

Candasat I: lanzamiento de una sonda a la estratosfera



IES de Candás

Fco Javier Redondas Maseda



Contenido

1	Antecedentes y motivación.....	3
2	Objetivos del proyecto.....	4
3	Descripción del proyecto realizado.....	5
3.1	Trabajo preliminar.....	5
3.2	Diseño y fabricación.....	6
3.3	Ensayos experimentales.....	8
3.4	Simulación y predicciones.....	9
3.5	Permisos legales.....	10
3.6	Lanzamiento y recuperación.....	11
4	Resultados obtenidos.....	13
5	Conclusiones.....	15
6	Agradecimientos.....	16
7	Difusión.....	17
8	Profesores participantes.....	19

1 Antecedentes y motivación.

El IES de Candás viene apostando, desde hace muchos años, por el fomento de actividades y la incorporación de enfoques metodológicos que redunden en una mayor motivación de nuestros alumnos. Prueba de ello son los numerosos proyectos que se llevaron a cabo en los últimos años (Erasmus+, European Youth Eco-parliament, rutas científicas...) y la participación en actividades multidisciplinares en las que varias áreas se coordinan y trabajan en torno a un tema común.

En esta línea de trabajo se enmarca este proyecto que ahora presentamos, fruto de actividades de formación del profesorado y de las inquietudes por involucrar al alumnado en actividades que promuevan la participación activa y el interés por las disciplinas STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics).

Este trabajo consiste en el diseño, fabricación, ensamblaje, prueba, lanzamiento y recuperación de una sonda enviada a la estratosfera, impulsada por un globo de helio y equipada con sensores y cámaras para monitorizar el estado de la atmósfera.

Lanzar un ingenio al denominado “espacio cercano” es una actividad emocionante y estimulante para los estudiantes y también para los profesores, padres y otros miembros de la comunidad educativa. De ahí que nos permitamos referirnos a este proyecto con el nombre de misión espacial.

El lanzamiento de globos estratosféricos es una tarea habitual que realizan las agencias meteorológicas de todo el mundo, con el objetivo de recabar datos para elaborar los modelos numéricos que desembocan en las predicciones meteorológicas a la que estamos habituados. Otras agencias y organismos de investigación acometen misiones similares con objetivos de investigación de las partes altas de la atmósfera, ya en el límite del denominado “espacio exterior”, en una zona conocida como “espacio cercano”.

Sin embargo, en el ámbito educativo este tipo de actividades no es muy común, y menos aún en enseñanza secundaria. Hacer que todas las etapas de este proyecto fuesen llevado a cabo por alumnos de secundaria constituyó todo un reto en nuestro centro.

Por lo tanto, desde la perspectiva pedagógica, animamos a nuestros alumnos a demostrar que es posible lanzar un globo a la estratosfera desde un contexto educativo. Nuestros alumnos fueron capaces de buscar información sobre experimentos similares, diseñar sistemas electrónicos y elementos mecánicos, así como construir e integrar los diferentes módulos; además, se realizaron ensayos para probar el funcionamiento en condiciones espaciales extremas. La principal

preocupación fue la de ser capaces de poder localizar y recuperar la carga útil después del aterrizaje para analizar los datos, imágenes y videos recopilados.

2 Objetivos del proyecto.

Aspiramos a conseguir dos tipos de objetivos con este proyecto; por un lado, desde una perspectiva científica y tecnológica, pretendemos:

- Estudiar las propiedades atmosféricas (presión, temperatura, humedad, etc.) y su evolución con la altitud.
- Conocer los fenómenos dinámicos que se producen en las distintas capas de la atmósfera.
- Comprobar el funcionamiento de dispositivos electrónicos en condiciones extremas de presión y temperatura.
- Experimentar con distintos sistemas de posicionamiento por GPS, sus características y limitaciones técnicas.
- Evidenciar la redondez de la tierra.
- Analizar el “color del cielo” a diferentes altitudes, debido a la dispersión de Rayleigh.

Por otro lado, desde un punto de vista pedagógico, se trataba de demostrar que es posible realizar una “misión espacial” en un contexto educativo escolar, esto es, en un escenario condicionado por la escasa disponibilidad de recursos económicos y un nivel previo de conocimientos científicos y técnicos limitado. En este sentido, establecemos los siguientes objetivos didácticos:

- Promoción y desarrollo del pensamiento computacional, aplicándolo a una finalidad real. Familiarización con lenguajes de programación: IDE Arduino, Python y Scratch.
- Integración de conocimientos y habilidades de varias áreas o asignaturas (tecnología, matemáticas, física y química, educación física y educación plástica y visual) a través de un proyecto complejo y multidisciplinar.
- Fomento del aprendizaje y trabajo autónomos: un problema poco estructurado necesita investigación; la autonomía lleva a nuestros alumnos a la investigación y la búsqueda de información y, en ese contexto, es fundamental el desarrollo de su capacidad para discernir qué información es fiable y cuál no lo es.
- Trabajo en equipo: preparar a los estudiantes para un entorno social en su labor profesional futura.
- Mejora la competencia comunicativa, tanto oral como escrita a través de la elaboración de memorias, vídeos, exposición de los prototipos y presentaciones en ferias de ciencia.
- En definitiva, impulso de la capacidad de responder a demandas complejas y llevar a cabo tareas diversas de forma adecuada.

