

MEMORIA DE COMPROMISOS Y RESULTADOS ACTÚA

Actuaciones Avaladas para la Mejora Docente

2024/2025

Identificación del proyecto	
Código	sol-202400284898-tra
Título	Test funcionales y ambientales del nanosatélite educativo UCAFly del programa Fly Your Satellite de la Agencia Espacial Europea
Responsable	Ignacio Mateos Martín

Describe los resultados obtenidos a la luz de los objetivos y compromisos que adquirió en la solicitud de su proyecto. Copie en las dos primeras filas de cada tabla el título del objetivo y la descripción que incluyó en el apartado 2 de dicha solicitud e incluya tantas tablas como objetivos contempló.

Objetivo nº 1	Guía y supervisión del ensamblaje e integración del nanosatélite
Actividades previstas:	Definición del procedimiento de ensamblaje de los subsistemas y el experimento científico en la estructura tipo CubeSat del nanosatélite. Visita de la Agencia Espacial Europea a la ESI para comprobar que la metodología que llevan a cabo los estudiantes durante el montaje del CubeSat es la idónea. Realización de las pruebas funcionales del hardware de vuelo y del software una vez ensamblado.
Actividades realizadas y resultados obtenidos:	Todas las tareas se completaron satisfactoriamente, superando los estándares exigidos por la Agencia Espacial Europea (ESA). Definición del Procedimiento de Ensamblaje El objetivo de establecer una metodología de ensamblaje robusta se cumplió con la creación de un procedimiento detallado, garantizando la calidad y repetibilidad del montaje del sistema y el Experimento Científico (Payload). Elaboración de un manual de ensamblaje exhaustivo con secuencias paso a paso para la integración de todos los subsistemas. También se realizó un video del paso a paso que puede ser visualizado en YouTube: https://www.youtube.com/watch?v=Kk2-ByYqUKs

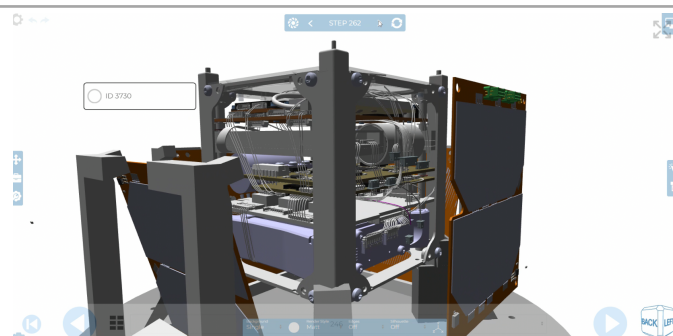


Figura: Detalle de la secuencia de ensamblaje del CubeSat.

Se han implementado listas de verificación y control de par de apriete (torque) de la estructura, registrando también la configuración de todos los conectores.

Se han aplicado protocolos rigurosos de salas limpias y normativas antiestáticas (ESD) para la manipulación de componentes sensibles, previniendo la contaminación crítica.

El resultado es un proceso de ensamblaje trazable, repetible y seguro, que sienta las bases para la integración del modelo de vuelo del nanosatélite UCAnFly.

Visita de la Agencia Espacial Europea (ESA)

La responsable de la Agencia Espacial Europea (ESA) en el proyecto UCAnFIY visitó la ESI en septiembre de 2024 para auditar la metodología de integración y procedimiento de ensamblaje de los subsistemas y el experimento científico en la estructura del nanosatélite.

