



AEVAH · AGENCIA ESPACIAL VALLE ALTO HENARES

CATÁLOGO DE EXPERIMENTOS POR ETAPA EDUCATIVA

Misión Estratosfera · Curso 2026/2027

CRA La Encina · CEIP Romualdo de Toledo · IES Valle del Henares
Mancomunidad Valle del Alto Henares · Guadalajara

11_CATALOGO_EXPERIMENTOS.md

CATÁLOGO DE EXPERIMENTOS POR ETAPA EDUCATIVA

Documento operativo para el profesorado y el comité pedagógico. Reúne **58 experimentos clasificados por etapa educativa**, con presupuesto desglosado, hipótesis, materiales y producto final. Compatible con el escenario presupuestario Mínimo Viable.




Filosofía: la mayoría son <20 € (muchos <5 €). Los experimentos caros se citan al final como referencia (sección IX), por si una financiación específica permite incorporarlos.

Índice

- I. Cómo leer este catálogo
- II. Experimentos de **Educación Infantil** (3-5 años) — 7 experimentos
- III. Experimentos de **1.º-3.º Primaria** (6-8 años) — 9 experimentos
- IV. Experimentos de **4.º-6.º Primaria** (9-12 años) — 11 experimentos
- V. Experimentos de **1.º-2.º ESO** (12-14 años) — 11 experimentos
- VI. Experimentos de **3.º-4.º ESO** (14-16 años) — 9 experimentos
- VII. Experimentos de **Bachillerato** (16-18 años) — 8 experimentos
- VIII. Experimentos **transversales intercentros** — 3 experimentos
- IX. Experimentos **costosos / profesionales** (referencia) — 8 propuestas
- X. Tablas de síntesis (presupuesto agregado)
- XI. Restricciones físicas a la carga útil (cómo elegir qué sube)

I. CÓMO LEER ESTE CATÁLOGO

Convenciones de columna

Etiqueta	Significado
 T (Tierra)	Experimento en aula o exteriores, no sube
 B (Bordo)	Experimento a bordo del globo
 P (Post-vuelo)	Análisis después del vuelo con datos del vuelo
C (Coste)	€ totales para todo el grupo, IVA incluido
m (Masa a bordo)	g añadidos a la carga útil; restricción crítica (<2 kg total)

Códigos de tipo

- **F** = Física
- **B** = Biología
- **Q** = Química

I = Ingeniería / tecnología AEVAH · Misión Estratosfera — Expediente del proyecto · documento de difusión (datos marcados "pendiente de validación oficial" donde corresponde)

- **D** = Datos / matemáticas

- **A** = Artístico / cultural
- **CC** = Ciencia ciudadana

Niveles de prioridad

- **★ Core:** muy recomendado, alto valor pedagógico y bajo coste.
- **+ Recomendado:** encaja bien si hay margen presupuestario.
- **● Opcional:** solo si recursos sobran.
- **● Ambicioso:** requiere recursos extra o vinculación universitaria.

II. EDUCACIÓN INFANTIL (3-5 años)

II.1 ★ "El cielo en una botella" (F · 🏠 · 5 € · m=0)

- **Hipótesis:** ¿Por qué el cielo es azul a veces y gris a veces?
- **Materiales:** botellas PET 0,5 L, agua, leche, linternas, cartulinas. Tres botellas para todo el aula.
- **Procedimiento:** llenar las botellas con agua y unas gotas de leche; iluminar con linterna por un lado; observar el color azulado por dispersión.
- **Producto:** dibujo "el cielo que veo desde mi casa".
- **Conexión curricular:** descubrimiento del entorno; experimentación.

II.2 ★ "Mi muñeco viaja al cielo" (A · ✨ · 5-10 € · m=30-50)

- **Hipótesis:** ¿Cómo sería el viaje si pudiera subir muy alto?
- **Materiales:** muñeco/mascota colectiva diseñada por los niños (peluche pequeño, dibujo plastificado, llavero de fieltro). Telas, fieltro, hilo, plástico de protección.
- **Procedimiento:** asamblea para elegir mascota; taller de manualidad colectiva; pegarle un cartelito con nombre + curso; pesarla.
- **Producto:** mascota que viaja a bordo y vuelve para exponerse en cada centro.
- **Conexión curricular:** identidad de grupo; expresión plástica; comunicación oral.

II.3 ★ "Globos en el congelador" (F · 🏠 · 3 € · m=0)

- **Hipótesis:** ¿Qué le pasa a un globo cuando hace mucho frío?
- **Materiales:** 6 globos de fiesta, congelador escolar/doméstico, cinta métrica de costura.
- **Procedimiento:** se inflan globos en aula; se mide circunferencia; se introducen en congelador 30 min; se vuelve a medir.
- **Producto:** dibujo "el globo grande y el globo pequeño".
- **Conexión curricular:** observación de fenómenos físicos; introducción a la noción de frío.

II.4 + "Aviones de papel campeones" (F+I · 🏠 · 2 € · m=0)

- **Hipótesis:** ¿Qué forma vuela más lejos?
- **Materiales:** papel reciclado, lápices para decorar.
- **Procedimiento:** taller de plegado; cada niño hace 2 aviones distintos; "concurso de vuelo más lejano" en el pasillo o gimnasio
- **Producto:** ranking visual de aviones.

- **Conexión curricular:** psicomotricidad; cálculo intuitivo (más cerca / más lejos).

II.5 + "El cielo que cambia" (D · 🏠 · 1 € · m=0)

- **Hipótesis:** ¿Hace el mismo tiempo cada día?
- **Materiales:** cartulina con cuadrícula semanal; pegatinas (sol, nube, lluvia, viento).
- **Procedimiento:** durante 4 semanas, cada mañana, observación del cielo y pegatina correspondiente.
- **Producto:** mural meteorológico mensual del aula.
- **Conexión curricular:** rutinas; registro sistemático.