Además de todo ello, pensamos en un proyecto a largo plazo, en el que este no sería más que el primer paso; una vez demostrada la viabilidad de la idea, se abren nuevos horizontes de experimentación.

3 Descripción del proyecto realizado.

Esta experiencia se llevó a cabo en varias etapas, algunas sucesivas y otras superpuestas en el tiempo, fueron realizadas por los alumnos de 3º de ESO en la asignatura de “Programación y robótica”, en colaboración con otras asignaturas, principalmente Educación física, Matemáticas y Física y Química. Los alumnos se organizaron en equipos de entre 3 y 5 personas; cada uno se responsabilizó de una tarea específica, para así ser capaces de acometer de manera eficaz el volumen de trabajo requerido.



La tierra fotografiada desde el punto de mayor altitud alcanzado por la sonda.

A continuación se describen las diferentes etapas del proyecto.

3.1 Trabajo preliminar

En un primer paso, los alumnos realizaron una búsqueda organizada de información sobre proyectos análogos llevados a cabo por diferentes instituciones en todo el mundo, incluidas instituciones de investigación y académicas, agencias meteorológicas, centros educativos y clubes de aficionados.

Pudieron encontrar información sobre experimentos similares, acerca del diseño de dispositivos electrónicos y elementos mecánicos, así como diseñar, elaborar e

integrar los diferentes sistemas; además, se realizó una lluvia de ideas sobre algunas actividades prácticas para probar el funcionamiento.

En general, para proyectos que involucran globos estratosféricos se necesitan los siguientes componentes:

LANZAMIENTO DE UN GLOBO ESTRATOSFÉRICO

IES CANDÁS (ASTURIAS) IES ANTONIO GARCÍA BELLIDO (LEÓN)

DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

Consiste en lanzar una sonda para estudiar las propiedades de la atmósfera a diferentes altitudes, de forma similar a los globos meteorológicos.

La sonda pesa alrededor de 1 kg, incluyendo una caja de porexpan, una cámara, un localizador GPS y una placa electrónica Arduino, con sensores de presión, humedad, temperatura y altimetría, así como una pila y un grabador SD (escribe los datos una tarjeta microSD). Todo ello sube impulsado por un globo de helio y, al alcanzar una altitud entre 25 y 30 km, el globo explota y la cápsula cae lentamente con la ayuda de un paracaídas.

La velocidad de subida es de entre 5 y 6 m/s y la de bajada alrededor de 4-5 m/s, con lo que la experiencia de subida y bajada dura alrededor de 2,5-3 horas.

FECHA DE LANZAMIENTO
4 DE DICIEMBRE DE 2019

LUGAR
PATIO DEL IES ANTONIO GARCÍA BELLIDO

Cartel anunciando el lanzamiento en el IES García Bellido (León)

- Un globo de látex, hay una amplia gama de pesos y tamaños, que deben seleccionarse en función de la capacidad de inflado con helio, el peso de la carga útil y la altitud que se pretende alcanzar. Los globos más comúnmente usados pueden pesar entre 200 g y 2500 g.

- Una carga útil, que incluye el contenedor y todos los circuitos y dispositivos electrónicos necesarios para realizar el experimento y recuperar o transmitir a la estación de tierra los datos registrados.

- Un paracaídas, utilizado para disminuir la velocidad de descenso y evitar posibles daños al equipo de a bordo durante el aterrizaje.

- Una estación terrestre utilizada

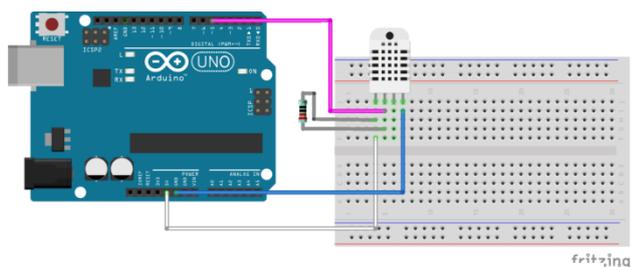
para la comunicación durante el vuelo y después del aterrizaje para la localización y recuperación de la carga útil.

3.2 Diseño y fabricación

En esta primera misión espacial, nuestras expectativas se limitaron al lanzamiento del globo y la recuperación de la carga útil, sin aspiraciones a mediciones científicas complejas, ni otro tipo de pruebas experimentales en condiciones espaciales.