La ESA en su visita evaluó positivamente la preparación técnica del equipo y el cumplimiento de los protocolos de seguridad dando un informe positivo, que certifica que la metodología de integración, los procedimientos de control de calidad y la cualificación del equipo son idóneos y cumplen los altos estándares de misiones espaciales. Sin embargo, la ESA encontró posibles mejoras en las instalaciones donde estamos haciendo la integración del satélite y nos envió una serie de recomendaciones para mejorar las condiciones de limpieza. Actualmente se dispone de financiación para la mejora de las instalaciones y se está gestionando los permisos con la Subdirección de Infraestructuras de la ESI, el Vicerrectorado de Infraestructuras y el Servicio de Prevención de Riesgos Laborales. Se adjunta a este documento la carta

	enviada por ESA con las recomendaciones a implementar en lo referente al lugar de integración del satélite. Esta validación externa certifica el proyecto y refuerza la capacidad del equipo para proceder con las fases finales de pruebas ambientales y operación, a falta de la mejora explicada anteriormente. En los siguiente links se pueden visualizar dos notas de prensa al respecto de la visita de la ESA a la UCA https://esingenieria.uca.es/noticia/ucanfly-recibe-la-visita-de-la-agencia-espacial-europea/ https://www.uca.es/noticia/la-universidad-de-cadiz-progresan-su-mision-espacial-con-el-apoyo-de-la-agencia-espacial-europea/ Realización de las Pruebas Funcionales Integradas Tras la interconexión de los diferentes subsistemas de vuelo y su integración Software, se ejecutaron las pruebas funcionales para asegurar la operatividad total del sistema (hardware y software) en un escenario integrado. Se cubrieron todos los modos de operación. Los resultados confirmaron la operatividad de la mayoría de los subsistemas: ● EPS: Correcta gestión de carga/descarga de baterías y distribución de potencia, manteniendo el consumo dentro del presupuesto de energía. ● COMMS: Validación exitosa de la comunicación de enlace ascendente (comando) y descendente (telemetría) con la estación terrestre simulada. Actualmente queda pendiente un test de velocidad de datos, que actualmente es menor del esperado debido al protocolo de comunicación. ● ADCS: Correcta operación de sensores y actuadores pasivos para la determinación y control de la orientación. ● OBC: El Software de Vuelo ha sido desarrollado en un 92%, a falta de terminar de integrar los modos de posibles fallos del nanosatélite. Se ha probado la correcta gestión de las transiciones entre Modo
--	---

Seguro, Modo Nominal y Modo Ciencia, y ejecución eficiente del protocolo de estado (Housekeeping).

- **Payload Científico:** Verificación del inicio de la secuencia de operación del experimento, la adquisición de datos y el correcto almacenamiento en la memoria de vuelo.

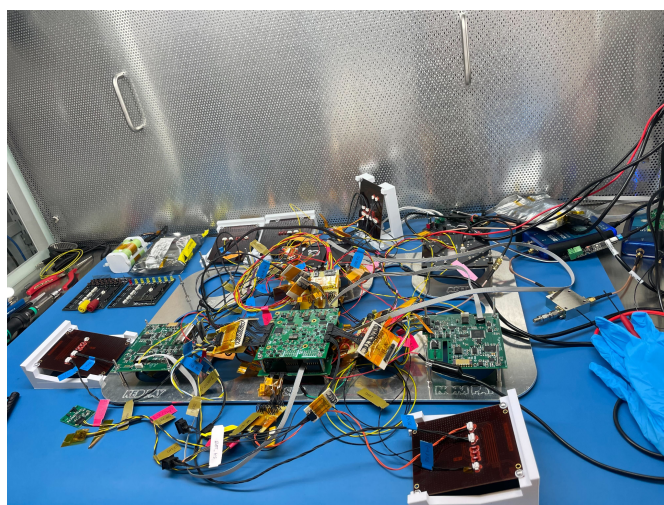


Figura: Pruebas funcionales de los diferentes subsistemas del nanosatélite en configuración FlatSat.

El éxito de esta fase se está valorando actualmente por la ESA en un procedimiento conocido como Manufacturing Readiness Review (MRR). Una vez superada esta fase se obtendrá el visto bueno del comienzo del ensamblaje del nanosatélite en su disposición final (configuración stack).

Para el Objetivo 1 se redactaron guías, especificaciones y procedimientos del test (TSTP), procedimientos paso a paso (SBS) y reportes de resultados del test (TRTP). Se listan algunos de los documentos redactados por el equipo de UCAnFly y que fueron distribuidos a la ESA.

