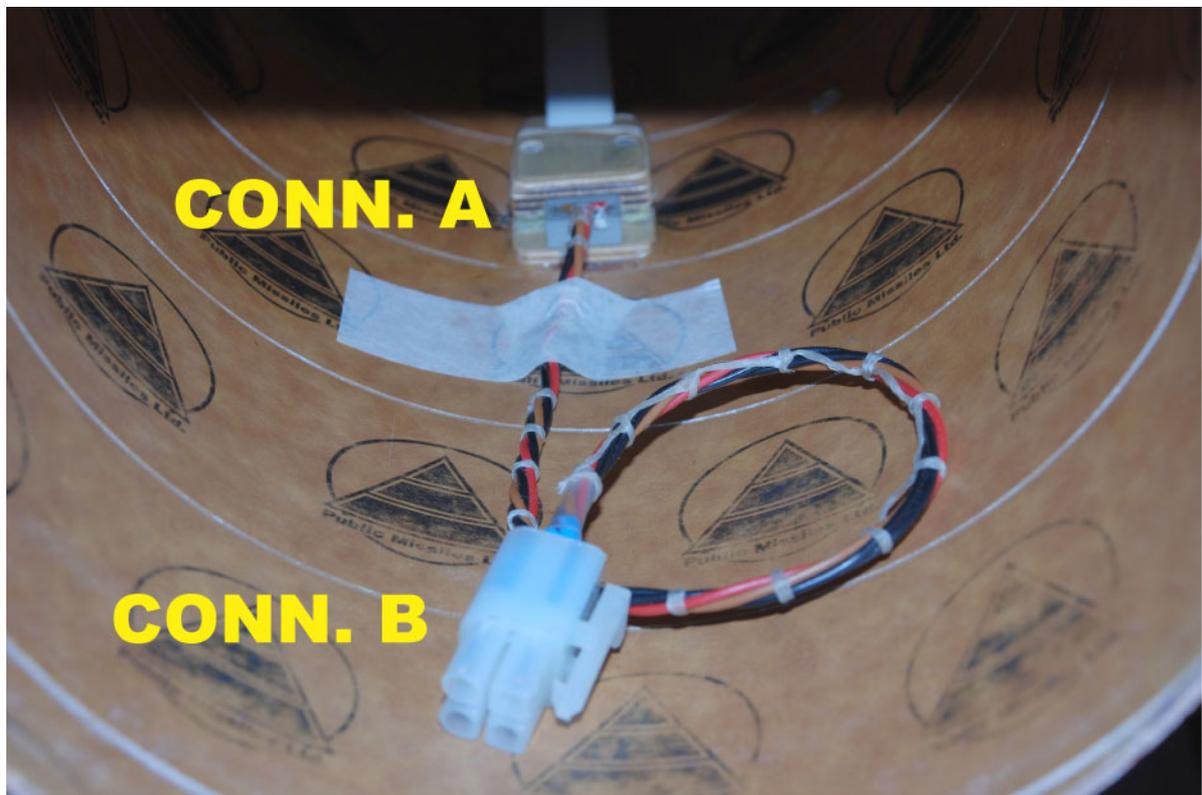


Fig. 43 Vista interior del fuselaje y los conectores de eyección de la ojiva.

El conector "B" se conecta en la base de la ojiva. El conector "A" está conectado con la línea de los altímetros y no dispone de mecanismo de retención, la fuerza de la aceleración del cohete durante el despegue favorece el mantenimiento de la conexión, cuando se produce la eyección de la ojiva el conector "A" se libera. (Ver Fig. 43).

Cargas de eyección:

La cantidad necesaria de pólvora negra para el despliegue en apogeo, ha sido calculada mediante la conocida fórmula de la ley de gases ($pV=nRT$).

La fórmula simplificada:

$$m = C_p * D_2 * L$$

Donde:

C_p = Valor del coeficiente de presión de la constante $R * T$

D = Diámetro de la sección a presurizar.

L = Longitud de la sección a presurizar.

Los cálculos se han realizado para una presión en la base de la ojiva de 7 PSI (0,48 bar.)
Obteniéndose los siguientes valores:

0.48 bar. = 200 libras = 3,31 gr. de BP redond. a 3.5 gr.

Ojiva:

La ojiva es un modelo comercial, concretamente una FNC-6.0 de fibra de vidrio de PML. El perímetro mayor de la base de la misma se ha agrandado mediante el empleo de fibra de vidrio y gel coat, hasta igualarlo con el perímetro agrandado por el laminado del fuselaje. La tapa de la ojiva, de contrachapado marino es suministrada por el propio fabricante, no obstante se ha reforzado con laminados de fibra de vidrio y epoxi, se utilizarán dos abarcones de $\frac{1}{4}$ " para el enganche de la cuerda de choque del paracaídas principal. Se ha reforzado el cuello de la ojiva con el fin de fijar la tapa mediante tornillos. La pintura final de acabado es de poliuretano dos componentes Ral 2004.