II.6 ● "El paracaídas de la muñeca" (F+I · 🏠 · 3 € · m=0)

- **Hipótesis:** ¿Cómo hago que algo caiga despacio?
- **Materiales:** bolsas de plástico cortadas en cuadrados de 30 cm, hilo, muñequitos pequeños.
- **Procedimiento:** cada niño construye paracaídas y lanza desde una mesa o ventana.
- **Producto:** vídeo del aula con todos los paracaídas en marcha.
- **Conexión curricular:** ingeniería intuitiva; ralentización.

II.7 ● "El dibujo del mundo desde arriba" (A · 🏠 · 2 € · m=0)

- **Hipótesis:** ¿Cómo se ve mi pueblo desde el cielo?
- **Materiales:** papel, ceras, foto satelital impresa del pueblo (Google Earth).
- **Procedimiento:** mostrar la foto satelital de su pueblo; pedir que dibujen lo que verá la cápsula.
- **Producto:** mural colectivo "Nuestro pueblo desde el globo".
- **Conexión curricular:** orientación espacial; vinculación territorial.

Subtotal Infantil: ~21 € por todos los experimentos.

III. 1.º-3.º PRIMARIA (6-8 años)

III.1 ★ "Termómetro casero de alcohol" (F+Q · 🏠 · 6 € · m=0)

- **Hipótesis:** Puedo fabricar un termómetro con materiales caseros y medir temperaturas.
- **Materiales:** botellas pequeñas de cristal con tapa, pajitas transparentes, plastilina, alcohol diluido, colorante alimentario rojo.
- **Procedimiento:** montaje del termómetro; calibración a 0 °C (hielo+agua), a temperatura ambiente, y comparación con termómetro patrón.
- **Producto:** termómetro de cada aula con su escala.
- **Conexión curricular:** instrumentos de medida; calibración intuitiva; ciencias naturales.

III.2 ★ "Higrómetro de cabello humano" (F · 🏠 · 1 € · m=0)

- **Hipótesis:** El cabello humano se estira cuando hay humedad.
- **Materiales:** un cabello de cada niño (autoría compartida), cartulina, alfiler con aguja indicadora.
- **Procedimiento:** se monta el higrómetro con la cartulina como base, el cabello atado y un indicador. Se prueba antes y después de aplicar vapor.
AFETAD. Misión Estratosférica. Expediente del proyecto de desarrollo y difusión (datos marcados "pendiente de validación oficial" donde corresponde)
- **Producto:** higrómetro casero del aula.

- **Conexión curricular:** humedad, propiedades de los materiales, biología (cabello).

III.3 ★ "El globo en el congelador con regla" (F+D · 🏠 · 4 € · m=0)

- **Hipótesis:** El globo encoge proporcionalmente a la temperatura.
- **Materiales:** globos de fiesta, regla, cinta de papel, termómetro escolar.
- **Procedimiento:** se infla y se mide a 25 °C; se introduce 10 min en congelador y se vuelve a medir; se anota.
- **Producto:** tabla por equipos con su medición.
- **Conexión curricular:** ley de Charles a nivel introductorio; matemáticas (resta).

III.4 ★ "Cazadores de temperatura" (F+D · 🏠 + exterior · 5 € · m=0)

- **Hipótesis:** La temperatura cambia según el lugar (sol vs sombra, alto vs bajo).
- **Materiales:** 4-6 termómetros sencillos.
- **Procedimiento:** salida al patio y al pueblo; medición en 6 puntos (sombra, sol, monte cercano, fuente, sótano del centro, ventana). Anotación en libreta de campo.
- **Producto:** mapa de calor del entorno escolar.
- **Conexión curricular:** matemáticas (lectura de instrumentos), conocimiento del medio.

III.5 ★ "Sello viajero del aula" (A · ✂ · 1 € · m=5)

- **Hipótesis:** Mi aula puede mandar algo al borde del espacio.
- **Materiales:** sello pequeño en papel laminado con nombre del aula, lema y huella dactilar de todos los niños (no en colores tóxicos; con tinta vegetal).
- **Procedimiento:** trabajo colectivo en el aula durante una semana; firma y laminado.
- **Producto:** sello que vuela a bordo y regresa enmarcado.
- **Conexión curricular:** identidad grupal; expresión plástica.

III.6 ★ "Las semillas viajeras" (B · ✂ + 🧪 · 5 € · m=15)

- **Hipótesis:** ¿Cambian las semillas después de un viaje a la estratosfera?
- **Materiales:** 3 sobres pequeños esterilizados con lentejas, garbanzos y lino (10 semillas de cada uno). Lote idéntico de control en aula. Placas Petri o vasitos de yogur.
- **Procedimiento:** división en lote viajero y control; tras vuelo, siembra simultánea; medición de germinación a 7 días y longitud de raíz a 14 días.
- **Producto:** tabla comparativa de germinación.
- **Conexión curricular:** método científico, biología, matemáticas (porcentajes).

III.7 + "Anemómetro casero" (F+I · 🏠 + exterior · 6 € · m=0)

- **Hipótesis:** Puedo medir el viento construyendo mi propio aparato.
- **Materiales:** vasitos de plástico, pajitas rígidas, palillo de brocheta, tornillo y arandela, cinta adhesiva.
- **Procedimiento:** se construye un anemómetro de copa; se calibra contando giros en X segundos; se compara con días sin viento y con viento.
- **Producto:** anemómetro del centro.
- **Conexión curricular:** ingeniería casera, medición.

III.8 + "Cohetes de bicarbonato" (Q · 🏠 + exterior · 8 € · m=0)

- **Hipótesis:** Puedo fabricar un "motor" con cosas de cocina.
- **Materiales:** botellas pequeñas con corcho, vinagre, bicarbonato, papel de cocina.
- **Procedimiento:** se mezcla bicarbonato envuelto en papel + vinagre en la botella; se cierra con corcho; se observa el lanzamiento en suelo abierto (con gafas protectoras).
- **Producto:** vídeo del lanzamiento del aula.
- **Conexión curricular:** reacción química, ley de acción-reacción.
- **Seguridad:** gafas, distancia, supervisión adulta.