1. *Manufacturing, Assembly, Integration, and Verification Plan. Versión 2.3*
2. *Payload FM Functional Test Report. Versión 1.0*
3. *Electric Power Subsystem Test Specification & Test Procedure. Versión 1.1*
4. *Flatsat Test Report. Versión 1.0*
5. *Stack Breakout Board Design Definition & Justification File. Versión 1.0*

	6. <i>Stack Breakout Board Test Plan. Versión 1.0</i> 7. <i>Stack Breakout Board Test Report. Versión 1.0</i> 8. <i>System Peripherals Design Definition & Justification File. Versión 1.0</i> 9. <i>System Peripherals Test Plan. Versión 1.0</i> 10. <i>System Peripherals Test Report. Versión 1.0</i> 11. <i>Assembly Schedule & Assembly Plan. Versión 1.1</i> 12. <i>Full Functional Test Plan. Versión 1.1</i> 13. <i>Reduced Functional Test Plan. Versión 1.1</i> Trabajos académicos surgidos de las actividades realizadas: Trabajo Fin de Grado en Ingeniería Aeroespacial titulado <i>Diseño y aplicación de un método en el dominio de la frecuencia para la determinación del factor de atenuación del blindaje magnético de la unidad científica del nanosatélite UCA nFly</i> realizado por la estudiante María Molina. Nota: 10 y propuesta a Matrícula de Honor. Trabajo Fin de Grado en Ingeniería Informática titulado <i>Software de control de misiones espaciales</i> realizado por el estudiante Sáscha Páez. Nota: 9. Trabajo Fin de Grado en el Doble Grado en Ingeniería Mecánica e Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo del Producto titulado <i>Diseño y optimización del Cableado e Interfaz de Subsistemas para el Nanosatélite UCA nFly</i> por el estudiante Juan Ramón Duarte. Nota: 9.5.
Objetivo nº 2	Guía y supervisión en los ensayos ambientales del satélite completo
Actividades previstas:	Preparativos, procesado de datos y documentación de los ensayos ambientales del nanosatélite UCA nFly. Los test contemplados a nivel de sistema son TVAC (Thermal Vacuum) y Vibración. El ensayo de medición de momento magnético del satélite está por confirmar. Los ensayos se llevarán a cabo en las instalaciones de la ESA en Bélgica y en Países Bajos.
Actividades realizadas y resultados obtenidos:	Se han completado las fases de preparación documental y los ensayos preliminares necesarios para la cualificación ambiental del nanosatélite. Los ensayos finales de TVAC y Vibración están listos para su ejecución, pendientes de la validación final de la ESA y la programación logística. ● Documentación de Ensayos (TSTPs): Los procedimientos de ensayo detallados (Test

	Specifications and Procedures - TSTPs) para las campañas de Vibración y TVAC (Thermal Vacuum) han sido finalizados. El desarrollo de estos documentos incluyó la integración de los modelos de simulación calibrados con los resultados de las pruebas a nivel de subsistema, lo cual es clave para la precisión de la campaña ambiental a nivel de sistema. Actualmente, esta documentación se encuentra en fase de revisión y aprobación por parte de la ESA. ● Ensayo de Momento Magnético: Este ensayo, que estaba pendiente de confirmación, ha sido completado con éxito. Se diseñó y ejecutó un montaje específico en las instalaciones de la ESI, obteniendo los datos de medición del momento magnético del satélite. ● Pruebas TVAC y Vibración: La ejecución de estos ensayos, previstos en las instalaciones de la ESA en Bélgica y Países Bajos, está pendiente de la aprobación final de los TSTPs y la confirmación del calendario logístico. La finalización de la documentación TSTP y el éxito del ensayo de Momento Magnético en la ESI confirman la madurez del diseño y la preparación del equipo para la fase de cualificación final. Para el Objetivo 2 se redactaron guías, especificaciones y procedimientos del test (TSTP). Los siguientes documentos fueron distribuidos a la ESA. 1. <i>TVAC System Test Plan. Versión 1.0</i> 2. <i>System vibration Test Plan. Versión 1.0</i> Trabajos académicos surgidos de las actividades realizadas: 1. Trabajo Fin de Grado en el Doble Grado en Ingeniería Mecánica e Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo del Producto titulado <i>Data-driven fem improvement for system level mechanical verification of the UCAnFly cubesat</i> realizado por la estudiante Celia Ojeda. Nota: 10 y propuesta a Matrícula de Honor. 2. Trabajo Fin de Grado en Ingeniería Aeroespacial titulado <i>Preparación de un ensayo de balance térmico y de ciclado térmico en vacío para el satélite UCAnFly</i> realizado por la estudiante Patricia Bravo.
--	---

