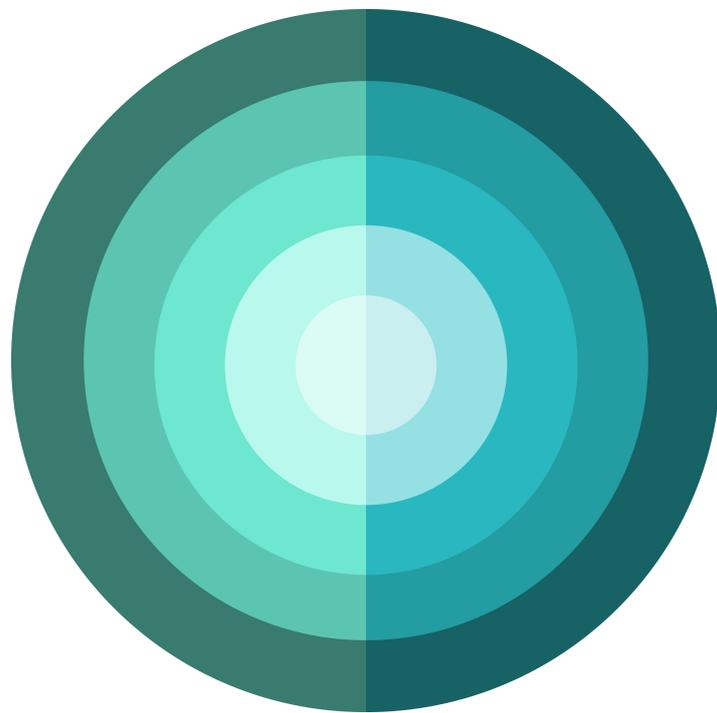


Pre-Launch Report



Equipo Austros17
Mentora: Concepción Pérez Martín
IES Diego de Praves, Valladolid, Castilla y León



Índice

1. Introducción	2
1.1. Antecedentes	2
1.2. Objetivos de la misión	2
1.3. Organización y roles del equipo	3
2. Descripción del proyecto Cansat	4
2.1. Esquema de la misión	4
2.2. Misión principal	5
2.3. Misión secundaria	6
2.3.1. Comunicaciones	6
2.3.2. GPS	7
2.3.3. IMU	7
2.3.4. Sistema de aterrizaje	8
2.4. Diseño mecánico	10
2.4.1. Mass budget	11
2.5. Diseño eléctrico	12
2.5.1. Power budget	13
2.6. Sistema de frenado	13
2.7. Estación de tierra	14
2.8. Software	15
2.8.1. Diagramas de flujo	16
3. Planificación	17
3.1. Planificación del proyecto	17
3.2. Estimación de recursos	18
3.2.1. Presupuesto	18
3.2.2. Financiación y apoyo externo	18
4. Programas de difusión	19
5. Requisitos para el lanzamiento	19
6. Bibliografía	20
7. Observaciones	20

Colaboradores de organización:





Resumen: La Competición CanSat es una iniciativa de la Agencia Espacial Europea en la que cada equipo programa, diseña y construye un satélite del tamaño de una lata de refresco, adaptando todos los subsistemas principales de un satélite real a este volumen y forma.

Este documento recoge toda la información del proyecto del equipo Austros-17 para el concurso CanSat Spain 2022. En él se describe el trabajo realizado para el desarrollo del proyecto. El documento sigue las bases especificadas por la organización del concurso. Estos datos pueden consultarse en su página web. <http://esero.es/cansat/>

1. Introducción

1.1. Antecedentes

El equipo Austros-17 está formado por cinco estudiantes de primer y segundo curso del Bachillerato de Investigación y Excelencia en Ciencias del IES Diego de Praves, en Valladolid, con una gran inquietud por la ciencia y la tecnología.

1.2. Objetivos de la misión

El cansat llevará a cabo dos misiones: una misión primaria, impuesta por las bases del concurso y común a todos los equipos, y una misión secundaria, elegida por cada equipo.

La misión primaria consistirá en la toma de una serie de datos de la atmósfera durante el descenso y la transmisión de estos por telemetría a la estación de tierra. Estos serán datos de presión y temperatura, a partir de los cuales se obtendrá también la altitud.

La misión secundaria de nuestro cansat ha sido elegida por el equipo. Esta consistirá en un aterrizaje controlado con hélices en unas coordenadas previamente establecidas. El aterrizaje se llevará a cabo gracias a cuatro motores de dron y requerirá la información de distintos sensores como un GPS o una IMU (acelerómetro, giroscopio y magnetómetro).





Para realizar este aterrizaje, el cansat irá en todo momento sujeto a un paracaídas que frenará su caída. Durante el vuelo, se activarán los cuatro motores de dron, que irán colocados en posición vertical, y se encargarán de desplazar el cansat horizontalmente durante la caída hasta situarlo en las coordenadas predeterminadas.