III.9 ● "Pinta-uñas térmico viajero" (Q · ✨ · 5 € · m=5)

- **Hipótesis:** Hay materiales que cambian de color con la temperatura.
- **Materiales:** pinta-uñas termocrómico (1 frasco), papel de filtro, bolsita zip pequeña.
- **Procedimiento:** se aplican franjas de pinta-uñas termocrómico en papel, se introducen a bordo; se observa post-vuelo.
- **Producto:** "muestrario térmico" del viaje.
- **Conexión curricular:** materiales que reaccionan al frío.

Subtotal 1º-3º Primaria: ~41 €

IV. 4.º-6.º PRIMARIA (9-12 años)

IV.1 ★ "Barómetro casero con botella" (F · 🏠 · 3 € · m=0)

- **Hipótesis:** Puedo medir la presión atmosférica con materiales caseros.
- **Materiales:** botella de cristal, pajita, globo recortado para sellar la boca, agua coloreada, cinta de papel para escala.
- **Procedimiento:** se sella la boca de la botella con membrana de globo, se introduce pajita con agua coloreada parcialmente; los cambios de presión externos hacen subir/bajar el agua.
- **Producto:** registro de la presión diaria durante un mes.
- **Conexión curricular:** Conocimiento del Medio; instrumentos; gráfica.

IV.2 ★ "Cápsula de comparación de aislantes" (F+I · ✨+ 🧪 · 12 € · m=80)

- **Hipótesis:** Algunos materiales aíslan mejor del frío extremo que otros.
- **Materiales:** 4 cubitos de cartón pluma o EPS de 5×5×5 cm. Aislantes a probar: aire (control), papel de aluminio, lana, papel periódico arrugado. Un sensor DS18B20 económico por cubito (4 unidades a ~3 € = 12 €) conectado al datalogger principal.
- **Procedimiento:** preparación cuidadosa con masa idéntica; instalación a bordo; descarga post-vuelo.
- **Producto:** curva T(t) de cada cubito; tabla con "el mejor aislante".
- **Conexión curricular:** Ciencias, Matemáticas, Tecnología.

IV.3 ★ "Las semillas viajeras pro" (B · ✨+ 🧪 · 8 € · m=20)

- AEVAH, Misión Estratosfera — Expediente del proyecto · documento de difusión (datos marcados "pendiente de validación oficial" donde corresponde)
Versión ampliada de III.6 con 5 especies (lenteja, garbanzo, lino, mostaza, lechuga). Diseño de experimento por equipos.

- **Producto:** póster científico por equipo.

IV.4 ★ "Pluviómetro casero" (F · 🏠 + exterior · 4 € · m=0)

- **Hipótesis:** Puedo medir la lluvia con materiales caseros.
- **Materiales:** botella PET cortada y montada como embudo + recipiente; regla pegada.
- **Procedimiento:** instalación en patio; medición tras cada lluvia durante el mes; comparación con AEMET.
- **Producto:** tabla mensual de precipitaciones del pueblo.
- **Conexión curricular:** ciclo del agua.

IV.5 ★ "Comparación con AEMET" (D+CC · 📊 · 0 € · m=0)

- **Hipótesis:** Los datos de mi globo se parecen a los del radiosondeo de AEMET.
- **Materiales:** ordenadores del aula; datos descargados de AEMET / sondeos Wyoming.
- **Procedimiento:** carga del dataset; superposición gráfica.
- **Producto:** gráfica comparativa.
- **Conexión curricular:** TIC; análisis de datos.

IV.6 + "Pegatinas del proyecto en la cápsula" (A · ✨ · 5 € · m=10)

- **Hipótesis:** Cada centro tiene su identidad propia que viaja.
- **Materiales:** pegatinas circulares de 4 cm impresas por centro/aula.
- **Procedimiento:** diseño por equipos; impresión; aplicación en exterior de cápsula.
- **Producto:** cápsula con todas las identidades visibles.
- **Conexión curricular:** Plástica; identidad de grupo.

IV.7 + "Pintura termocrómica de viaje" (Q · ✨ · 8 € · m=15)

- **Hipótesis:** ¿Hasta dónde llega el frío? Una franja de pintura me lo dirá.
- **Materiales:** pintura termocrómica (frasco 15 ml ~5-8 €), cartón, plantilla con escala visual; barniz protector.
- **Procedimiento:** aplicación de franjas con distintas concentraciones; instalación a bordo; observación post-vuelo.
- **Producto:** "tira termocrómica" del viaje, expuesta junto a la cápsula.
- **Conexión curricular:** Química, materiales.

IV.8 + "Botella con agua tintada" (F+Q · ✨ · 2 € · m=80)

- **Hipótesis:** ¿Qué le pasa al agua a 30 km de altura con -55 °C de fuera y una cápsula aislada?
- **Materiales:** botella PET 200 ml de pared dura, agua con colorante alimentario.
- **Procedimiento:** llenado al 80%; instalación dentro de la cápsula aislada.
- **Producto:** botella post-vuelo (esperable: agua líquida porque la cápsula está aislada; pedagógico).
- **Conexión curricular:** estados del agua; aislamiento térmico.
- **Cuidado:** 80 g de masa extra, controlar.

IV.9 + "Maqueta de las capas de la atmósfera" (D · 🏠 · 6 € · m=0)

- **Materiales:** rollo de papel pintado o cartulina larga; pegatinas; reglas.

- **Procedimiento:** se construye a escala (1 m = 50 km) y se cuelga vertical en pasillo del centro.
- **Producto:** maqueta visible permanente.

IV.10 ● "Mensaje del aula en lámina" (A · ✨ · 1 € · m=3)

- **Hipótesis:** Podemos enviar un mensaje colectivo a "los que lo encuentren".
- **Materiales:** lámina A6 plastificada con texto colectivo.
- **Procedimiento:** redacción colectiva con docente; impresión; laminado; instalación.
- **Producto:** lámina post-vuelo enmarcada para exposición.