El sistema electrónico fue diseñado basado en Arduino, con los siguientes sensores:

- DHT11, es un sensor de temperatura y humedad de bajo coste,



Circuito para medidas de temperatura y humedad.

ampliamente utilizado en diferentes aplicaciones, fue colocado en la cara externa del contenedor para determinar la temperatura y humedad de la atmósfera a diferentes altitudes.

- Bmp180, es un sensor de presión y temperatura; se situó en el interior del contenedor para medir la presión y la temperatura interior, con el fin de comprobar el correcto aislamiento térmico proporcionado por las paredes del contenedor.

- Módulo de tarjeta Micro SD, que permite la comunicación entre el Arduino y la tarjeta de memoria para poder escribir la información que proporcionan los sensores en una tarjeta SD para futuros análisis de datos.

Los alumnos diseñaron los circuitos por separado y los implementaron para su prueba. Se utilizó el programa Fritzing para diseñar la circuitería y el Entorno de Desarrollo Integrado (IDE) de Arduino para el código de toma de datos de los sensores y su registro en una tarjeta micro SD.



Ensamblaje de la batería, el calentador y los sistemas electrónicos en la caja de carga útil antes del lanzamiento.

Por otro lado, se incluyeron dos cámaras deportivas para tomar fotografías y videos, una de ellas se colocó dirigida al suelo y la otra se colocó hacia un lado de la caja contenedor.

Se utilizó un Smartphone como una forma de rastrear a través de GPS y transmitir la posición de la sonda durante el experimento.

Se añadió un dispositivo GPS satelital adicional: SPOT Trace, que ofrece rastreo avanzado mediante comunicación satelital para la comunicación con una estación terrestre administrada por el fabricante, a la que accedimos a través de la web en tiempo real; este sistema nos iba a permitir conocer la posición en caso de aterrizaje en lugares remotos sin cobertura de las redes de antenas de telefonía móvil.

Se implementó un tercer localizador GPS, con el fin de sortear eventuales fallos o averías que comprometieran la recuperación de la carga útil y, en consecuencia, el éxito de la misión. Consistía en un transceptor (walkie-talkie) basado en APRS (Automatic Packet Reporting System) que utilizaba la red de radioaficionados, los cuales podían "escuchar" la posición retransmitida por nuestra sonda, al tiempo que se monitorizaba vía web.

Como fuente de alimentación se utilizó una batería de litio, con capacidad de proporcionar energía eléctrica para la electrónica y, al mismo tiempo, energía térmica. Este dispositivo se utilizó como calentador para mantener la temperatura dentro del contenedor en valores dentro del rango de temperaturas operativas para la electrónica.

Como contenedor, se utilizó una caja de poliestireno expandido de 40 mm de espesor para introducir todos los dispositivos, así como protegerlos contra golpes, impactos y movimientos bruscos. Al mismo tiempo, las paredes de poliestireno actuaron como un excelente aislante térmico, para mantener en funcionamiento los sistemas electrónicos, cuando la temperatura ambiente desciende a valores alrededor de $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Todo ello se ensambló bien empaquetado y asegurado con cinta adhesiva y cordelería de polipropileno. Se tuvo especial cuidado en respetar el Reglamento de Ejecución de la Comisión Europea número 923/2012, que establece que las cuerdas u otros dispositivos utilizados para la suspensión de la carga útil del globo/paracaídas no deben soportar una tensión de impacto mayor de 230 N.



Carga útil empaquetada y lista para su lanzamiento.

3.3 Ensayos experimentales.

La expedición a la estratosfera conlleva la exposición a condiciones extremas, por lo que cualquier problema inesperado puede resultar en un fracaso para la misión espacial. Para minimizar el riesgo en el funcionamiento de los sistemas electrónicos y mecánicos, se han realizado algunos experimentos y pruebas antes del lanzamiento.

Los equipos electrónicos se ensayaron, tanto en condiciones normales, como a bajas temperaturas. Para ello, la primera prueba de temperatura se realizó en un congelador doméstico; una segunda se logró en un congelador industrial de helados, que alcanza temperaturas de hasta $-24\text{ }^{\circ}\text{C}$. El tercer y decisivo ensayo se realizó en una cámara criogénica que alcanzó valores en torno a los $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$, utilizando nitrógeno líquido.



Entrada a una heladería para realizar las primeras pruebas de temperatura y en el Centro de Investigación de Materiales de Avilés para la prueba final en una cámara criogénica.

Por otro lado, las velocidades de ascenso y descenso son dos parámetros que se pueden ajustar para controlar la altitud máxima, el tiempo de vuelo y, consecuentemente, el desplazamiento horizontal. La prueba de la primera implica altos costos, debido al helio requerido y la pérdida o daño del globo.