1.3. Organización y roles del equipo

	Jaime	Álvaro	Jorge	Ángela	María
Diseño mecánico	Alta implicación		Media implicación		
Diseño electrónico	Alta implicación	Media implicación			
Sistema de frenado				Media implicación	Alta implicación
Análisis y computación de datos			Alta implicación		Media implicación
Estación de tierra			Alta implicación		
Medidas de presión y temperatura	Alta implicación				
Alimentación	Alta implicación	Alta implicación			
Aterrizaje controlado		Alta implicación			
GPS	Alta implicación				
Contabilidad		Alta implicación		Media implicación	
Comunicaciones	Alta implicación		Alta implicación		
Patrocinadores	Media implicación	Media implicación	Media implicación	Alta implicación	Alta implicación
Divulgación y redes sociales			Media implicación	Alta implicación	
Desarrollo del informe		Media implicación	Media implicación	Alta implicación	Media implicación
Página web		Alta implicación	Media implicación		

Alta implicación 
 Media implicación 
 Baja implicación 

Cuadro 1: Organización y roles del equipo

También forma parte del equipo como mentora Concepción Pérez Martín, profesora de dibujo técnico en nuestro instituto, el IES Diego de Praves.

Colaboradores de organización:





2. Descripción del proyecto Cansat

2.1. Esquema de la misión

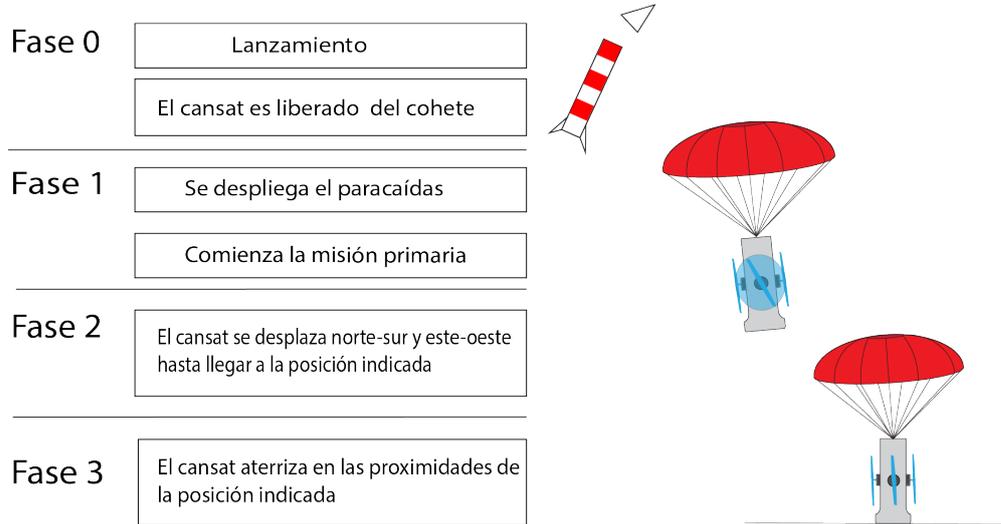


Figura 1: Esquema general de la misión

En este esquema se reflejan las fases del vuelo del cansat y las misiones que se llevarán a cabo. El cambio de la fase 0 a 1 vendrá dado, entre otros parámetros, por la luz recibida por un fotorresistor, que detectará cuando el cansat sale del cohete; a la fase 2 se pasará con la estabilización del cansat, y a la fase 3 cuando la velocidad vertical sea 0.

Se considerará exitoso el lanzamiento si el cansat aterriza en las inmediaciones de las coordenadas previamente seleccionadas con un error máximo de $\pm 1,5\text{m}$ (se habría cumplido la misión secundaria) y los datos de la atmósfera se reciben, y posteriormente analizan correctamente (cumpliéndose así la misión primaria).

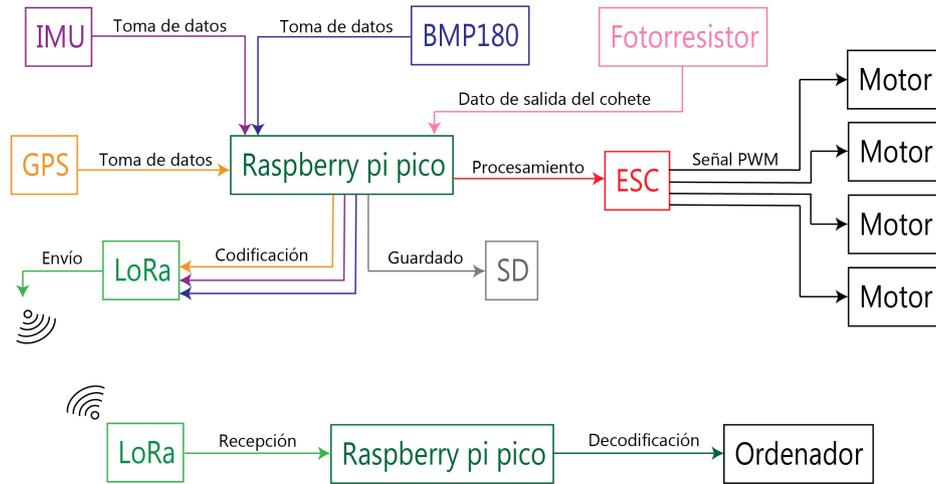


Figura 2: Diagrama de bloques de los sistemas

2.2. Misión principal

La misión primaria consiste en la toma de datos de temperatura y presión de la atmósfera durante el vuelo.