IV.11 ● "Predicción con CUSF" (D · 🏠 · 0 € · m=0)

- **Hipótesis:** Puedo predecir dónde caerá el globo.
- **Materiales:** ordenadores; conexión a <https://predict.sondehub.org>
- **Procedimiento:** introducción de parámetros; comparación de predicciones D-7, D-3, D-1, D-0.
- **Producto:** mapa con todas las predicciones y el resultado real.
- **Conexión curricular:** TIC; geografía; ciencias.

Subtotal 4º-6º Primaria: ~49 €

V. 1.º-2.º ESO (12-14 años)

V.1 ★ "Datalogger T+P+RH a 1 Hz" (I+F+D · ✨+ 📡 · 25 € · m=80)

- **Hipótesis:** Puedo medir simultáneamente tres variables atmosféricas con sensores digitales sincronizados.
- **Materiales:** ESP32 (12 €) + módulo BME280 (5 €) + lector microSD (4 €) + microSD 32 GB (4 €) = 25 €.
- **Procedimiento:** ensamblaje, programación, calibración previa, integración en cápsula, descarga post-vuelo.
- **Producto:** dataset CSV de varias horas a 1 Hz; gráficas T(z), P(z), RH(z).
- **Conexión curricular:** Tecnología y Digitalización; Física y Química.

V.2 ★ "Sensor UV con altitud" (F+I · ✨+ 📡 · 14 € · m=15)

- **Hipótesis:** La radiación UV aumenta con la altitud.
- **Materiales:** sensor VEML6075 (12 €) + cableado (2 €).
- **Procedimiento:** integración con el ESP32 del experimento V.1, calibración previa con luxómetro escolar o índice UV de AEMET.
- **Producto:** curva UV(z).

V.3 ★ "IMU del vuelo" (F+I · ✨+ 📡 · 5 € · m=10)

- **Hipótesis:** Hay eventos detectables por aceleración: lanzamiento, paso de tropopausa, reventón, paracaídas, aterrizaje.
- **Materiales:** MPU6050 (5 €).
- **Procedimiento:** integración a 10 Hz; análisis post-vuelo en Excel/Python
- **Producto:** gráfica de aceleración 3D durante todo el vuelo; identificación de eventos.

V.4 ★ "Sensor magnético — brújula del vuelo" (F+I · ✨ + 🧭 · 8 € · m=10)

- **Hipótesis:** Puedo detectar la rotación del globo mediante la lectura del campo magnético terrestre.
- **Materiales:** magnetómetro HMC5883L o QMC5883L (~5 €), conectores (3 €).
- **Procedimiento:** integración con ESP32; análisis post-vuelo (giro del globo, cambios al cruzar tropopausa).
- **Producto:** gráfica de orientación a lo largo del vuelo.

V.5 ★ "Cámara secundaria económica de bajo coste a bordo" (I+A · ✨ · 12 € · m=80)

- **Hipótesis:** Puedo grabar el vuelo con una cámara de ~10 €.
- **Materiales:** ESP32-CAM (12 €) con tarjeta microSD. Alternativa: cámara analógica desechable (10-12 €) tipo Kodak.
- **Procedimiento:** programación para guardar foto cada 10 s; o (alternativa) usar la cámara desechable con disparo accionado por mecanismo o simplemente la luz del día.
- **Producto:** colección de fotos del vuelo.
- **Conexión curricular:** Tecnología; Imagen y Sonido.

V.6 + "Micrófono digital — ¿se oye algo a 30 km?" (F+I · ✨ + 🧭 · 10 € · m=15)

- **Hipótesis:** ¿Cómo cambia el sonido a medida que la presión disminuye?
- **Materiales:** micrófono digital MEMS I²S INMP441 (~7 €) + cableado (3 €).
- **Procedimiento:** grabación a 16 kHz durante el vuelo; análisis espectral post-vuelo.
- **Producto:** "viaje sonoro al borde del espacio" en formato audio + espectrograma.
- **Nota:** la presión decrece y el sonido externo se vuelve muy débil; resultado esperable interesante.

V.7 + "Construcción de la cápsula" (I · 🏠 · 10 € · m=0)

- **Hipótesis:** Una cápsula bien diseñada protege la electrónica.
- **Materiales:** plancha EPS extra, cinta americana, cúter, regla, papel de aluminio, manta térmica.
- **Procedimiento:** taller de construcción guiado en aula.
- **Producto:** cápsula real del proyecto.
- **Conexión curricular:** Tecnología; Diseño.

V.8 + "Test térmico en frigorífico" (I · 🏠 · 0-5 € · m=0)

- **Hipótesis:** Mi cápsula y mi electrónica funcionan a -20 °C durante 3 horas.
- **Materiales:** frigorífico escolar/doméstico, datalogger funcionando.
- **Procedimiento:** introducción de la cápsula completa durante 3 h, descarga y análisis.
- **Producto:** informe técnico "validación de cápsula".

V.9 ● "Bandera del proyecto a bordo" (A · ✨ · 5 € · m=20)

- **Hipótesis:** Nuestra bandera viaja al borde del espacio.
- **Materiales:** bandera/tela con identidad de cada centro impresa o serigrafiada.
- **Procedimiento:** diseño cooperativo; impresión; instalación.
- **Producto:** bandera enmarcada como objeto patrimonial post-vuelo.

V.10 ● "Mascota Lego o miniatura" (A · ✨ · 5-10 € · m=20)

- **Hipótesis:** Una figura miniatura puede acompañar el vuelo.
- **Materiales:** una figura Lego o muñeco de plástico resistente.
- **Procedimiento:** ubicación en cápsula con vista a cámara.
- **Producto:** imágenes icónicas de la mascota con la curvatura de la Tierra al fondo.
- **Conexión cultural:** muchos proyectos HAB célebres (incluidos los británicos del Daily Mail y la cápsula del "Lego astronaut") han popularizado esta práctica.