	Nota: 9.5 y propuesta a Matrícula de Honor. 3. Trabajo Fin de Grado en Ingeniería Electrónica Industrial titulado <i>Estudio del ambiente magnético a baja frecuencia del CubeSat UCAnFly: Contribución de los subsistemas y factores externos</i> realizado por el estudiante Juan José Luna. Nota: 10 y propuesta a Matrícula de Honor. 4. Trabajo Fin de Máster en Investigación en Ingeniería de sistemas y de la computación titulado <i>Caracterización Experimental de Momentos Magnéticos en Subsistemas Espaciales mediante el Método de Dipolos Múltiples</i> realizado por el estudiante César López. Nota: 10 y propuesta a Matrícula de Honor.
Objetivo nº 3	Estudio de la metodología ABP aplicada a la fase D2 (ensayos ambientales del satélite) del proyecto UCAnFly
Actividades previstas:	Se llevará a cabo una evaluación de presentaciones orales para medir las competencias científico-técnicas y lingüísticas adquiridas. Está previsto realizar estas evaluaciones en múltiples ocasiones durante el curso 2024/25, tanto en reuniones internas semanales como en sesiones de seguimiento con expertos de la ESA. Asimismo, se efectuará y analizará una serie de encuestas de satisfacción respecto a la metodología ABP al finalizar los hitos más significativos de la fase D2 del proyecto.
Actividades realizadas y resultados obtenidos:	El análisis que se presenta a continuación se basa en las respuestas de 13 participantes del proyecto UCAnFly, dentro del marco del ABP. Las preguntas de valoración emplearon una escala de 0 a 5, donde: ● 0 representa la ausencia total del aspecto evaluado (ej. nada de apoyo, nada de motivación, etc.). ● 5 representa la valoración máxima (ej. apoyo excelente, motivación extrema, adquisición completa de competencias, etc.). Este contexto permite interpretar los resultados cuantitativos como un indicador del impacto educativo, motivacional e institucional del proyecto. Resultados principales

	1. Dificultad percibida ● Al inicio, los participantes valoraban la dificultad del proyecto en 4.23/5 → lo consideraban complejo. ● Actualmente, la dificultad media ha bajado a 3.54/5, lo que sugiere adaptación y adquisición progresiva de competencias. 2. Motivación ● La motivación inicial fue muy alta (4.69/5). ● La motivación actual se mantiene elevada (4.23/5), lo que refleja sostenibilidad del interés gracias a la metodología ABP. 3. Colaboración y apoyo ● Apoyo entre estudiantes: 5/5, unanimidad en que la ayuda entre pares es excelente. ● Apoyo del profesorado implicado: 4.42/5. lo que refleja un alto grado de satisfacción por parte de los estudiantes con la guía y acompañamiento recibido. Esta puntuación está muy por encima del apoyo institucional percibido. ● Apoyo del equipo FYS: 3.92/5, con margen de mejora. ● Apoyo institucional UCA (2.77/5) y ESI (3/5): percibido como insuficiente. 4. Impacto educativo El proyecto ha tenido un fuerte impacto formativo: ● Importancia del proyecto en la educación: 4.77/5. ● Aprendizaje en diseño/desarrollo de misiones espaciales: ○ A nivel de subsistema: 4.77/5. ○ A nivel global: 4.92/5. ● Competencias transversales: ○ Idiomas: 4.23/5. ○ Comunicación: 4.54/5. ○ Trabajo en equipo: 4.62/5.
--	--