El microcontrolador que utilizaremos es la Raspberry Pi Pico. Hemos considerado este módulo debido a su reducido tamaño y su bajo consumo, además de tener doble núcleo y gran cantidad de pines, que lo hacen muy adecuado para nuestra misión, pues permiten controlar los motores sin dejar de hacer el resto de tareas.

Las mediciones de las condiciones atmosféricas las llevará a cabo el módulo BMP180, un sensor que recoge valores de presión y temperatura a tiempo real, a partir de los cuales se puede obtener la diferencia de altitud respecto a la inicial.

Además, estos datos serán también recogidos por otros módulos del cansat como son la Raspberry Pi Pico (que tiene un módulo de temperatura integrado) y la IMU (que contiene un módulo BMP280). Esto permitirá que la precisión de los resultados sea mucho mayor debido a que se compararán los datos obtenidos por los tres sensores.

Esta misión transcurre desde el momento en que el cansat se introduce en el cohete hasta que aterriza. Los datos se transmitirán a



tiempo real a la estación de tierra mediante una señal de radio. En tierra los datos se recogen y se muestran a través de gráficos, y se almacenan para su posterior análisis.

2.3. Misión secundaria

La misión secundaria de nuestro cansat requiere los siguientes componentes para poder llevarse a cabo:

2.3.1. Comunicaciones

Las comunicaciones entre el cansat y la estación de tierra se realizarán mediante dos módulos LoRa E32 SX1276 a 868MHz. La comunicación entre ambos módulos es bidireccional, si bien la función principal del módulo en el cansat es enviar los datos, y la del de tierra es recibirlos.

Los mensajes se codifican mediante paquetes que recogen los datos de cada sensor en la Raspberry Pi antes de ser enviados. Posteriormente, son recibidos y decodificados por la estación de tierra. Además, como medida de seguridad, es posible enviar desde la estación de tierra mensajes al cansat para activar secuencias manualmente en caso de que no se realicen de forma automática.

Todos los datos recogidos, además de ser enviados, son almacenados en una tarjeta microSD contenida en el interior del cansat para poder ser leídos y analizados posteriormente.

Mediante experimentación, se ha comprobado que los módulos LoRa tienen un alcance de, como mínimo, 1,2km, lo que resulta suficiente para las necesidades de la misión. En la figura 3, se puede ver esta prueba. En un punto, se situaba uno de los LoRa; en el opuesto, a 1,2 km, se encontraba el otro, y eran capaces de mantener la comunicación adecuadamente.

Colaboradores de organización:



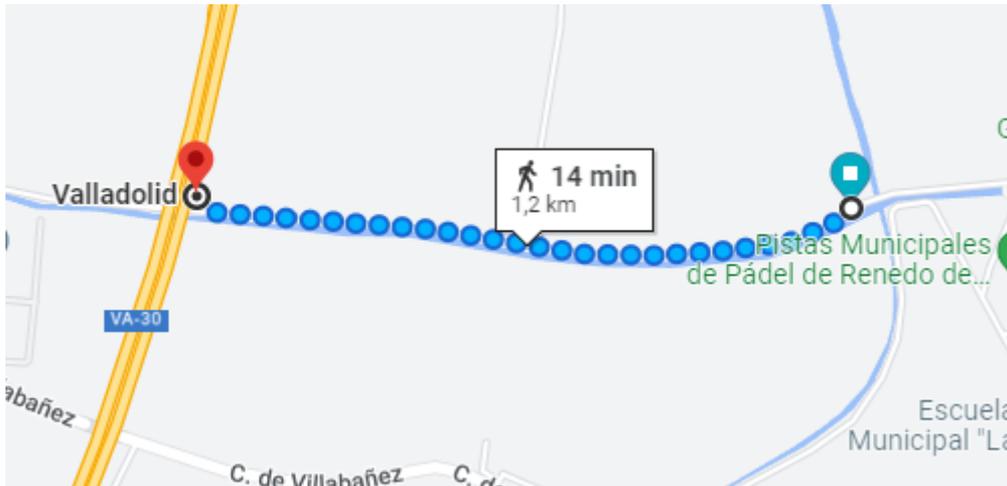


Figura 3: Prueba del alcance de los LoRa

2.3.2. GPS

Para la recolección de datos GPS se emplea el módulo GPS NEO-M8N [1]. Este módulo, a diferencia de versiones anteriores como el NEO-7M o el NEO-6M, es capaz de obtener datos de Galileo, además de las constelaciones GPS y GLONASS. Esto dota a los datos de mayor precisión. Los datos NMEA son íntegramente enviados a la estación de tierra para poder combinar esta con el panel u-center de la casa Ublox.

Para probar este sensor, se lo sacó a un espacio abierto y se comprobó que los datos recibidos eran similares a los obtenidos de manera teórica, comparando las coordenadas obtenidas por el módulo, y las coordenadas reales en Google Maps.