V.11 ● "Variabilidad del color del cielo" (F+I+D · ✨+ 🧪 · 0 € · m=0)

- **Hipótesis:** El color del cielo varía de azul claro a azul oscuro y negro con la altitud.
- **Materiales:** los datos de la cámara primaria (reutiliza recurso existente).
- **Procedimiento:** post-vuelo, extraer frames cada 30 s; analizar componente RGB del cuadrante de cielo con Python o herramienta gráfica.
- **Producto:** gráfica RGB(altitud); identificación visual de transición.

Subtotal 1º-2º ESO: ~94 €

VI. 3.º-4.º ESO (14-16 años)

VI.1 ★ "Datalogger profesional ampliado" (I+F+D · ✨+ 🧪 · 50 € · m=120)

- **Materiales:** versión avanzada del datalogger V.1 con BME680 (presión + temperatura + humedad + COV), DS18B20 externo, microSD industrial, RTC DS3231.
- **Procedimiento:** programación robusta con watchdog, comunicación serie con tracker.
- **Producto:** firmware documentado en repositorio + dataset publicado.
- **Conexión curricular:** Tecnología, Física, Informática.

VI.2 ★ "Sensor de partículas en tierra" (Q+CC · 🏠 · 35 € · m=0)

- **Hipótesis:** ¿Cuánto polvo en suspensión hay en mi pueblo vs. otro punto del proyecto?
- **Materiales:** sensor SDS011 / PMS5003 (~25 €) + ESP32 (12 €).
- **Procedimiento:** medición en patio escolar durante una semana; comparación entre centros.
- **Producto:** dataset de calidad del aire del Alto Henares (ciencia ciudadana).
- **Conexión curricular:** Biología, Geología, Ciencias Ambientales, Ciudadanía.

VI.3 ★ "Trayectoria predicha vs. real" (D · 🧪 · 0 € · m=0)

- **Hipótesis:** Puedo predecir el lugar de aterrizaje con error <10 km.
- **Materiales:** ordenadores; CUSF Tawhiri.
- **Procedimiento:** ejecutar predicciones D-3, D-1, D-0; comparar con resultado.
- **Producto:** análisis de error; gráfica de las 4 predicciones + real.
- **Conexión curricular:** Matemáticas, TIC, Geografía.

VI.4 ★ "Cámara nadir y zenith" (I+A · ✨ · 12 € · m=120)

- **Hipótesis:** Filmar simultáneamente arriba y abajo da contexto único.

AEVAH · Misión Estratosfera — Expediente del proyecto · documento de difusión (datos marcados "pendiente de validación")

© 2023 por el autor. Todos los derechos reservados.

- **Materiales:** segunda ESP32-CAM (12 €) o reutilizar cámara secundaria del proyecto.
- **Procedimiento:** dos cámaras orientadas en direcciones opuestas.
- **Producto:** vídeo con cuadrante superior + inferior simultáneo.
- **Nota:** masa de 2 cámaras supone 120-160 g; gestionar.

VI.5 + "Mini-reloj solar a bordo" (F+A · ✖ · 3 € · m=15)

- **Hipótesis:** Un reloj solar puede registrar la trayectoria del Sol durante el vuelo.
- **Materiales:** cartulina rígida con escala impresa, gnomon de palillo o varilla pequeña.
- **Procedimiento:** instalación visible para una cámara; observación post-vuelo de la sombra.
- **Producto:** análisis de la posición solar durante el vuelo.

VI.6 + "Acelerómetro de alta frecuencia" (F+I · ✖ + 📡 · 12 € · m=15)

- **Hipótesis:** El reventón del globo es detectable con un acelerómetro a 100 Hz.
- **Materiales:** ADXL345 o LIS3DH (~10 €).
- **Procedimiento:** programación a 100 Hz; análisis FFT post-vuelo.
- **Producto:** espectro de frecuencias del vuelo; aislamiento del evento "reventón".

VI.7 + "Test de pegamentos a baja temperatura" (Q+I · ✖ + 📡 · 6 € · m=30)

- **Hipótesis:** Algunos pegamentos pierden propiedades a -50 °C.
- **Materiales:** 5 piezas pequeñas (madera/plástico) pegadas con 5 tipos de adhesivo: cinta americana, pegamento blanco, super-glue, silicona, cinta de doble cara.
- **Procedimiento:** test de tracción post-vuelo (dinamómetro).
- **Producto:** ranking de adhesivos frente a frío extremo.

VI.8 ● "Test de tintas y rotuladores" (Q+A · ✖ + 📡 · 5 € · m=15)

- **Hipótesis:** La radiación UV y el frío afectan a las tintas.
- **Materiales:** hojas con franjas de distintos rotuladores y plumas (BIC, rotulador permanente, lápiz, tinta china, óleo, acuarela).
- **Procedimiento:** una hoja viaja, otra queda en aula como control; comparación visual post-vuelo.
- **Producto:** muestrario del comportamiento de tintas.

VI.9 ● "Sensor de ozono con MQ-131" (Q+F · ✖ + 📡 · 25 € · m=20)

- **Hipótesis:** Es posible detectar el aumento de ozono en la estratosfera.
- **Materiales:** MQ-131 (~20 €), cableado.
- **Procedimiento:** integración con ESP32, calibración compleja.
- **Producto:** perfil de ozono con altitud.
- **Limitación:** sensor MQ no calibrado profesionalmente; lectura **cuantitativa** más que cuantitativa.

Subtotal 3º-4º ESO: ~148 €

VII. BACHILLERATO (16-18 años)

VII.1 ★ "Validación cuantitativa de la ISA" (F+D · 🧪 · 0 € · m=0)

- **Hipótesis:** El perfil real $T(z)$, $P(z)$ se desvía de la atmósfera estándar internacional con patrón estacional.
- **Materiales:** ordenadores; Python o R.
- **Procedimiento:** análisis estadístico con regresión, error medio, RMSE.
- **Producto:** notebook Jupyter publicado en GitHub.