Ensayos de caída libre para determinar experimentalmente la velocidad de descenso.

Sin embargo, la velocidad de descenso se consiguió estimar experimentalmente lanzando el paracaídas con una carga equivalente desde un punto alto, con la ayuda de una cinta métrica de 50 metros para determinar la posición. La caída se grabó en un video y la velocidad de descenso se calculó a partir de estimaciones de posición y

tiempo, analizando fotograma a fotograma la trayectoria.

Los alumnos pudieron comprobar que la resistencia del aire provoca la estabilización de la velocidad de descenso a pocos metros del punto de liberación de la sonda con el paracaídas.

Se realizaron entrenamientos adicionales para asegurar el correcto protocolo de inflado y amarre del globo y a así tratar de minimizar los retrasos por contratiempos.

3.4 Simulación y predicciones

Teniendo en cuenta la limitada capacidad experimental para realizar pruebas, el uso de software de simulación es una herramienta útil y esencial en este campo de la tecnología.

Un aspecto primordial del éxito de misiones con globos enviados a la estratosfera radica en la predicción de trayectoria. En particular, las misiones que incluyen el retorno de muestras, o los vuelos que transportan instrumentos costosos o cuya recuperación es necesaria, dependen del software utilizado para la simulación.

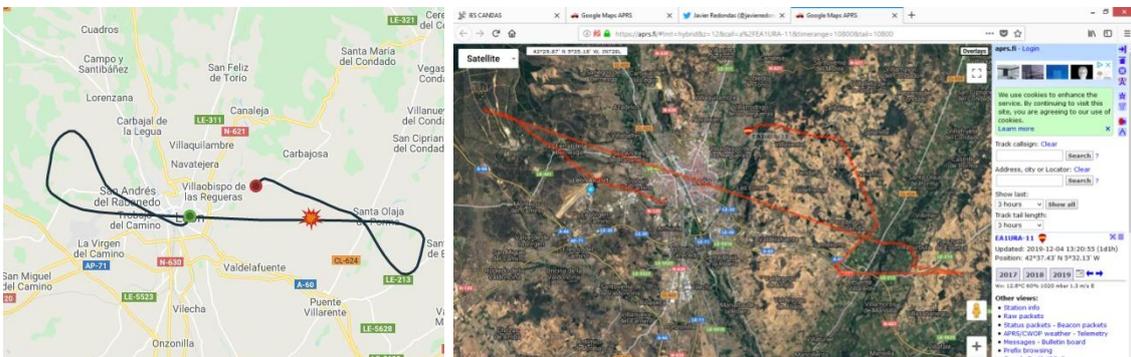
En un primer paso, se utilizó un software online específico para calcular la relación entre la cantidad de helio dentro del globo, la velocidad de ascenso y la altitud

Calculadora de parámetros de lanzamiento: <http://habhub.org/calc/>

máxima, en función del tamaño del globo y el peso de la carga.

Por otro lado, el punto más crítico es la predicción del punto de aterrizaje, que nos permite, junto con las condiciones meteorológicas, tomar la decisión sobre el lanzamiento en una fecha determinada con antelación o abortar la misión.

También se utilizó un software de predicción de trayectoria para estimar la posición aproximada de la zona de aterrizaje. Este punto obviamente depende de la



Trayectoria seguida por el dispositivo, según la predicción, extraída de <http://habhub.org/predict/> y trayectoria real seguida por APRS.

trayectoria, y esta (en componentes horizontal y vertical) obedece principalmente a la dirección y velocidad del viento a diferentes altitudes. Este software utiliza las características del viento obtenidas a partir de observaciones y modelos numéricos realizados y publicados por agencias meteorológicas. Por otro lado, la trayectoria también se puede modificar ligeramente actuando sobre la velocidad de ascenso, lo cual se logra en función de la cantidad de helio utilizada para llenar el globo en la estación de lanzamiento.

3.5 Permisos legales.

El lanzamiento de este tipo de globos está sujeto a un reglamento específico; además, el emplazamiento de la estación de lanzamiento se encuentra dentro de la

zona de servidumbre aérea del aeropuerto militar de León. Esta cuestión complicó la obtención de los permisos legales, ocasionando que los plazos de solicitud también fuesen más largos, debido a los diferentes procedimientos utilizados entre autoridades civiles y protocolos militares.