2.3.3. IMU

Un componente necesario para el control del cansat en vuelo es la IMU. Hemos elegido el módulo MPU 9250 de 10 ejes que incorpora el módulo BMP 280 para toma de datos de temperatura. A los 3 ejes de acelerómetro y 3 de giroscopio se unen los 3 ejes de magnetómetro y la presión [2]. Esta diferencia respecto a las IMUs de 6 ejes, mucho más comunes, es clave para hallar la orientación del cansat en la caída.



Este módulo fue calibrado y sus valores se analizaron para determinar que eran coherentes. Las pruebas realizadas para asegurar el correcto funcionamiento del módulo consistieron en rotar el módulo y observar la correcta respuesta del mismo, y en comparar los datos del magnetómetro con una brújula.

2.3.4. Sistema de aterrizaje

[3]El aterrizaje se lleva a cabo mediante cuatro motores de dron brushless BETAFPV 1104 4500 KV. Este tipo de motores necesitan un driver, para los cuales hemos elegido el GLHeli_s Pwshymi. Este es un ESC 4 in 1 de 15A que puede controlar a los cuatro motores al mismo tiempo. Esto ayuda a reducir la cantidad de componentes en el interior del cansat y así optimizar el espacio.

Para el control de los motores se emplean pulsos de entre 1 y 2 ms, siendo estos el 0 % y 100 % respectivamente. Así, un pulso de 1,5 ms correspondería al 50 % de potencia. Estos pulsos (en nanosegundos) se crean con la función *duty_ns* de la librería *PWM* de microPython.

[4]Tanto el control de vuelo como el cálculo de trayectorias se realizan desde la Raspberry Pi Pico. Esta, en primer lugar, estima en qué dirección debe moverse interpretando los datos del GPS y el magnetómetro de la IMU.

Para asignar la intensidad de cada motor se ha implementado un algoritmo PID. Este consiste en analizar el estado del cansat en el pasado (integral), presente (proporcional) y futuro (derivativo). El pulso debe ser proporcional al error de posición, es decir, a como de lejos se encuentre de su posición objetivo. La parte integral se calcula para tener en cuenta los posibles errores que se hayan ido acumulando. Por último, la parte derivativa sirve para predecir las futuras situaciones en las que se va a encontrar el cansat y así adaptar mejor la respuesta de este.

Las hélices se encuentran invertidas de tal forma que el aire salga hacia fuera del cansat. De esta forma, si se desea que el cansat se mueva hacia la izquierda, se aumentará la potencia del motor del lado contrario.

En la figura 4 se puede ver una de las pruebas que se ha realizado





con los motores. Estando los 4 motores conectados a la batería y a una potencia del 50 % (pulsos de 1,5 ms) se puede ver cómo un solo motor alcanza un empuje de 70,49 g, fuerza suficiente para lograr el desplazamiento horizontal que se requiere.



Figura 4: Pruebas de empuje realizadas.

Colaboradores de organización:



2.4. Diseño mecánico

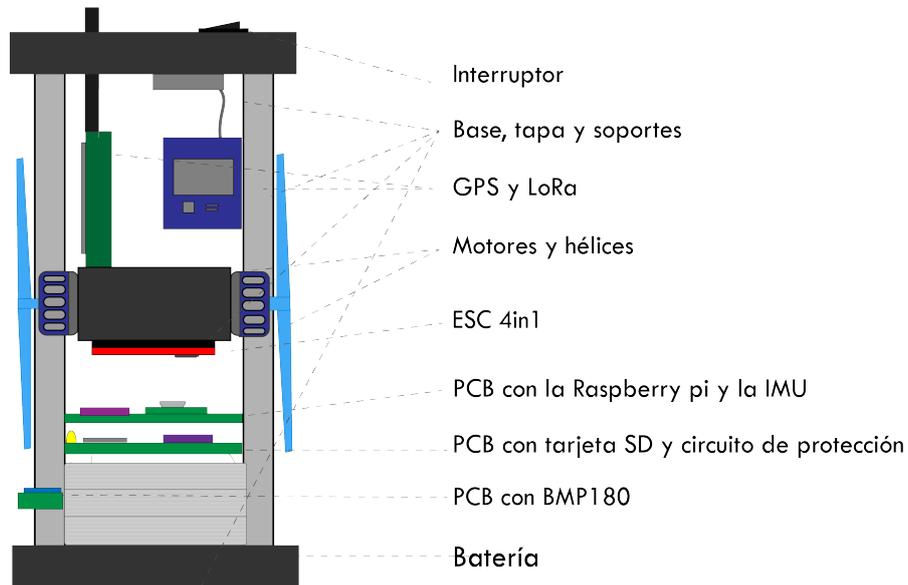


Figura 5: Esquema de la disposición de los componentes

El diseño mecánico del cansat consiste en una estructura interna formada por cuatro columnas metálicas roscadas de 112mm de largo y 4mm de diámetro, a las que están sujetos los componentes y una pieza que sujeta los 4 motores de dron y las hélices.



Figura 6: Estructura completa, y prototipo del cansat construido

La estructura de sujeción de los motores, así como la base y la tapa, se han diseñado en 3D en Catia e impreso en PLA. En el interior, los componentes van soldados en varias PCBs conectadas entre sí. En la parte más alta del cansat se encontrarán los módulos de comunicaciones y GPS. Por debajo de esta irá la zona dedicada a motores y hélices, que se colocarán en posición vertical sujetos en una pieza impresa en PLA.