VII.2 ★ "Predicción de altitud de reventón" (F+D · 🧪 · 0 € · m=0)

- **Hipótesis:** Puedo predecir la altitud de reventón a partir del volumen de helio inicial y la curva de presión.
- **Procedimiento:** modelo isoterma simplificado y politrópico; comparación con altitud real medida.
- **Producto:** modelo físico documentado.

VII.3 ★ "Cálculo de free-lift y velocidad de ascenso" (F · 🧪 · 0 € · m=0)

- Resolución completa con cálculos: empuje, masa total, velocidad teórica, comparación con datos reales del vuelo.

VII.4 ★ "Detector de radiación cósmica con SBM-20" (F+I · ✨+ 🧪 · 45 € · m=80)

- **Hipótesis:** La radiación cósmica aumenta con la altitud, alcanzando un máximo (pico de Pfozter) a ~15-20 km y luego disminuyendo.
- **Materiales:** módulo contador Geiger con tubo SBM-20 (~35-45 € en módulos chinos compatibles con Arduino).
- **Procedimiento:** integración con ESP32; conteo de pulsos por minuto.
- **Producto:** curva CPM(z); validación del **pico de Pfozter** (resultado clásico de la física atmosférica).
- **Conexión curricular:** Física avanzada; Historia de la ciencia (Hess, 1912).
- **Limitación:** SBM-20 no es laboratorio profesional pero es ampliamente usado en experimentos amateur.

VII.5 + "Espectroscopio casero a bordo" (F · ✨+ 🧪 · 4 € · m=20)

- **Hipótesis:** Puedo construir un espectroscopio con un CD y un cartón.
- **Materiales:** cartón, CD usado, cinta negra.
- **Procedimiento:** se monta el espectroscopio enfocado al sol; se graba post-vuelo desde la cámara secundaria.
- **Producto:** comparación de espectro visible a baja y alta altitud (cualitativa).

VII.6 + "Sensor de campo magnético calibrado" (F+I · ✨+ 🧪 · 20 € · m=15)

- **Hipótesis:** Puedo medir el campo magnético terrestre con precisión y detectar la rotación del globo.
- **Materiales:** RM3100 o magnetómetro de calidad superior (~20 €).

- **Procedimiento:** integración con datalogger principal; análisis post-vuelo.
- **Producto:** trayectoria angular del globo durante el vuelo.

VII.7 + "Comparación con radiosondeo AEMET" (D · 📡 · 0 € · m=0)

- **Hipótesis:** Mi perfil T(z) y P(z) se ajusta razonablemente al radiosondeo simultáneo de Madrid-Barajas.
- **Materiales:** datos públicos de Universidad de Wyoming, AEMET, sondeos europeos.
- **Procedimiento:** descarga de los radiosondeos del día y hora más cercanos; superposición y análisis.
- **Producto:** memoria comparativa.

VII.8 ● "Cámara hiperespectral mini" (F+I+D · 📷+📡 · 250-500 € · m=200)

- **Hipótesis:** Imagen multibanda permite distinguir vegetación, agua, suelo desde altitud.
- **Materiales:** Pi Camera + filtros NDVI o cámara NoIR + filtro rojo.
- **Procedimiento:** programación de captura sincronizada.
- **Producto:** índice NDVI del Alto Henares desde la estratosfera.
- **Nota:** caro, solo si hay vinculación universitaria.

Subtotal Bachillerato (sin VII.8): ~69 €

VIII. EXPERIMENTOS TRANSVERSALES E INTERCENTROS

VIII.1 ★ "El globo que reventó: análisis cooperativo" (F+D · 📡 · 0 € · m=0)

- **Hipótesis:** Podemos calcular el diámetro del globo en el momento del estallido.
- **Materiales:** datos de altitud y presión del vuelo, calculadora, hoja de cálculo.
- **Procedimiento:** sesión conjunta Primaria-ESO-Bachillerato; cada nivel resuelve a su altura.
- **Producto:** "carta abierta a los más pequeños" explicando el diámetro real con dibujo a escala.

VIII.2 ★ "Mapa colaborativo de la trayectoria" (D+CC · 📡 · 10 € · m=0)

- **Hipótesis:** Podemos reconstruir el viaje completo con datos GPS, fotos y testimonios.
- **Materiales:** ordenadores; impresión de mapa a gran escala.
- **Procedimiento:** todos los centros aportan sus elementos (fotos de la jornada, capturas de tracking, anécdotas).
- **Producto:** mapa AO colaborativo expuesto en cada centro.

VIII.3 ★ "Día de la ciencia rural" (CC · 🏠 · 0-20 € · m=0)

- **Hipótesis:** Podemos compartir lo aprendido en una jornada abierta al pueblo.
- **Materiales:** cartelera, mesas, paneles del proyecto.
- **Procedimiento:** una vez al trimestre, cada centro abre sus puertas con experimentos del proyecto explicados por su alumnado.
- **Producto:** 3 jornadas + libro de visitantes.

Subtotal transversales: ~25 €

AEVAH - Misión Estratosfera — Expediente del proyecto · documento de difusión (datos marcados "pendiente de validación oficial" donde corresponde)

IX. EXPERIMENTOS COSTOSOS / PROFESIONALES (REFERENCIA)

Este bloque cita experimentos **que se hacen habitualmente en proyectos HAB universitarios o profesionales**, pero cuyo coste excede el escenario base austero del proyecto. Se documentan **como referencia y horizonte**, por si una financiación específica permite incorporarlos en futuras ediciones (Misión Estratosfera II o III), o si una universidad colaboradora los aporta.

IX.1 ● Sensor de ozono profesional (Aeroqual SM50 o Ozone 2B) — 600-1.200 €

- Mide ozono con precisión de partes por billón.
- Permite caracterizar la **capa de ozono** real.
- Usado por equipos universitarios.