En el interior de la ojiva se instalará la segunda radiobaliza de localización (Ver Fig. 44, 45,48)

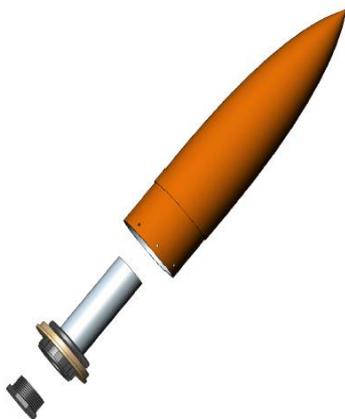


Fig. 44 Ojiva

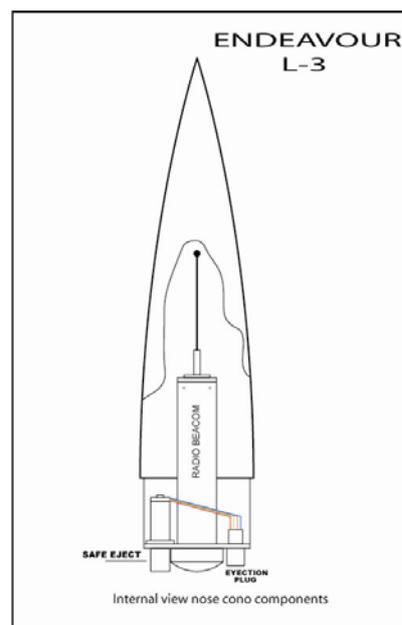


Fig. 45 Componentes en el interior de la ojiva



Fig. 46 Base de la ojiva.



Fig. 47 Anillo de fijación de la tapa.



Fig. 48 Vista interior de la ojiva.



Fig. 49 Bornas de la carga de eyección.

Cono de popa (Tail cone)

Se ha previsto la instalación de un cono de popa en el cohete para mejorar las condiciones aerodinámicas del mismo. Se ha realizado en aluminio para que pueda soportar las altas temperaturas de los gases de la tobera.

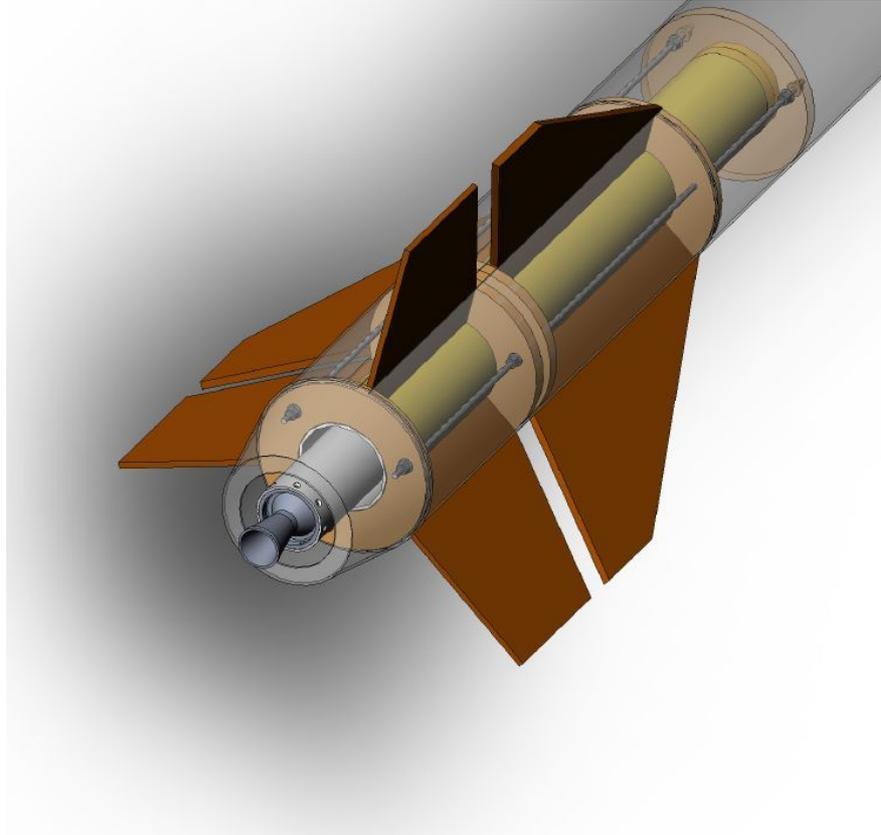


Fig. 50 Bloque de motor tobera y cono de popa.



Fig.51 Torneado del cono en aluminio



Fig.52 Cono de popa acabado.

Pintado del modelo.



Fig. 53 Imprimación base de poliuretano.