Bajo esta zona se sitúa el ESC *4in1*, y la PCB con la Raspberry Pi y la IMU. Finalmente, en la parte inferior del cansat se encuentran la tarjeta microSD y el circuito de alimentación, el módulo BMP180, y la batería.

2.4.1. Mass budget

En la siguiente tabla se recogen las mediciones de masa de cada componente con el fin de estimar la masa total del cansat.



Subsistemas	Porcentaje	Componente	Masa (g)	Cantidad	Contingencia	Total (g)
Alimentación	24,34 %					
		Batería	67,13	1		67,13
Misión primaria	0,36 %					
		BMP180	1	1		1
Misión secundaria	22,82 %					
		Motor BETAFPV	8,56	4		34,24
		ESC 4 in 1	8,16	1		8,16
		GPS	4,51	1		4,51
		IMU	1,49	1		1,49
		LoRa E32	10,38	1		10,38
		Hélice	0,94	4		3,76
		MicroSD y adaptador	0,40	1		0,40
Procesador	2,08 %					
		Raspberry Pi Pico	5,74	1		5,74
Estructura	31,54 %					
		Estructura				87
Sistema de frenado	18,85 %					
		Paracaídas	37,07	1		37,07
		Enganches	2,5	6		15
Total					10 %	301,891

Cuadro 2: Mass budget

2.5. Diseño eléctrico

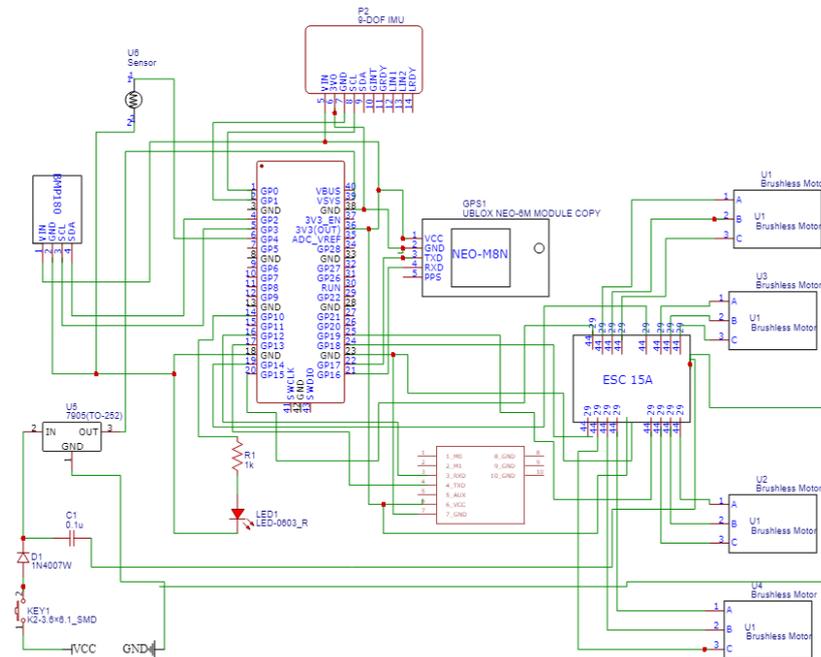


Figura 7: Esquema eléctrico general

Colaboradores de organización:





2.5.1. Power budget

Las siguientes tablas muestran el consumo eléctrico de cada componente y el consumo del cansat en cada fase del lanzamiento (estimando el tiempo), respectivamente.

Componentes	Número	Voltaje (V)	Corriente(mA)	Potencia(W)	Tiempo(h)	Capacidad(mAh)
Raspberry Pi Pico	1	5	100	0,5	3,046388889	304,64
Imu 10 ejes	1	5	10	0,05	3,046388889	30,46
Lo-Ra	1	3,3	22	0,0726	3,046388889	67,02
Tarjeta microSD	1	3,3	20	0,066	3,046388889	60,93
Módulo GPS	1	3,6	37	0,1332	3,046388889	112,72
ESC 4 in 1	4	12	3000	36	0,046388889	139,17

Fases	Tiempo(h)	Potencia(W)	Corriente(mA)	Capacidad usada(mAh)
Standby	0,5	0,8218	189	94,50
Caída	0,046388889	36,8218	3169	147,93
Standby	2,5	0,8218	189	472,50
Total	3,046388889			714,93

Cuadro 3: Power budget

Para la alimentación del cansat utilizaremos una batería LiPo de 800mAh de 40C de 3 celdas. Esta batería permite hasta un máximo de 32A (el cansat utiliza como máximo 12A) y la carga estimada es de 714,93mAh, inferior a los 800mAh que tiene la batería, por lo que es suficiente para alimentar toda la misión.

2.6. Sistema de frenado

Con el fin de estabilizar y controlar la caída, el cansat contará con un paracaídas que lo frenará durante el desarrollo de toda la misión.