Uno de los inconvenientes, desde el punto de vista logístico, se derivó de que las solicitudes de autorización deben realizarse al menos tres semanas antes del lanzamiento; con esta antelación, no se dispone de información precisa sobre las condiciones meteorológicas para asegurar el lanzamiento.

```
(D1656/19 NOTAMN
QJLECM/QWLLW/IV/M/W/000/821/4235N00526W001
AJLECM B)1905220800 C)1905241100
D)0800-1100
E)RADIOSOUNDING. ASCENT OF FREE METEOROLOGICAL LIGHT
BALLOONS ON
423526N 0052533W
LEON
BALLOONS FEATURES
TYPE: SPHERICAL
COLOUR: BEIGE
DIAMETER: FROM 2M TO 4M
WEIGHT: APROX. 2000GR INCLUDING SOUNDING
ASCENSIONAL SPEED: APROX. 4M/S
FALLING SPEED: APROX. 4M/S
MAXIMUM ALTITUDE: APROX. 25000M AGL
MAXIMUM DEVIATION: APROX. 50KM
FJ5FC G)25000M AGL)
```

NOTAM, es un aviso presentado a las autoridades de aviación para alertar a los pilotos de aeronaves de posibles peligros a lo largo de una ruta de vuelo o en un lugar que pueda afectar a la seguridad

ENAIRE, institución encargada de la gestión de la navegación aérea en España y Sahara Occidental, emitió un NOTAM (notification to airmen); se trata de un aviso para alertar a los pilotos de aeronaves de peligros potenciales a lo largo de una ruta de vuelo. Cuando un piloto entrega su plan de vuelo, el servicio de información de la autoridad correspondiente le comunica todos los NOTAM pertinentes.

De acuerdo con la normativa, durante los preparativos para el lanzamiento, fue necesario establecer comunicación directa y bidireccional en tiempo real con la TWR (torre de control de tráfico aéreo) de León, para abortar la actividad en caso de emergencia y comunicar su conclusión, también fue necesario obtener la autorización ATC (control de tráfico aéreo), con media hora de antelación antes del despegue. Además, era legalmente obligatorio disponer de información meteorológica detallada y actualizada, en particular, información sobre el viento en superficie y en altitud.

Por otro lado, de acuerdo con la legislación, el lanzamiento estuvo cubierto por un seguro de responsabilidad civil.

3.6 Lanzamiento y recuperación.

La orografía y las condiciones físicas del terreno en torno al IES de Candás no son las adecuadas para recuperar la carga útil tras el aterrizaje: por el norte, el mar, por el sur, la zona montañosa de la cordillera o zonas altamente pobladas no resultan adecuadas para el aterrizaje; por eso decidimos buscar otro punto de lanzamiento.

Como resultado contactos entre profesores, a través de la red europea Scientix, en las primeras etapas del proyecto, conseguimos establecer cauces de cooperación con un instituto ubicado en las afueras de León. Como fruto de esta colaboración, el

lanzamiento tuvo lugar en el patio del IES Antonio García Bellido. Un aspecto crucial para esta elección radica en que esta región es una zona llana, rodeada de campos de cereales, otros cultivos herbáceos y también algunos bosques cuyo acceso no resulta especialmente complicado y, consecuentemente, la recuperación de la sonda se presentaría más asequible.



Preparativos para el lanzamiento, llenado del globo con helio.

Por otro lado, el software utilizado en la predicción ofrece un margen de error considerable sobre la localización del punto de caída, pudiendo llegar a varios kilómetros. En este sentido, la accesibilidad de la zona de aterrizaje prevista es un aspecto importante a tener en cuenta para tomar la decisión de lanzamiento en un día determinado.



Atando el globo, justo antes de la elevación.

Tras varias cancelaciones y retrasos, provocados principalmente por condiciones climáticas adversas (lluvia, fuerte viento, etc.) y restricciones legales del espacio aéreo (por maniobras paracaidistas), la misión fue lanzada el 4 de diciembre de 2019, a las 11:43 horas, casi siete meses después de la fecha inicialmente prevista.

Aproximadamente una hora después del lanzamiento, el globo alcanzó su altitud máxima de alrededor de 25000 metros, con una temperatura externa en torno a los -60 °C, y un diámetro aproximado de 8,5 metros. En ese instante, el globo explotó y seguidamente se desplegó un paracaídas para aminorar la velocidad de caída, consiguiendo un valor en torno a los 6 m/s, algo superior a lo inicialmente calculado.



Imagen desde la cámara a bordo, captada menos de un segundo después del lanzamiento.



Imagen tomada por la cámara de a bordo durante el ascenso.

En su ascenso, la sonda inicialmente se dirigió hacia el oeste y, a una altitud de alrededor de 14.000 metros, inició una desviación hacia el este debido a las diferentes corrientes de aire laminares surgidas en diferentes capas de la atmósfera. Permaneció sobrevolando el cielo de León durante aproximadamente dos

horas, hasta que aterrizó en un paraje agrario, a algunas decenas de metros del cauce del río Torío, en las proximidades de la localidad de Villaobispo de las Regueras.