Fig. 54 Pintura de acabado de poliuretano de dos componentes Ral 9010.



Fig. 55 Vinilos decorativos.

Acabado.



Fig. 56 Localización del centro de gravedad.



Fig. 57 Equilibrado.

ENDEAVOUR L3 TERMINADO



Fig. 58 Endeavour terminado

Otros documentos :

LISTA DE MATERIALES

Descripción	Fabricante	Tipo	Ctd.
General:			
Botón de rail mat. Delrin	Fabric. propia		2
Fuselaje superior long 107 cm. fenólico	Public Missiles	PT-6.0	1
Fuselaje inferior long 107 cm. fenólico	Public Missiles	PT-6.0	1
Aletas superiores abedul laminado con F.V. y epoxi	Fabric. propia	Abedul aviación 15 mm	3
Aletas inferiores abedul laminado con F.V. y epoxi	Fabric. propia	Abedul aviación 15 mm	3
Paracaídas SkyAngle Clasic II	B2Rocketry.Co	52" Drogue	1
Paracaídas SkyAngle XXL CERT3	B2Rocketry.Co	Main	1
Paracaídas Piloto	Aerazur	OTAN 15A/802	1
Protector térmico 7"	Fabric. propia	Nomex (Dupont)	1
Cuerda de choq. 9/16" tub. 1500 lbs Drog. Bag 150 cm	Paragear	W9550WH	1
Cuerda de choq. 19 mm. tub. 1600 daN Drogue 550 cm.	Roca		1
Cuerda de choq. 25 mm tubular 1870 daN Main 550 cm	Roca		1
Protector de cuerda de choque mat. Nomex	Top Flight	60"	1
Maillon pilot	B2Rocketry.Co	4 mm	1
Maillon	B2Rocketry.Co	8 mm	5
Maillon	B2Rocketry.Co	9/32" Delta	2
Quita vueltas	B2Rocketry.Co	12/0	2
1.25 mts. Cable de conexiones rojo AVG 0.85	Showa		1
1.25 mts. Cable de conexiones negro AVG 0.85	Showa		1
1.25 mts. Cable de conexiones negro AVG 0.85	Showa		1
1.25 mts. Cable de conexiones marrón AVG 0.85	Showa		1
Conector macho 5 contactos bañados en oro	Socapex		1
Subsistema bodega de electrónica			
Tubo acoplador fenólico	Public Missiles	CT-6	1
Tapas de abedul 15 mm. laminadas FV y epoxi.	Fabric. propia	Abedul aviación 15 mm	2
Separador fenólico de la bodega de electrónica 14,8 cm.	Public Missiles	PT-6	1
Barras roscadas de M5 x 300 acero inoxidable	Inoxiber	M5	4
Tuercas hexagonales M5 acero inoxidable A2-70	Inoxiber	DIN 934	12
Arandelas M5 acero inoxidable	Inoxiber	DIN 125	8
Arandelas grover M5 acero inoxidable	Inoxiber	DIN 127	8
Tuercas autoblocantes M5 acero inoxidable	Inoxiber	DIN 985	4
Tornillos M4x25 acero inoxidable A2-70	Inoxiber	DIN 7991	24
Anillo de aluminio 10x10x150 mm. (Ver fig. 27-28)	Fabric. propia		2
Tuerca especial M10x 80 mm. aluminio (ver fig. 23)	Fabric. propia		1
Soporte de aluminio para botón de rail 28x20x12 M8	Fabric. propia		1
Abarcón acero inoxidable M8		Nautico	2
Tuerca hexagonal acero inoxidable M8 A2-70		Nautico	2
Grillete lira para ARRD M6		Nautico	2
Conector hembra 5 contactos baño de oro	Socapex		1
ARRD	Black Sky		1
Juntas tóricas 1x150 mm	Fabric. propia		2
Tornillos acero inoxidable M4x15 A2-70	Inoxiber	DIN 7991	32
Subsistema unidad propulsora (Booster)			
Tubo porta motor 75 mm. Long. 750 mm.	Public Missiles	PT-3	1
Arandelas de abedul 12 mm. laminadas F.V. y epoxi	Fabric. propia	152 mm-80mm	1
Arandelas de abedul 15 mm. laminadas F.V. y epoxi	Fabric. propia	152 mm-80mm	4
Barras roscadas acero inoxidable M5x800 mm.	Inoxiber	M5	3