IX.2 ● Contador Geiger con espectrometría (PolyGeiger o RadiaCode-101) — 200-400 €

- Diferencia tipos de radiación (alfa/beta/gamma).
- Espectro energético.
- Permite caracterizar el **pico de Pfozter** con detalle profesional.

IX.3 ● Cámara térmica FLIR Lepton 3.5 / 160×120 — 250-500 €

- Mapa térmico desde la estratosfera.
- Permite estudiar la **temperatura superficial** del terreno desde altura.

IX.4 ● Espectrómetro UV-Vis miniaturizado (Hamamatsu C12880MA) — 300-500 €

- Espectro visible y UV en cada punto del vuelo.
- Aplicación: características espectrales del cielo a distintas altitudes.

IX.5 ● Cámara hiperespectral (Picam con filtros NDVI) — 150-400 €

- Índice NDVI desde la estratosfera.
- Permite analizar **salud de la vegetación** del Alto Henares.

IX.6 ● Sensor de radiación neutrónica — 800-2.000 €

- Detección de neutrones secundarios de radiación cósmica.
- Solo en proyectos avanzados con apoyo universitario (CSIC, IFIC, IFAE).

IX.7 ● Sensor de campo eléctrico atmosférico (electric field mill) — 500-1.500 €

- Caracterización del campo eléctrico atmosférico vertical.
- Aplicación: estudio de la **electrosfera**.

IX.8 ● Acelerómetro de calidad geofísica + giroscopio FOG — 1.500-3.000 €

- Análisis dinámico de alta precisión del vuelo.
- Solo en proyectos profesionales.

IX.9 ● Tardígrados o microorganismos extremófilos en cápsula sellada — coste material modesto pero requiere supervisión biológica titulada y cumplimiento ético — 200-500 €

incluida la supervisión.

- Estudio de supervivencia tras exposición a frío extremo y radiación.
- Experimentos similares ya se han hecho en globos sonda estudiantiles europeos.

IX.10 ● Sensor de presión absoluta de alta precisión (MS5803-14BA) — 30-40 €

- Mejora la resolución del BME280 estándar.
- **Económicamente accesible** y recomendable si se quiere precisión sin disparar coste.

X. TABLAS DE SÍNTESIS — PRESUPUESTO AGREGADO

X.1 Presupuesto de "core mínimo" (solo experimentos ★ Core)

Etapa	Coste experimentos Core	Notas
Infantil	15 €	Sellos, mascota, dibujos, globos congelador
1º-3º Primaria	18 €	Termómetro, higrómetro, semillas, sello
4º-6º Primaria	25 €	Barómetro, aislantes, semillas pro, pluviómetro, AEMET
1º-2º ESO	64 €	Datalogger T+P+RH, UV, IMU, magnetómetro, cámara secundaria
3º-4º ESO	62 €	Datalogger pro, partículas en tierra, trayectoria, cámara nadir+zenith
Bachillerato	45 €	ISA, free-lift, Geiger SBM-20
Transversales	10 €	Mapa colaborativo
Total experimentos Core	≈ 240 €	Suplemento al presupuesto base del proyecto

X.2 Presupuesto de "core + recomendados" (★ + +)

Etapa	Coste experimentos Core + Recomendados
Infantil	21 €
1º-3º Primaria	41 €
4º-6º Primaria	49 €
1º-2º ESO	94 €
3º-4º ESO	148 €
Bachillerato	69 €
Transversales	25 €
Total	≈ 447 €

X.3 Compatibilidad con escenarios presupuestarios

Escenario presupuestario base	Experimentos viables
0 – Mínimo Viable (1.650 €)	Todos los ★ Core. Algunos + Recomendados. Total ~240-300 € incluidos dentro del MV.
1 – Ajustado (3.300 €)	Todos ★ + +. Algunos ● Opcionales. Total ~450-550 € experimentos.
2 – Recomendado (6.500 €)	Todos ★ + + + ● + uno o dos ● Ambiciosos (Geiger, NDVI). Total ~700-1.000 € experimentos.

Nota crítica: los presupuestos de los experimentos están **ya incluidos** en los cálculos del archivo 06_PRESUPUESTO_PROVEEDORES_DETALLADO.md (en las partidas de "Electrónica datalogger", "Material aula", "Sensores adicionales"). Este catálogo desagrega esas partidas por experimento concreto para facilitar la **selección modular**.

X.4 Selección final recomendada (default)

Si el comité quiere una **selección por defecto** equilibrada compatible con el Mínimo Viable, recomendamos los siguientes **20 experimentos** (todos los ★ Core + algunos + esenciales):

Etapas	Experimentos seleccionados
Infantil	II.1 (cielo en botella), II.2 (mascota), II.3 (globos congelador)
1º-3º Primaria	III.1 (termómetro casero), III.2 (higrómetro), III.4 (cazadores T), III.5 (sello), III.6 (semillas)
4º-6º Primaria	IV.1 (barómetro), IV.2 (aislantes), IV.5 (comparación AEMET)
1º-2º ESO	V.1 (datalogger), V.2 (UV), V.3 (IMU)
3º-4º ESO	VI.1 (datalogger pro), VI.3 (trayectoria predicha), VI.4 (cámara nadir+zenith)
Bachillerato	VII.1 (validación ISA), VII.2 (predicción reventón), VII.3 (free-lift)
Transversales	VIII.1 (globo que reventó)

Coste agregado del paquete de 20 experimentos por defecto: ~210 € (encaja holgadamente en cualquier escenario presupuestario del proyecto).