	○ Gestión del tiempo: 4.15/5. ○ Pensamiento crítico: 4.08/5. ○ Toma de decisiones: 4.23/5. ○ Organización: 4.08/5. ○ Gestión del estrés: 3.31/5 → el aspecto más débil. Los resultados reflejan que UCAnFly ha tenido un impacto altamente positivo en la formación de los estudiantes. La media de valoraciones, siempre por encima de 4/5 en la mayoría de competencias, confirma que el proyecto no solo fortalece el aprendizaje técnico en el diseño y desarrollo de misiones espaciales, sino que también impulsa habilidades transversales como la comunicación, el trabajo en equipo y la gestión del tiempo. El único aspecto con menor puntuación es la gestión del estrés (3.31/5), lo que sugiere que, aunque el proyecto es formativo y motivador, también supone un reto considerable para los participantes. En conjunto, la evidencia apunta a que el ABP aplicado en UCAnFly potencia el aprendizaje integral, combinando conocimientos disciplinares con competencias clave para la vida profesional. 5. Recomendaciones y continuidad ● 100% recomendarían repetir proyectos similares en la UCA. ● 100% recomendarían a compañeros participar en UCAnFly. ● La mayoría desea continuar hasta la finalización del proyecto, lo que refuerza el compromiso generado por la metodología ABP. Conclusiones para justificar la metodología ABP 1. Elevado impacto en la motivación y compromiso estudiantil, con valores siempre por encima de 4/5. 2. Aprendizaje significativo y aplicado: los estudiantes afirman que han adquirido competencias técnicas y transversales directamente vinculadas a su formación.
--	---

	3. Colaboración entre pares como pilar del proyecto, con una valoración unánime de 5/5. 4. El ABP potencia la empleabilidad y la orientación vocacional: varios estudiantes destacan que su participación influye en su futuro profesional. 5. Necesidad de mayor apoyo institucional: aunque la metodología funciona, el éxito depende también de un entorno facilitador (UCA/ESI con mejoras en burocracia, visibilidad y recursos). En resumen, UCAnFly es un caso de éxito en la aplicación del ABP, ya que combina aprendizaje profundo, motivación sostenida y formación práctica en un entorno real, aunque requiere mayor implicación institucional para maximizar su impacto.
--	---

5. Describa las medidas de difusión a las que se comprometió en la solicitud y las que ha llevado a cabo¹.

Descripción de las medidas comprometidas
A finales de mayo o durante la primera quincena de junio de 2025, se organizará el segundo Workshop sobre el estado del proyecto UCAnFly en el Edificio Constitución 1812. Este evento incluirá tanto charlas divulgativas como especializadas relacionadas con la misión. Se llevarán a cabo al menos dos días de presentaciones matutinas a cargo de estudiantes y profesores, complementadas con actividades de trabajo en equipo durante las tardes. Programa tentativo del Workshop: 1) Avances a nivel de subsistema. 2) Avances a nivel de sistema. 3) Ensayos ambientales a nivel de sistema. 4) Previsiones de lanzamiento. 5) UCAnFly como metodología ABP para fomentar las Ciencias y Tecnologías Espaciales. 6) Resultados, lecciones aprendidas y conclusiones del proyecto. Adicionalmente, se prevé enviar una comunicación con los resultados del proyecto.
Descripción de las medidas que se han llevado a cabo

¹ Si en la solicitud no indicó ningún compromiso de difusión de resultados, este criterio no se tendrá en cuenta en la evaluación.