Tuercas hexagonales acero inoxidable M5 A2-70	Inoxiber	DIN 934	27
Arandelas acero inoxidable M5	Inoxiber	DIN 9021	27
Soporte de aluminio botón de rail 28x20x12 M8	Fabric. propia		1
Retenedor de motor	Aero Pack Inc.	75 mm.	1
Cono de popa	Fabric. propia	Aluminio	1
Placa circular de aluminio (Ver fig.24)	Fabric. propia	Aluminio	1
Special aluminium machine screws M10 (See Fig.30)	Fabric. propia	Aluminio	1
Subsistema de Aviónica			
PCB FR4	Fabric. propia	CG1190	1
Bornas C.I. raster 5.08	Phoenic Cont.	MKDS 1.5/2-5.08	9
Batería 9V Alkalina	Duracell	6LR61	5
Emisor 433 MHz.	Fabric. propia		1
PCB FR4	Fabric. propia	CG1195	1
Bornas C.I. raster 5.08	Phoenic Cont.	MKDS 1.5/2-5.08	9
Interruptores deslizantes SPDT	C&K	1101	9
Resistencia película de carbón	Beyschlag	820 Ohm. 1/8W	5
Resistencia película de carbón	Beyschlag	47K Ohm. 1/8W	1
Resistencia película de carbón	Beyschlag	10K Ohm. 1/8W	2
Diodo Led 3mm	Kilbrigt	Verde	3
Diodo Led 3mm	Kilbrigt	Rojo	2
Cortocircuitador 2.54	Harwin		1
Subsistema conexión ojiva (Ver fig.42)			
Conector macho 4 contactos bañados de oro	Jermyn		1
Conector macho con retenedor 4 contactos	Copain	620M04	1
Cable de conexiones trenzado 4 hilos 30 cm. AWG 29	Fabric. propia		1
Subsistema de la ojiva			
Ojiva de fibra de vidrio	Public Missiles	FNC-6.0	1
Tapa inferior de abedul 15 mm. laminada FV y epoxi	Fabric. propia	Abedul 15 mm	1
Abarcón M6 acero zincado		Steel Zn	2
Anillo de aluminio 10x10x150 mm. (ver fig.47)	Fabric. propia		1
Tubo de eyección	Fabric. propia	Aluminio	1
Conector hembra con retenedor 4 contactos	Copain	620F04	1
Bornas C.I. raster 5.08 con PCB	Phoenic Cont.	MKDS 1.5/2-5.08	2
Emisor 433 MHz	Fabric. propia		1

Lista de chequeo de montaje

ITEM	OPERACIÓN	COMPONENTES	Chk
	OJIVA		
1	Montar carga de eyección.		
2	Montar ignitores.	2 Davifire.	
3	Montar batería emisor.	1 Batería 9 V.	
4	Montar emisor.		
5	Comprobar funcionamiento emisor.		
6	Cerrar ojiva.	8 Tornillos M3 Din 965.	
	BODEGA DE ELECTRONICA		
	Subsistema ARRD		
7	Montaje ignitores.	2 Davifire.	
8	Pólvora negra.	0.05Gr.	
9	Engrasar junta tórica.		
10	Cerrar y comprobar bloqueo del vástago.		
11	Fijar en la tapa superior de la bodega.	1 Tornillo allen ¼" ,Din 912. 1Arandela plana Din 125. 1Arandela grover Din 127.	
12	Pasar cables ignitores por el pasamuros al interior de la bodega.		
	Baterías		
13	Montar baterías en bandeja de alimentación.	5 Baterías de 9V.	
14	Comprobar voltajes.		
	Aviónica.		
15	Montaje de la unidad RDAS.	2 Tornillos M3 Din 7985. 2 Arandelas planas Din 125.	
16	Conectar RDAS.		
17	Montar unidad Perfectflite.	4 Tornillos M3 Din 7985, 4 arandelas planas Din 125.	
18	Conectar cables a bornas.		
19	Verificar conexiones bornas.		
20	Verificar funcionamiento ambas unidades.		
21	Verificar ajustes de altitud de 2º. Despliegue en ambas unidades.		
22	Verificar funcionamiento emisor.		
23	Montar tapa superior bodega electrónica.	4 Tuercas M5 Din 934. 4 arandelas planas Din125. 4 arandelas grover Din127.	
	Conectar cables a las bornas		
24	Ignitor de apogeo del RDAS.		
25	Ignitor de apogeo Perfectflite.		