La carga útil fue localizada sin grandes dificultades en un campo de hierba y matorrales por un grupo de alumnos, guiados por sus teléfonos móviles, que compartían la ubicación con el dispositivo a bordo a través de los servicios de Google. Los otros sistemas de posicionamiento (GPS satelital y APRS) también funcionaron correctamente.



Apertura de la sonda tras el aterrizaje

La expedición completa estaba formada por un grupo de 30 alumnos, que viajaron hasta León; además del equipo necesario para el lanzamiento, se cargó el autocar con bicicletas de montaña, con el fin de facilitar la recuperación de la carga útil si caía en una zona alejada o de difícil acceso para otro tipo de vehículos, lo que finalmente no sucedió.

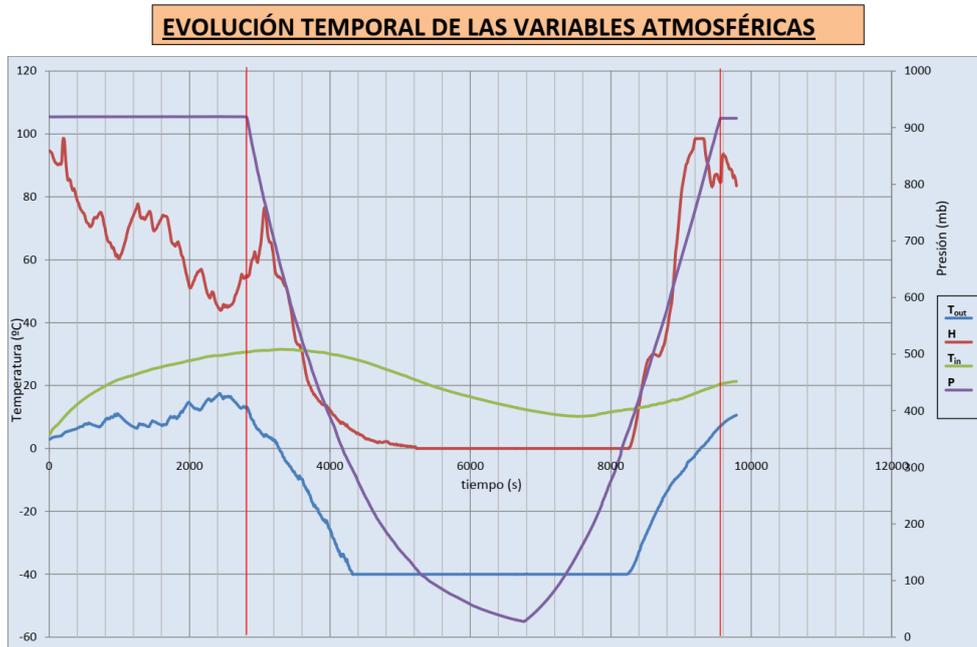
4 Resultados obtenidos.

Una vez recuperada con éxito la sonda, los alumnos elaboraron un informe analizando tanto los valores numéricos obtenidos por el sistema de adquisición de datos, así como la información que se puede extraer de las imágenes y videos tomados por la cámara de abordo y la trayectoria final seguida por GPS.

Los principales resultados científicos de este experimento son los siguientes:

- La temperatura de la atmósfera disminuye significativamente con la altitud, aunque algunos datos a mayores altitudes se perdieron debido al rango limitado del sensor de bajo coste.

- El sistema de calentamiento funcionó correctamente, como se deduce de la temperatura interior que se mantuvo siempre en valores positivos.



Variaciones temporales de la presión, temperaturas interior y exterior y humedad.

- La humedad disminuye con la altitud, no encontrándose cantidades apreciables de vapor de agua a gran altura.

- Las variaciones de presión son la clave para determinar los puntos de lanzamiento, explosión y aterrizaje, ya que las medidas comenzaron a registrarse en el momento de conectar la fuente de alimentación, casi una hora antes del despegue.

- La curvatura de la tierra se pudo observar en las imágenes tomadas desde el espacio, aunque hay una componente debida a cierta distorsión óptica de la lente de la cámara.

- El cielo negro apreciado en las imágenes se justifica como consecuencia de la muy baja concentración de moléculas de aire por encima de la altitud alcanzada y, por tanto, la ausencia de dispersión de Rayleigh.

- La velocidad y la dirección del viento pueden cambiar según la altitud. En este experimento en particular, la carga útil siguió una trayectoria análoga a un círculo vertical.

Se pueden obtener más hallazgos a partir de un análisis más profundo de las imágenes y los datos numéricos recopilados por los sensores electrónicos y los sistemas de posicionamiento.

5 Conclusiones.

Las actividades mencionadas contribuyeron de manera decisiva a involucrar a los estudiantes, profesores, padres e instituciones externas en la educación STEM.