La organización del segundo Workshop sobre el estado del proyecto UCAnFly ha sido pospuesto. Esta decisión se justifica por la necesidad de priorizar los hitos críticos de la misión y las restricciones de financiación en el proyecto de innovación docente:

1. **Prioridad Estratégica:** El equipo dedicó sus recursos de tiempo y personal a la preparación de las presentaciones técnicas de seguimiento ante la ESA en mayo y julio. Cumplir con los requisitos del Manufacturing Readiness Review (MRR) fue un imperativo crítico para garantizar la continuidad y el avance del proyecto.
2. **Restricción de Recursos:** La alta dedicación requerida por el MRR, sumada al rechazo de la financiación solicitada para un becario, y la consecuente reorientación de las funciones de este (cuya tarea incluía la organización del Workshop), generaron una restricción de recursos humanos.

Con respecto al envío de la comunicación, se han enviado dos artículos científicos relacionados con el proyecto UCAnFly a revistas indexadas (Q1):

- C. Maria-Moreno, I. Mateos, G. Pacheco-Ramos, F. Rivas, M-A. Cifredo-Chacón; A. Quirós-Olozábal, *et al.*, *Magnetic Field Simulation and Correlated Low-Frequency Noise Subtraction for an In-Orbit Demonstrator of Magnetic Measurements*, *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 73, pp. 1-11, 2024, 2006711, doi: 10.1109/TIM.2024.3470036.
- M-A. Cifredo-Chacón, J-M. Guerrero-Rodríguez, I. Mateos. *A Lightweight Method for Detecting and Correcting Errors in Low-Frequency Measurements for In-Orbit Demonstrators*, *Sensors*, 24(4):1065, 2024, doi: 10.3390/s24041065

Además de las medidas de difusión indicadas en la solicitud, nos gustaría destacar otras actividades de divulgación del proyecto que hemos llevado a cabo durante el curso académico 2024/25:

1. **Reportaje Canal Sur:** Se realizó un reportaje sobre el proyecto en el programa ConCiencia de Canal Sur, programa de divulgación científica y tecnológica de proyectos andaluces.
<https://www.canalsur.es/television/programas/conciencia/noticia/2146570.html>
<https://youtu.be/urpSykEuv0?feature=shared>
2. **Entrevista Onda Cádiz:** Parte del alumnado en el proyecto participó en una entrevista sobre UCAnFly en el programa El Mirador de Onda Cádiz.
<https://www.youtube.com/watch?v=iZetQoUMK6o&t=3122s>
3. **Difusión en redes sociales:** El equipo publicó 11 posts en Instagram (https://www.instagram.com/ucanfly_cadiz/?hl=es), 7 tweets en X (https://x.com/UCAnFly_ES) y 7 posts en la red social LinkedIn (<https://www.linkedin.com/company/ucanfly>).
4. **Nueva red social:** Se ha creado una cuenta oficial para el proyecto UCAnFly en la red social Tiktok y se han publicado 5 vídeos en la misma (https://www.tiktok.com/@ucanfly_cadiz).
5. **Actualización Web:** La página web oficial de UCAnFly se ha estado actualizando según los acontecimientos desarrollados durante el curso. <https://ucanfly.uca.es/>
6. **Visitas a laboratorios:** El laboratorio D11 de UCAnFly se integró en la ruta de laboratorios de la Escuela Superior de Ingeniería (ESI) para la divulgación de las actividades docentes y de investigación entre estudiantes y profesores de institutos de la provincia de Cádiz.

7. **Jornadas para estudiantes de altas capacidades:** Participamos en una jornada para estudiantes de altas capacidades en la ESI, donde mostramos nuestro laboratorio a alumnos de primaria y secundaria.
8. **Charla en instituto:** Un estudiante de UCAnFly dio una charla en su antiguo instituto Manuel de Falla en Puerto Real para promover el interés de los jóvenes en proyectos universitarios como este.