Este paracaídas se ha fabricado con tela ripstop de poliéster, muy ligera y resistente, e hilo de nailon de 2mm de grosor. En cuanto al diseño, se ha optado por un paracaídas circular semiesférico, por ser el que ofrece mayores ventajas.

Para la fabricación del paracaídas del cansat debe tenerse en cuenta la masa y la velocidad a la que caerá el cansat, así como la forma del paracaídas y la densidad del aire. [5] La masa del cansat y la gravedad



de la Tierra ($9,8m/s^2$) determinarán la fuerza con la que caería en caída libre. La fuerza de arrastre, la densidad del aire y la velocidad límite a la que se mueve ese sólido.

$$F_a = \frac{1}{2} \cdot c_d \cdot \rho \cdot A \cdot v^2$$

$$F_g = m \cdot g$$

Para que el cansat caiga a una velocidad constante, la fuerza de caída y la fuerza de arrastre deben anularse. De manera que:

$$F_g = F_a$$

$$A = \frac{2 \cdot m \cdot g}{c_d \cdot \rho \cdot v^2}$$

Donde la densidad del aire (ρ) es, aproximadamente, $1,225kg/m^3$, la velocidad límite a la que se espera que caiga el cansat (v) es de $6m/s$, la masa del cansat es de $301,45g$ y c_d es un coeficiente que depende del paracaídas y se calcula de forma experimental. En nuestro caso hemos aproximado c_d a $0,62$. Con todo esto, el área resultante del paracaídas es de $0,216m^2$.

El paracaídas se ha probado lanzándolo desde diferentes alturas y comprobando que se abría correctamente.



Figura 8: Imagen del paracaídas

2.7. Estación de tierra

Los datos recogidos por el cansat durante el vuelo serán transmitidos en tiempo real a un ordenador en tierra que, mediante un progra-



ma, los analizará y ofrecerá una salida gráfica para ellos. La estación de tierra se comunica con el receptor por medio del puerto serie, y crea gráficos con los datos que recibe por este de cada parámetro requerido por la misión. Estos datos son: presión, altitud, temperatura, aceleración y rotación en 3 ejes, coordenadas del GPS, y una simulación de la rotación del cansat.

Además, los datos son almacenados en una tarjeta microSD en el cansat para poder ser leídos y analizados posteriormente.

Para las pruebas de la estación de tierra, se introdujeron datos mediante el puerto serie de los distintos sensores y se observó cómo el programa realizaba los correspondientes gráficos.