Bajo del común denominador de la cultura maker y la ciencia ciudadana, conseguimos explorar un mundo completamente nuevo; la implementación de escenarios de aprendizaje atractivos en todos los temas relacionados con STEM es posible con la ayuda de “misiones espaciales” y mucho entusiasmo.

Varias disciplinas han concurrido colaborativamente y se han coordinado para lograr la realización de este proyecto:

- TIC: con un datalogger, los alumnos programaron con Arduino la medición y el registro de diferentes parámetros, como temperatura, presión, altitud o la posición. Posteriormente fueron capaces de evaluar los datos, hacer diagramas y presentaciones, videos, etc.).
- Matemáticas: es parte esencial de esta misión espacial e indispensable para su éxito. Las tareas principales consistieron en calcular parámetros geométricos, la cantidad correcta de helio, cálculos estadísticos, de velocidades, etc.
- La física y la tecnología son los campos más directamente involucrados, incluyendo el diseño y montaje de la electrónica, propiedades de materiales, fuerzas, conversiones de energía, propiedades de gases, etc.
- Educación física, los alumnos desarrollan habilidades en orientaciones de campo abierto y ensamblaje de piezas utilizando diferentes tipos de nudos de cordelería.



Alumnos y profesores tras la recuperación de la sonda.

El campo de la exploración espacial a nivel experimental sigue siendo difícilmente accesible para los niveles educativos no universitarios. No obstante, en la última década se plantearon algunos proyectos en esta área y este es nuestro primer paso. A

tenor de la experiencia adquirida y los resultados conseguidos, podemos confirmar nuestra intención de continuar en el futuro. El lanzamiento del Candasat II, previsto inicialmente para mayo de 2020, contaba con financiación a cargo de un proyecto STEAM de la Consejería de Educación, dicha misión tuvo que ser aplazada a causa de la crisis sanitaria.

6 Agradecimientos.

La preparación de esta misión espacial supuso un gran esfuerzo de ingenio y tiempo, tanto desde el punto de vista técnico, como logístico y administrativo. Esta actividad no hubiera sido posible sin la colaboración de diferentes personas e instituciones que, entendiendo el beneficio educativo de esta iniciativa y su contribución a la mejora de la calidad de la educación, se involucraron en las diferentes etapas de una manera totalmente altruista:

- La URE (Unión de Radioaficionados de España) contribuyó con la tecnología de seguimiento APRS, a través de su red internacional de estaciones y repetidores de señal y la colaboración de la comunidad de radioaficionados, la sonda fue escuchada directamente por estaciones a más de 500 km de distancia y su posición fue difundida a través de su página web y redes sociales.
- La empresa Carburos Metálicos comprendió el valor educativo del proyecto y proporcionó un botella X30S con 7.82 m³ de helio de forma gratuita para llenar el globo.
- El ITMA (Instituto Tecnológico de los Materiales de Asturias) nos facilitó el acceso a sus instalaciones de Avilés para las pruebas térmicas en sus cámaras criogénicas, con el objetivo de verificar el funcionamiento de los equipos en condiciones extremas de temperatura, mientras duraron estas pruebas, ofrecieron un visita guiada al centro para alumnos y padres.
- El Colegio Poeta Antón habilitó sus instalaciones, debido a la altura del edificio, para pruebas de paracaídas, con el fin de determinar la velocidad de descenso.
- El IES García Bellido de León nos facilitó sus instalaciones para establecer la base de lanzamiento, su director R. Gallego mostró en todo momento su entusiasmo y colaboración activa.
- La heladería Hermanos Helio permitió realizar las primeras pruebas operativas de los diferentes sistemas a bajas temperaturas.
- La compañía GlobalPlus confió en nuestra iniciativa y nos alquiló su sistema de seguimiento satelital en unas condiciones favorables.
- El Departamento de Coordinación Operativa del Espacio Aéreo de ENAIRE nos asesoró en aspectos legales, otorgó los permisos necesarios y se encargó de emitir el Notam (notification to airmen) para anunciar el evento a las aeronaves que sobrevolaban esa zona del espacio aéreo durante el ascenso y descenso.

- El capitán responsable de la torre de control de la base aérea de La Virgen del Camino, integrada en la Escuadrilla de Control de Tránsito Aéreo y dependiente del Estado Mayor del Ejército del Aire, colaboró amablemente para la obtención de los permisos, dando acceso a su espacio aéreo restringido. Además nos ofreció una visita a sus instalaciones, aunque no pudimos realizarla debido a las medidas sanitarias.



Instituciones que colaboraron con el IES de Candás en la misión espacial Candasat I.

- El departamento de Teoría de la Señal de la Escuela Politécnica de Ingeniería de Gijón orientó el tema de las comunicaciones; un profesor fue a nuestro IES y dio una charla a los estudiantes sobre las comunicaciones con dispositivos móviles.
- S. Randall, director de la empresa británica Random Aerospace, nos asesoró acerca de las características técnicas y fiabilidad de los diferentes fabricantes de globos y paracaídas.
- Los compañeros responsables del proyecto Marumasat en Galicia y Galasat en Andalucía nos ayudaron y animaron en todo momento, compartiendo su experiencia y conocimiento.