XI. RESTRICCIONES FÍSICAS A LA CARGA ÚTIL

XI.1 Presupuesto másico de la cápsula

Concepto	Masa (g)
Cápsula EPS + aislamiento + cinta	~250
Datalogger principal completo (ESP32 + sensores + SD + cableado)	~120
Datalogger secundario (Arduino + BMP280 + DS18B20)	~80
Tracker APRS (LightAPRS-W)	~80
Tracker GSM	~80
Pilas (16× L91 AA = 200 g)	~200
Powerbank 10.000 mAh	~190
Cámara primaria + soporte + protección	~250
Cámara secundaria	~80-100
Cableado y conectores	~50
Placa identificación + adhesivos	~30
Subtotal infraestructura	~1.410-1.430 g
Margen para experimentos a bordo	~570-590 g

XI.2 Distribución del margen para experimentos a bordo

El reparto sugerido, para llegar a ~2.000 g totales sin sobrepasar:

Experimento a bordo	Masa orientativa (g)
II.2 Mascota Infantil	30-50
III.5 Sello aula × 6 centros	30
III.6 Semillas viajeras (3 sobres)	20
IV.2 Cápsula de aislantes (4 cubitos con DS18B20)	80
IV.6 Pegatinas centros	10
IV.7 Pintura termocrómica	15
IV.8 Botella con agua tintada	80
IV.10 Mensaje del aula	3
V.4 Magnetómetro	10
V.6 Micrófono	15
V.9 Bandera	20
V.10 Mascota Lego	20
VI.5 Reloj solar	15
VI.7 Test pegamentos	30
VI.8 Test tintas	15
VII.4 Geiger (si se incluye)	80
VII.5 Espectroscopio	20
Total experimentos a bordo (selección amplia)	~493 g
Margen final	~80-100 g (ivale!)

Si se incluyen **todos** los experimentos a bordo del catálogo, se está al límite. **Se prioriza** y se selecciona en sesión del comité pedagógico al menos un mes antes del lanzamiento.

XI.3 Reglas de prioridad para experimentos a bordo

1. **Imprescindibles:** datalogger principal (mide T, P, RH, GPS), cámara primaria, tracking, identidad (sellos/pegatinas).
2. **Muy importantes:** cápsula de aislantes (Primaria), mascota Infantil, semillas viajeras, IMU, UV.
3. **Importantes si caben:** magnetómetro, pintura termocrómica, mensaje del aula, bandera.
4. **Solo si hay margen:** reloj solar, tests de pegamentos/tintas, espectroscopio, Geiger.

XI.4 Validación pre-lanzamiento

- **D-7:** ensamblaje completo y pesaje en presencia de testigos.
- **Si la masa total supera 1.900 g,** se eliminan experimentos según orden inverso de la prioridad (empezar por las "Solo si hay margen").
- **Si la masa baja de 1.500 g, se evalúa añadir experimentos** del "Recomendados / Opcionales" que se habían descartado.

XII. CALENDARIO DE LOS EXPERIMENTOS

Mes	Etapas	Actividad
Octubre 2026	Todos	Asamblea pedagógica intercentros para selección final del catálogo
Noviembre 2026	Todos	Compra de materiales por lotes
Diciembre 2026	Infantil + 1º-3º Primaria	Primeros experimentos en aula (cielo en botella, globos congelador, termómetros caseros)
Diciembre 2026 - Enero 2027	4º-6º Primaria	Barómetros, pluviómetros, lecturas mensuales
Enero - Febrero 2027	ESO	Ensamblaje y programación del datalogger
Febrero 2027	ESO	Test de cápsula a -20 °C en frigorífico
Marzo 2027	Bachillerato	Predicción CUSF inicial; cálculos físicos de free-lift
Marzo - Abril 2027	Todos	Decisión final de la carga útil y pesaje
Abril 2027	Todos	Ensamblaje final de la cápsula y siembras de control (semillas)
Mayo 2027 (D-0)	Todos	LANZAMIENTO
Mayo - Junio 2027	Todos	Recuperación, descarga de datos, análisis por etapas
Junio 2027	Todos	Pósters y memoria; sesión intercentros de socialización
Junio 2027	Todos	Acto público de cierre con pósters expuestos

XIII. EVALUACIÓN ESPECÍFICA DE LOS EXPERIMENTOS

Cada experimento se evalúa con:

- **Producto entregable:** existe sí/no.
- **Calidad del producto:** rúbrica de 4 niveles (sección 3 del archivo `09_EVALUACION_INCLUSION_SOSTENIBILIDAD.md`).
- **Comprensión conceptual del alumnado:** pregunta abierta en cuaderno de campo y oral.
- **Trabajo cooperativo:** observación docente.

Los experimentos a bordo se evalúan adicionalmente con:

- **Funcionalidad pre-lanzamiento:** test en aula (sí/no).
- **Datos recogidos en vuelo:** completitud (porcentaje del tiempo con datos válidos).
- **Análisis post-vuelo:** comparación con hipótesis, calidad de la memoria.

XIV. RECURSOS COMPLEMENTARIOS

XIV.1 Material de aula compartido

- **Una caja maleta "Misión Estratosfera"** itinerante entre los centros con: 4 termómetros, 4 barómetros, 2 anemómetros caseros, 1 báscula digital, 1 báscula colgante, 1 multímetro, 1 soldador

(con docente referente), 1 datalogger demo, 1 placa solar pequeña, 5 sensores BME280 de demostración.

- Coste de la caja maleta: ~80 € (ya contemplado en partida 06.16 del presupuesto).

XIV.2 Bibliografía complementaria

- *Manual de iniciación a la electrónica* (Arduino para principiantes).
- *Atmósfera, tiempo y clima* (Wallace & Hobbs, capítulos accesibles).
- Manuales libres en <https://www.arduino.cc/learn>
- Recursos didácticos de Stratoflights (<https://www.stratoflights.com/es/proyecto-escuela/>).
- Stratosphere educational kits FAA y ESA (recursos libres).

XIV.3 Vinculación intercentros

- Cada experimento se asigna a uno o varios centros como **responsables principales**, pero **todos los centros tienen visibilidad** del resultado.
- **Sesión de "embajadores"** (1 por experimento por nivel): alumnado responsable que viaja a otro centro para explicar su experimento.

Fin del catálogo de experimentos.