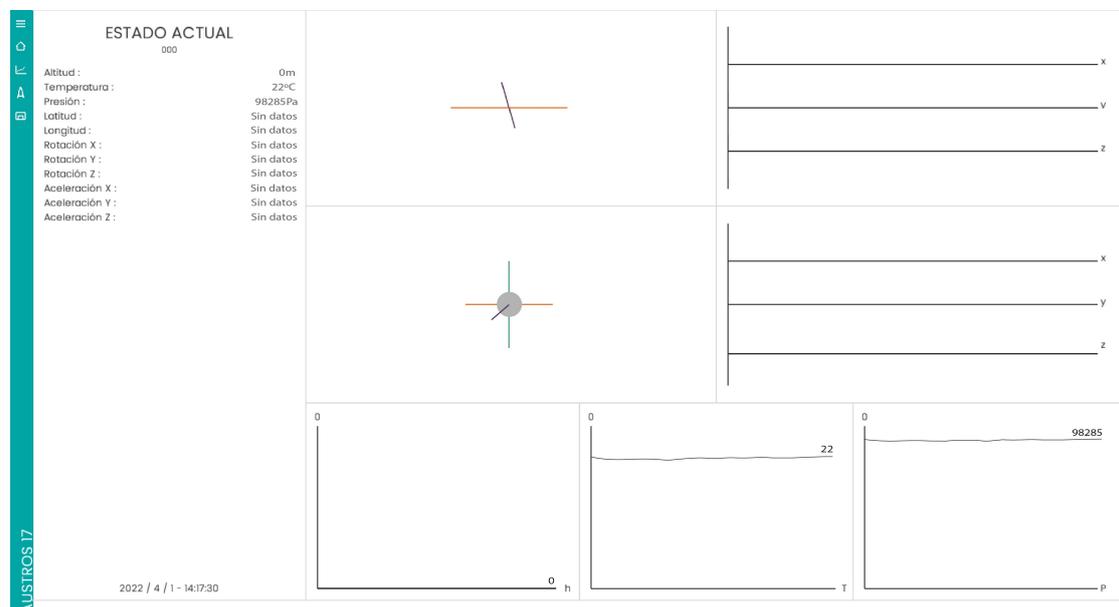


Figura 9: Estación de tierra

2.8. Software

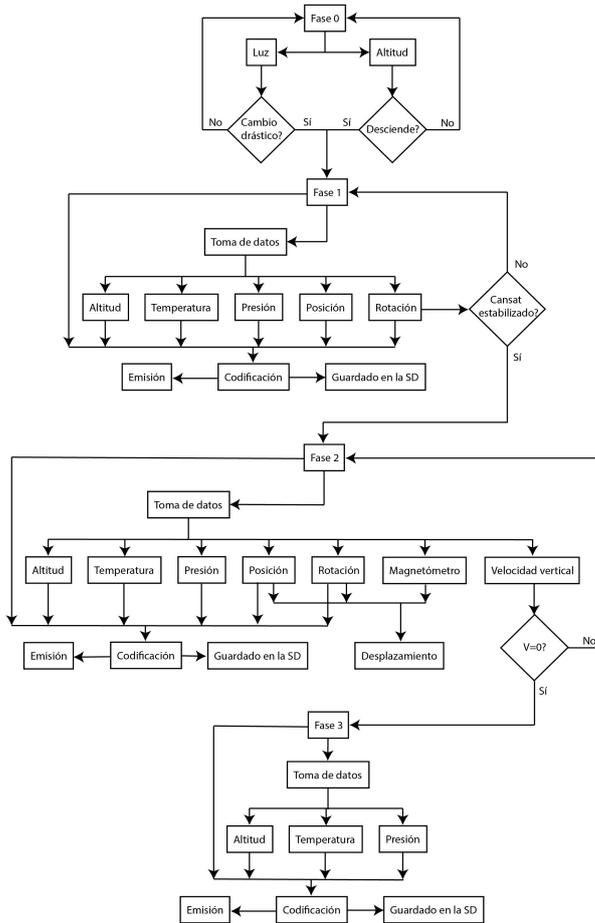
Para la programación del cansat y del programa que recibe los datos en la estación de tierra se ha desarrollado el software en Micropython usando Thonny. En Java, usando Processing 3.5.4, se ha realizado el programa de la estación de tierra, que decodifica los datos, crea las gráficas y simulaciones, y muestra los datos que se reciben a tiempo real.



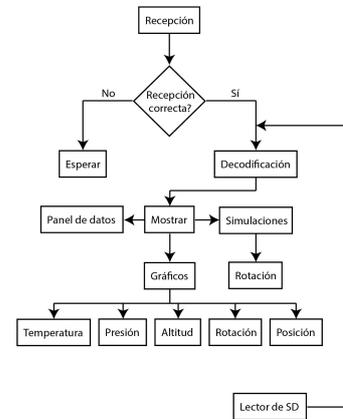


2.8.1. Diagramas de flujo

Cansat



Estación de tierra



Colaboradores de organización:





3. Planificación

3.1. Planificación del proyecto

Al inicio del proyecto se hizo una planificación general de las fases del mismo, en la que se diferenciaron las distintas partes y se repartieron responsabilidades, teniendo en cuenta también la importancia de la difusión del proyecto y el apoyo externo.

También, se han hecho informes periódicamente en los que se recogía la situación del equipo, las necesidades y las tareas pendientes.

Por tanto, así quedó la planificación del proyecto en el equipo:

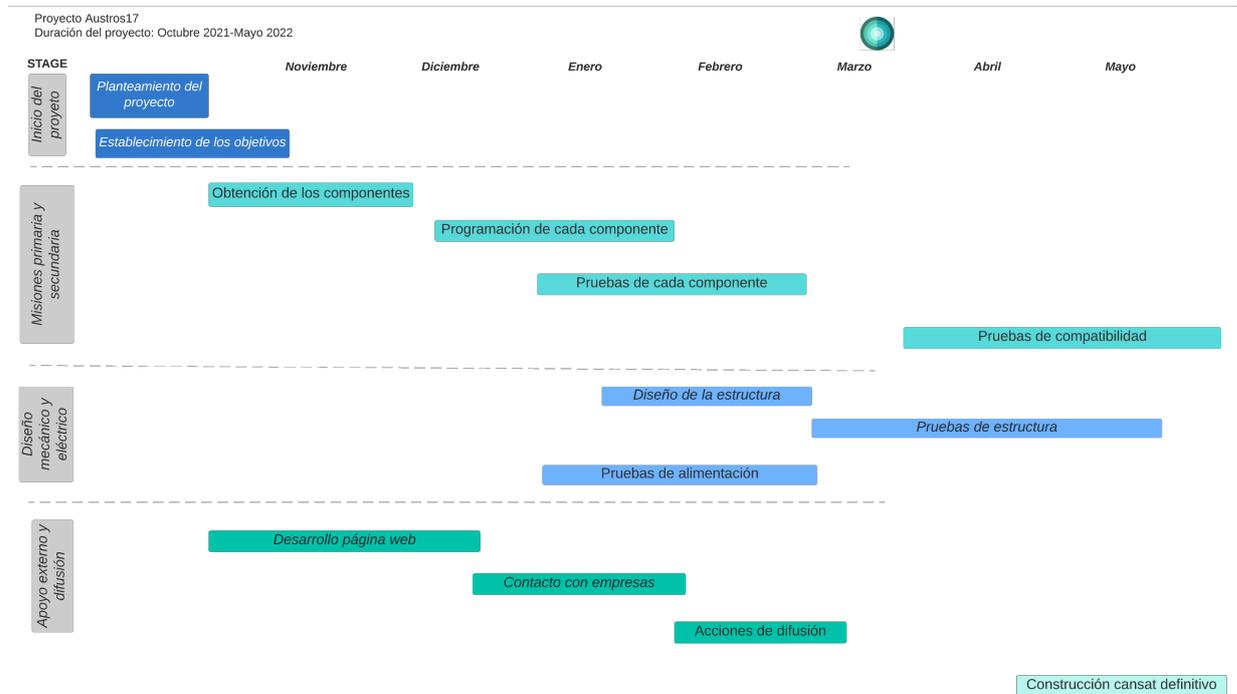


Figura 10: Diagrama de Gantt del proyecto

Colaboradores de organización:





3.2. Estimación de recursos

3.2.1. Presupuesto

Componente	Precio unitario	Precio sin IVA	Cantidad	Precio final
Raspberry Pi Pico	12,00€	9,48€	1	12,00€
Imu 10 axis	15,00€	11,85€	1	15,00€
Batería	32,24€	26,64€	1	32,24€
Motores	12,99€	10,73€	4	51,86€
Hélices	12,99€	10,73€	1	12,99€
Módulo LoRa E32	12,99€	10,73€	2	25,98€
GPS	10,69€	8,83€	1	10,69€
ESC 4 in 1	44,69€	35,38€	1	44,69€
Cables 3x120	12,29€	9,71€	1	12,29€
PLA	20,47€	16,93€	0,1	2,047€
Adaptador microSD	2€	1,65€	1	2€
MicroSD	3,39€	2,8€	1	3,39€
Fundas termorretráctiles	10,49€	8,29€	1	10,49€
Tela y cuerda paracaídas	17,49€	14,45€	1	17,49€
Total				253,16€

Cuadro 4: Presupuesto detallado

3.2.2. Financiación y apoyo externo

Durante el transcurso del proyecto, el equipo ha podido contar con apoyo externo de varias entidades, ya sea en forma de aportación económica, difusión, etc. Este apoyo ha permitido satisfacer el coste total del proyecto.

Las entidades que han colaborado con el equipo en forma de apoyo económico para la compra de materiales han sido Bodegas Mauro, Energinoba, grupo P. Ferreras y nuestro instituto, el IES Diego de Praves, que además nos ha apoyado en labores de difusión del proyecto con publicaciones en la página web y redes sociales del centro.

Además de la financiación externa recibida, el equipo ha llevado a cabo varias acciones que le han permitido obtener algunos beneficios económicos utilizados en el proyecto, como la venta de pulseras personalizadas, por la que se ingresaron 60€, y que también ayudó a la difusión del equipo.



4. Programas de difusión

A lo largo del proyecto se han llevado a cabo varias actividades con el propósito de difundir y divulgar sobre este proyecto, el equipo y la competición.

- **Página web:** hemos desarrollado una página web con Wordpress.org en la que se recoge toda la información y los distintos proyectos del equipo. El enlace a esta página es: <https://austros17.es/>
- **Redes sociales:** el equipo tiene cuenta de Instagram y Twitter, en las que publica los avances del proyecto.
 - Enlace a la cuenta de Instagram: https://www.instagram.com/austros17_cansat/
 - Enlace a la cuenta de Twitter: <https://twitter.com/austros17>
- **Podcast:** el equipo grabó un podcast en el Espacio Joven Sur de Valladolid en el que nos hicieron una breve entrevista para dar a conocer el proyecto. El podcast se publicó en Soundcloud el pasado 18 de marzo; este es un enlace a él: [Enlace](#)
- **Venta de pulseras:** como medio para difundir el proyecto, además de campaña de financiación, se han vendido pulseras personalizadas del equipo.

5. Requisitos para el lanzamiento

Características	Unidades
Altura del cansat	115mm
Diámetro del cansat	66mm
Longitud adicional (paracaídas plegado)	30 mm
Velocidad de descenso calculada	6m/s
Tiempo de vuelo programado	167s
Frecuencia de transmisión	868MHz
Coste total de la construcción del cansat	253,16€

Colaboradores de organización:





6. Bibliografía

- [1] Hatalom. Simulation of finding life and life supporting conditions on exoplanets. pages 3–4, 2018.
- [2] ArctowSky. In-flight terrain mapping using convolutions neural network. pages 1–22, 2019.
- [3] PerpetuumMobile. Re-landing a cansat with a drone landing system. pages 1–22, 2019.
- [4] Control pid con raspberry pi pico, 2022.
- [5] Austros-17. Critical design review. pages 1–25, 2021.

7. Observaciones

- Programas utilizados en la elaboración de este proyecto:
 1. Diagramas: Adobe Illustrator, Lucidchart
 2. Diseño eléctrico: EasyEDA, Fritzing
 3. Informe: \LaTeX
 4. Diseño mecánico e impresión 3D: Catia, Ultimaker Cura
 5. Programación del cansat: Thonny (Micropython)
 6. Programación de la estación de tierra: Processing (Java)
- Para los cálculos realizados en el diseño del paracaídas, se ha supuesto que el clima en el lugar de los lanzamientos no será frío ni excesivamente húmedo, y la temperatura tampoco superará los 39°C.
- En las conexiones se han utilizado fundas termorretráctiles transparentes, que resultan una ventaja respecto a las opacas ya que permiten ver la soldadura.