26	Ignitor del main RDAS.		
27	Ignitor del main Perfectflite.		
28	Verificar continuidad y funcionamiento ordenadores.		
29	Instalar la unidad en el interior de la bodega.		
30	Montar la tapa inferior.	4 Tuercas M5 Din 934. 4 arandelas planas Din125. 4 arandelas grover Din127.	
31	Verificar el alineamiento de taladros.		
	PARACAÍDAS		
32	Plegar y montar el main en su bolsa.	Paracaídas SkyAngle Cert3 y bolsa.	
33	Plegar y montar el drogue en su bolsa.	Paracaídas SkyAngle 52" y bolsa.	
34	Plegar el paracaídas piloto.		
	ENSAMBLAJE DEL COHETE		
35	Montar la bodega de electrónica en el cuerpo inferior del cohete. (Booster)	16 Tornillos Din 7991.	
36	Montar deslizador superior corredera.	Deslizador guía. Tornillo M6 Din 912.	
37	Introducir tornillo de refuerzo por el interior del tubo porta motor y roscarlo en la tuerca especial de la bodega de electrónica.	Tornillo Al 10 mm. Útil de apriete.	
38	Fijar la chok cord del main en la brida de la bodega de electrónica.	Mosquetón 8 mm. Chok Cord nº.	
39	Fijar la cuerda de retención del drogue en el perno del ARRD.	Mosquetón 8 mm ChokCord nº.	
40	Pasar ambas cuerdas por el interior del tubo superior del cohete. (Bodega de paracaídas).		
41	Conectar los eyectores de apogeo al conector de la bodega de electrónica.		
42	Comprobar la polaridad de la conexión.		
43	Montar el tubo superior del cohete (evitar que las cuerdas se deslicen dentro del tubo).	16 Tornillos M5 Din 7991.	
44	Enganchar el main a la chok cord	Mosquetón de 8 mm.	
45	Enganchar la chok cord del drogue a la bolsa del main.	Mosquetón de 8 mm. Chok Cord nº.	
46	Enganchar la cuerda de retención del drogue a la unión de la bolsa del main con la chok cord del drogue.	Mosquetón de 8 mm.	

47	Untar de talco la bolsa del main.	Talco.	
48	Introducir la bolsa del main en la bodega de paracaídas, desplazándola hasta el fondo con cuidado.		
49	Enganchar el drogue a su Chok Cord.	Mosquetón de 8 mm.	
50	Enganchar el paracaídas piloto a la bolsa del drogue	Mosquetón de 6 mm. Paracaídas de 24”.	
51	Introducir la chok cord de la ojiva en la funda ignifuga.	Chok cord nº. Funda ignifuga.	
52	Enganchar la chok cord de la ojiva en la unión del drogue con su chok cord.	Mosquetón de 8 mm.	
53	Untar las paredes interiores del la bodega de paracaídas con talco	Talco.	
54	Introducir con cuidado la chok cord, el drogue y el piloto en el interior de la bodega.		
55	Enganchar los discos ignífugos al chok cord de la ojiva.		
56	Conectar el conector de las cargas de eyección de apogeo.		
57	Enganchar la ojiva a su chok cord.	Mosquetón de 8 mm.	
58	Introducir la ojiva en el cuerpo del cohete.		
	MOTOR		
59	Montaje motor M1297W (seguir especificaciones del fabricante).	RMS 75-5120 M-1297W	
	RAMPA		
60	Colocar el cohete en rampa , comprobar deslizamiento del cohete.		
61	Medir resistencia eléctrica del ignitor.	Tester	
62	Abrir compuerta bodega de electrónica.	Destornillador allen 2.5 mm	
63	Conexión aviónica, todos los interruptores en ON		
64	Comprobar continuidad de elementos de eyección. Indicación audible.		
65	Bloquear todos los interruptores.		
66	Cerrar compuerta.	Destornillador allen 2.5 mm	
67	Introducir ignitor en el motor.		
68	Seguir la indicaciones del LCO.		

TAP Data Capture Form
ENDEAVOUR: JOSE LUIS Level 3 Rocket (TRA #10310)

NAME: José Luis Sanchez	ADDRESS: Las Alpujarras, 34 -04230 Huercal de Almeria España	PHONE #: 659445608
TRA #: 10310	LAUNCH LOCATION: Val del Ruz Neuchatel Suiza	DATE: 22/09/07
ROCKET SOURCE: Personal design	ROCKET NAME: Endeavour	COLORS: Orange & white
ROCKET DIAMETER: 6"	ROCKET LENGTH: 314,68 cm.	ROCKET WEIGHT LOADED: 21,328 Kg.
AVIONICS DESCRIPTION: RDAS TINY PERFECFLITE	MOTOR TYPE: AEROTECH M-1275-W	THRUST TO WEIGHT RATIO: 8.8:1
LAUNCHER REQUIREMENTS: 50 lb capable pad	LENGTH: 10'	
CENTER OF PRESSURE: 253,331 cm. from tip	HOW CALCULATED: RockSim 8	
CENTER OF GRAVITY: 206,408 cm. from tip	HOW CALCULATED: Measured	
MAXIMUM VELOCITY: 213.45 m/s	HOW CALCULATED: RockSim 8	
MAXIMUM ALTITUDE: 6.831'	HOW CALCULATED: RockSim 8	
WAS FLIGHT SUCCESSFUL:	YES:	NO:
TAP NAME: Juerg Thuering		
TAP NAME: Frank De Brouwer		
TAP NAME:		

Proyecto de construcción de un modelo de cohete para certificación L3



EL LANZAMIENTO

POR JOSE LUIS SANCHEZ LORENTE
TRA 10310

Como complemento de este proyecto y como conclusión al mismo, esta es una reducida reseña de nuestra visita a Neuchatel (Suiza) con motivo de nuestra participación en el ALRS-VIII y de mi certificación L3.