7 Difusión.

Una vez finalizada esta iniciativa, creemos que es fundamental compartir esta experiencia y, por tanto, acometer su divulgación en contextos científicos y educativos, tanto a nivel local y regional, como de alcance nacional e internacional.

El objetivo de esta difusión radica en conferir al proyecto una sostenibilidad a largo plazo, ya que pretende servir de guía y de elemento de motivación de cara al desarrollo de proyectos similares en otros centros educativos u otros entornos formativos. Por otro lado, las tareas de difusión constituyen un instrumento sustancial de cara a la mejora de las competencias digitales de profesores y alumnos.

Con esta finalidad, aunque algunas actividades presenciales no pudieron llevarse a cabo debido a la crisis sanitaria, como la feria de ciencia de Navia, llevamos a cabo un plan estructurado de difusión, que se articuló en torno a las siguientes acciones:

- Comunicación en medios de comunicación: aparecieron noticias relacionadas con el lanzamiento en los diarios: La Nueva España, El Comercio, Diario de León y Crónica de León, así como un reportaje en el telediario regional de TVE el día del lanzamiento.
- El trabajo fue seleccionado para participar en la XXI edición de Exporecerca Jove que tuvo lugar en Barcelona del 26 al 29 de febrero de 2020.



Presentación del proyecto Candasat I en la XXI Exporecerca Jove en Barcelona.

- Se presentó, en forma de comunicación oral y publicado en las actas del congreso, en la 17th International Conference on Hands-on Science, HSCI2020, que tuvo lugar en Viana do Castelo, Portugal, del 13 al 17 de Julio de 2020, en modo online.
- Se presentó una comunicación oral en la Global Hands-On Universe Conference, en Bergen, Noruega, que tuvo lugar del 22 al 28 de agosto de 2020, también en modo online.
- Este proyecto recibió una mención de honor en el certamen nacional Ciencia en Acción 2020, promovido por el CSIC, la fundación Princesa de Girona, las reales sociedades de Física, de Química y otros organismos.
- Esta actividad sirvió de modelo de buenas prácticas en el marco de la Semana Europea de la Programación, concretamente en la actividad formativa EU CodeWeek Deep Dive MOOC- Live Event II Teachmeet, que tuvo lugar durante los meses de septiembre y octubre de 2020.
<https://www.youtube.com/watch?v=9AEpsMkGUZM>

- Se presentó en la red eTwinning, concretamente en un webinar celebrado el pasado 19 de octubre con motivo de la Semana Europea de la Programación: <https://live.etwinning.net/professionaldevelopment/onlineseminar/130182> y <https://groups.etwinning.net/7619/pages/page/1072868> (es necesario registrarse para acceder).
- Los responsables del programa Asturias4Steam publicaron una entrevista al coordinador del proyecto: https://asturias4steam.eu/jredondas_iescandas/ con información sobre la génesis y alcance de la actividad.
- Se utilizaron las redes sociales, principalmente Facebook y Twitter (<https://twitter.com/Candasat1>) para su difusión.
- Se publicó un artículo en el blog institucional de la red europea Scientix <http://blogs.eun.org/scientix/2020/07/candasat-i-a-school-space-mission/>
- El proyecto cuenta con un blog propio: <https://candasat.wordpress.com/>
- Nuestra misión se encuentra registrada, compartiendo información y experiencia, en la comunidad GBSC (Global Space Balloon Challenge) <https://www.balloonchallenge.org/>, conjuntamente con otras 641 misiones de 72 países.
- Un breve resumen del lanzamiento e imágenes de la cámara a bordo de la sonda se puede ver en <https://www.youtube.com/watch?v=YDFvu3GgonA> .

8 Profesores participantes.

Aránzazu Bécares Hevia (IES de Candás, departamento de Tecnología)

Beatriz Herrero Canosa (IES de Candás, departamento de Educación Física)

Consuelo Varela Martínez (IES de Candás, departamento de Física y Química)

Susana Fernández Martínez (IES de Candás, departamento de Plástica)

Guadalupe Santos Santos (IES García Bellido, León, departamento de Física y Química)

Lucía López Álvarez (IES de Candás, departamento de Matemáticas)

Félix Cantero González (IES Pérez de Ayala, departamento de Tecnología)

Pablo Fernández Fernández (IES de Candás, departamento de Matemáticas)

Javier Bouza Criado (IES Rafael Puga Ramón, A Coruña, departamento de Ed. Física)

Fco Javier Redondas Maseda (IES de Candás, departamento de Tecnología)