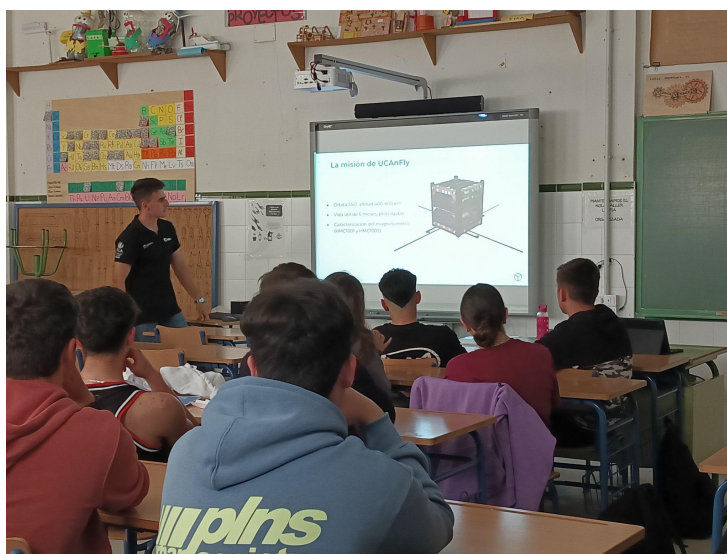


Figura: Charla de un estudiante de UCAnFly en el IES Manuel de Falla de Puerto Real.

ESTEC, Noordwijk, The Netherlands

Subject: UCAnFly Laboratory set-up considerations

Dear UCAnFly team,

Following the visit to the UCAnFly project laboratory on September 3rd – 4th, at the University of Cádiz, recommendations and key considerations for the setup of your laboratory are provided below.

Installation of a cleanroom facility

Installing a cleanroom is the preferred solution in space projects, as it maintains the required environmental conditions and helps with the cleanliness levels, while facilitating daily operations within the controlled environment.

Using a cleanroom for the UCAnFly satellite assembly, integration, and verification complies with **Fly Your Satellite! requirement 2.6.1.1**, which states: *"The CubeSat shall conform to a Class 100,000 clean environment during the ground processing."*

In this regard, installing a cleanroom is the expected approach from teams to meet this requirement. Alternatively, physically separating the clean area from the rest of the laboratory (e.g., by using partition walls) can already contribute towards meeting this requirement.

Additionally, the following measures should be implemented:

1. **Cleanroom Garments:** Ensure that all personnel—not just the operator—wear appropriate cleanroom garments (e.g., hairnets, gowns). Ideally, everyone entering the facility should put cleanroom attire before entry.
2. **Minimizing Dust Accumulation:** Remove unnecessary items from the room to reduce dust buildup. For example, cables along the walls and other exposed objects can trap dust, and fabric chairs should be replaced, as they tend to collect dirt.
3. **Cleaning Protocol:** Establish a strict cleaning routine to maintain a controlled environment. This should include regular cleaning of floors, chairs, cables, and horizontal surfaces where dust may settle. The window should remain closed at all times.
4. **Environmental Monitoring:** Keep logged records of temperature and humidity measurements to monitor deviations from the required controlled conditions provided by the HVAC system.

We believe that working in a cleanroom environment is a valuable educational experience that not only enhances technical skills but also instils the discipline and attention to detail required in professional aerospace engineering. Adhering to cleanroom protocols prepares your team for industry standards, ensuring that you gain hands-on experience in contamination control, quality assurance, and best practices for spacecraft assembly and testing. These skills are essential for future careers in the space sector and will contribute to the overall success of your mission.

We appreciate your commitment to improving laboratory conditions for the UCAnFly mission.



Kind regards,

Cristina del Castillo Sancho (she/her)

Engineering Coordinator for University Education
Education Office, ESA Academy Unit (TEC-RXT)
Directorate of Technology, Engineering and Quality

Aurora Technology B.V. for ESA - European Space Agency
ESTEC
Keplerlaan 1, PO Box 299
NL-2200 AG Noordwijk, The Netherlands
Cristina.Del.Castillo.Sancho@ext.esa.int | www.esa.int/education
T +31 6 41 32 69 52