Para mi y mi mujer el viaje comenzaba el día 19 de septiembre, tres días antes de la prueba, nos separaban 2000 km. de nuestro destino, la meteorología era favorable y ésta no representaba ningún problema. El día anterior (tarde noche del día 18) alcancé mi nada desdeñable primer objetivo, conseguí cargar y acomodar con seguridad en el Land Rover Discovery las distintas partes del enorme cohete, cajas de herramientas, motor, paracaídas, mesa, sillas, carpa, ordenador etc. etc. y por supuesto el interminable conjunto de maletas y demás elementos del equipaje.

Salimos de Almería sobre las 9 horas y tomamos la A-7 Autovía del Mediterráneo, dirección Barcelona, el fin de la primera etapa de nuestro viaje estaba en la frontera con Francia en un hotel situado en la autopista de la Jonquera, en el que hicimos noche.



Durante el trayecto, comida en los mejores restaurantes

Ginebra dirección Aeropuerto en lugar de Ginebra Ciudad), nos metimos directamente en el centro urbano de la ciudad y sufrimos las consecuencias y pequeños contratiempos derivados del tráfico urbano. Esta situación fue efusivamente agradecida por mi mujer que en su calidad de copiloto disfrutó de las magnificas vistas que la gran ciudad ofrecía, edificios palaciegos junto al lago Lecman, tiendas de súper moda etc.

Salvado este pequeño escollo, sobre las 20 horas llegamos a nuestro destino Neuchatel Thielle. En el hotel nos recibió el presidente de Argos Rocketry, Andreas Müller y tras las correspondientes presentaciones y saludos nos fuimos a descansar, no sin antes ver a nuestro amigo y miembro del equipo Uwe Jens Palm, que procedente de Gaggenau (Alem.) había llegado al hotel antes que nosotros. El día ya no daba para más.

La mañana del día 21 viernes amaneció soleado y con una temperatura muy agradable, teníamos previsto hacer un poco de turismo por Neuchatel y Berna así que rápidamente nos pusimos en marcha.

El día 20 jueves, tal y como estaba previsto, nos reunimos con Mary y Joaquim que procedentes de Barcelona, nos acompañarían hasta Suiza, tras un breve desayuno, sobre las 11 horas emprendimos de nuevo el viaje, aunque el tránsito de vehículos pesados era intenso, atravesar Francia desde la Jonquera (Esp.) hasta Ginebra (Suiza) vía Grenoble (Fra.), no representó ningún problema dada la enorme calidad y seguridad de las grandes rutas francesas.

Sobre las 18 horas aproximadamente pasamos la frontera Suiza en Ginebra, debido a un error en la programación de nuestro navegador, (debería haber puesto



Lago de Neuchatel al fondo el edificio de correos perfectamente conservados, están catalogados por la UNESCO patrimonio de la humanidad Ya anocheciendo, fuimos a degustar los manjares del amplio repertorio culinario local, regado con magnifica cerveza alemana.

Neuchatel nos sorprendió por su espléndido lago, el colorido de sus calles, jardines y monumentos así como sus construcciones y castillos medievales en perfecto estado de conservación.

A primera hora de la tarde se unió al grupo nuestro amigo y colega Manuel Morales, que junto con Ana, su esposa, había viajado en avión desde Sevilla (Esp.)

Berna, aunque ya la conocíamos, no tuvimos ningún reparo en pasear de nuevo por sus calles del casco histórico que aún conservan su arquitectura medieval cuyos magníficos edificios de los siglos XV y XVI

Cuando regresamos al Hotel José Luís Cortijos y Eva ya han llegado procedentes de Barcelona.



Los castillos emergen de entre la vegetación

Sábado 22, el día amanece con algo de nubosidad, no obstante los expertos autóctonos pronostican buen tiempo. Nos dirigimos al lugar de lanzamiento situado en Val de Ruz a unos 20 Km. del hotel. La zona de lanzamiento ya es conocida por nosotros. Se trata de un hermoso valle verde rodeado de montañas repletas de vegetación con algunos pequeños núcleos habitados, donde predomina la ganadería vacuna como actividad principal, esto era fácil de deducir ya que estábamos totalmente rodeados de vacas. Dicho de otro modo, la típica postal de la Suiza Alpina.

Thuring y Frank De Brouwer, les entrego una copia definitiva del proyecto y les indico que voy a proceder al montaje del cohete, ambos están de acuerdo y Juerg me entrega un voluminoso paquete conteniendo el combustible del motor M.

Una vez instalados, carpa, mesas, sillas etc. contacto con mis dos TAP, Juerg



Durante el proceso de montaje Manuel Morales y Uwe colaboran activamente, repasamos concienzudamente la Chek-list y meticulosamente vamos realizando las operaciones descritas en la misma, transcurridas un par de horas el cohete estaba listo para su lanzamiento, no obstante debíamos esperar ya que a esa hora del medio día está prohibido el lanzamiento de modelos HPR, con el fin de respetar el descanso de los habitantes de la zona, incluidas las vacas.



Aproximadamente sobre las 15 horas comienzan de nuevo los lanzamientos HPR. Ayudado por Manuel, misil al hombro, nos dirigimos al puesto del LCO. Nos recibe Christine Rial (Vice Presidenta de los TAP de Trípoli) en su calidad de LCO de honor. Me pide el proyecto, lo verifica in situ y se muestra algo sorprendida por la cantidad de información proporcionada en el mismo. Tras el preceptivo visto bueno nos dirigimos a la rampa. Instalamos el cohete sobre la misma, conectamos los altímetros y nos retiramos a una distancia prudencial. A través de la megafonía se escucha al LCO dar las características

técnicas del cohete así como los datos relativos al vuelo. Pero la cuenta atrás no se inicia, ha aparecido un grupo de jinetes que cruza el valle a un kilómetro y medio aproximadamente de distancia de donde nos encontramos. Jinetes y caballos en fila india, van al paso y la espera se hace insoportable, transcurre casi media hora y pienso en el inútil consumo de las baterías del cohete y en las funestas consecuencias que esto pueda ocasionar.

Por fin el LCO inicia la cuenta atrás ... **One, Zero Lift-off...**de pronto aparece una gran llamarada blanca bajo el cohete a la vez que una inmensa nube de humo blanco con forma de hongo invertido se esparce por el valle. El cohete es empujado violentamente hacia el cielo por el potente motor M-1297-W de Aerotech acompañado de un fenomenal estruendo. El encendido dura 4 segundos y durante los mismos el cohete acelera vertiginosamente. Yo desde el suelo temo que se parta en dos. Tras una larga trayectoria vertical el cohete parece haber llegado al apogeo e inicia un pequeño recorrido contra el viento aparentemente horizontal y seguidamente se produce la eyección. A esa altitud apenas se ve nada, hay paracaídas abiertos de eso no hay duda, pero el lento descenso del cohete no presagia nada bueno. Transcurridos unos segundos se aprecia claramente que tanto el drogue como el paracaídas principal se han abierto en apogeo, es evidente que algo no ha funcionado según lo previsto.

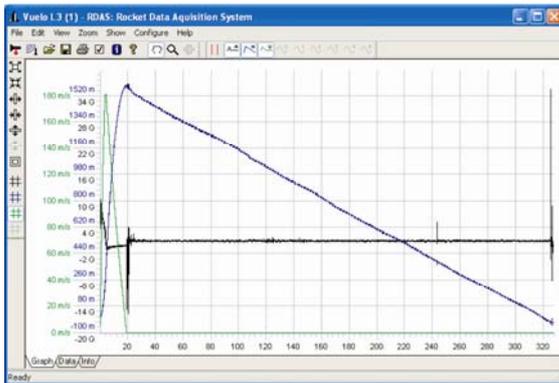
Tras un interminable descenso de más de 1600 metros el cohete aterriza a un par de kilómetros de distancia. El cohete está intacto pero la certificación no ha sido válida, así lo expresaría el TAP momentos después. El vuelo realizado no se corresponde con lo previsto en el proyecto.

El resto de la tarde lo pasé haciendo cábalas sobre los sucedido tratando de hallar una explicación.

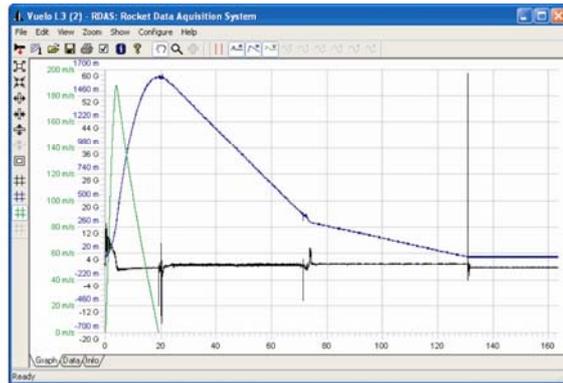
La doble expulsión debería haberse realizado en el siguiente orden:

El paracaídas piloto debería haber extraído el la bolsa del drogue en el apogeo, la eyección de la ojiva estaba a cargo de dos altímetros, un Perfectflite y un RDAS en configuración redundante. Era evidente que este acontecimiento si se había producido.

El paracaídas principal debería haberse desplegado a 1000 pies al ser liberado por el ARRD y no en el apogeo, pero esto no había sucedido así. Uno o los dos altímetros deberían ser los responsables de tal anomalía. Una vez en el Hotel descargué en el PC la información del vuelo de ambos altímetros, de ella no se desprendía nada sospechoso, por consiguiente descarté la posibilidad de un fallo electrónico.



Primer vuelo del Endeavour



Segundo vuelo del Endeavour

El fallo del perno del ARRD también era una posibilidad a tener en cuenta pero si aceptamos como válido que el factor de seguridad del mismo es de 400 kg., y que la suma de las fuerzas de choque previstas para el drogue y el piloto no superaba los 200 kg. debemos considerar cuanto menos improbable que el fallo se produjera en este punto.

Sólo quedaba una última posibilidad: La cuerda que unía la bolsa del maín con el retenedor tenía una longitud tal que permitía a esta desplazarse hasta unos 25 cm. de la boca del tubo, es difícil pero no imposible, que ante el fuerte tirón del drogue esta cuerda cediera lo suficiente para permitir a la bolsa del principal salir fuera del fuselaje. Ciertamente no creía mucho en esta posibilidad pero no me quedaba otra.

Aún disponía del domingo día 23 para intentar una nueva certificación. El cohete estaba intacto, el drogue había sufrido daños pero tenía otro de repuesto. El tema económico era digno de tener en cuenta ya que estos motores son realmente caros, lo pensaría y a la mañana siguiente decidiría.

A la mañana siguiente estaba decidido y Tota, mi mujer, me animó a seguir adelante.

Nada mas llegar al campo me puse manos a la obra, le dije a Manuel que el se dedicara a lo suyo y lanzara todo lo que tenía, yo mientras tanto, contaría con la ayuda de Uwe y Armando.

Por indicación de Armando prolongamos las chock cord del main y del drogue de cinco a nueve metros, desechamos la cuerda que unía la bolsa del main con el retenedor y atamos ésta directamente al perno del mismo. El resto de los elementos del cohete se instalaron con los mismos procedimientos del día anterior, tras la sustitución de las baterías que alimentan la circuitería electrónica, y la instalación de un nuevo motor M-1297-W, el cohete estaba nuevamente listo para montar en rampa.

Un reportero de una televisión local daba fe con su cámara de toda la operación de montaje antes descrita.



Nuevamente llevamos a cabo todos los protocolos de actuación con los TAP y LCO y montamos el cohete en rampa. Conectamos toda la electrónica y verificamos su funcionamiento retirándonos seguidamente a lugar seguro. Se repitió toda la fase de información al público, previa a la cuenta atrás, a través de la megafonía y nuevamente hubo que esperar unos minutos antes de que pulsaran el botón rojo, para dar tiempo a que un pequeño avión que había invadido nuestro espacio aéreo abandonara el lugar.

Nuevamente los nervios de la cuenta atrás y el tremendo despegue, el cohete, al igual que en la ocasión anterior y tras una trepada escalofriante se estabilizó a 5328 pies eyectando la ojiva, el paracaídas piloto y el drogue, ambos paracaídas se abrieron correctamente. El descenso con un drogue Rocketman R4c fue muy rápido, 90 km/h., no obstante los 72 segundos transcurridos hasta la apertura del paracaídas principal me parecieron interminables. A la altitud programada de 1000 pies, el ARRD libera la bolsa que contiene el main y este de forma controlada se despliega limpiamente, 58 segundos mas tarde el cohete se posa suavemente sobre un gran charco de estiércol de vaca.

Tras las preceptivas verificaciones de la integridad del modelo y otros accesorios por parte de los TAP, Juerg Thuerin firma el documento de Trípoli Asoc. que acreditaba la certificación L3.

El objetivo se había cumplido la certificación L3 ya era un hecho.



Esta impresionante foto fue tomada por mi mujer, con ella ha conseguido el L3 de la fotografía.



De pié de izquierda a derecha:

**Armando Bianco (Italia) L3 como persona y como rocketeer.
J.L. Cortijos (España). Presidente de Spain Rocketry.
J.L. Sanchez (España). Autor de este proyecto.
Eva (España). Esposa de J.L.Cortijos y LCO oficial.
Ana (España). Esposa de Manuel Morales y una gran persona.
Joaquim Galla (España). L2 en ciernes.
Uwe Jens Palm (Alemania). La efectividad alemana.
Mary Pera (España). El alma organizativa del Club.**

De rodillas:

**Antonia Martinez (Tota) (España), mi abnegada esposa.
Manuel Morales (España). Un gran amigo y un gran técnico.**

Agradecimientos:

A todos los integrantes del Club Spain Rocketry.

Armando Bianco

Stefano Figuini

Juerg Thuering

Frank De Brouwer

Uwe Jens Palm

Javier López

A todos aquellos que de algún modo han colaborado desinteresadamente en la realización de este proyecto.

De una forma especial a mi mujer Tota y a mis hijos Helena y José Luís por su comprensión y apoyo.