

# VALIDACIÓN EN BANCO DE ENSAYOS DEL CONTROL DE ACTITUD DEL SUBSISTEMA ADCS DEL UPMSAT-3 MEDIANTE PRUEBAS “HARDWARE-IN-THE-LOOP”.

JAVIER CUBAS CANO

# IDR

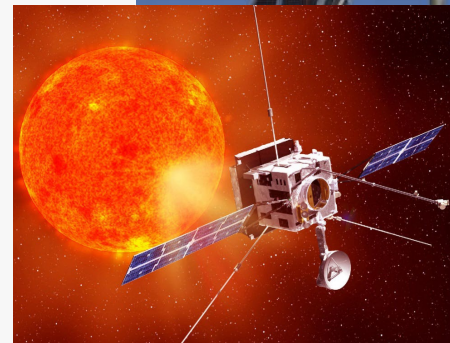
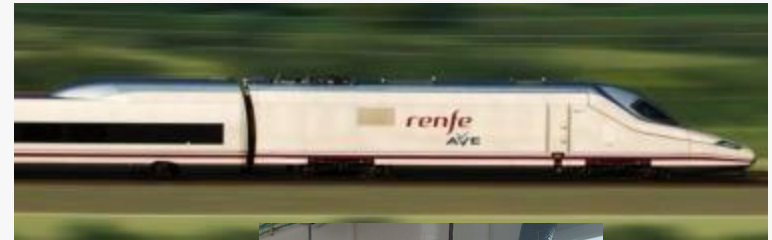
Instituto Universitario de  
Microgravedad Ignacio  
da Riva

Uno de los 5 Institutos  
Universitarios de la UPM

## Principales Actividades

- Aerodinámica aplicada
- Ingeniería del viento
- Tecnología espacial
  - Thermal control
  - Structural design
  - Mission analysis
  - ADCS design

Rosetta – Osiris  
Sunrise  
Solar Orbiter – PHI  
Solar Orbiter – EPD  
ExoMars TGO  
ExoMars Rover  
ISS Jem-Euso  
Euclid  
Ariel  
ANSER





# PROGRAMA UPMSAT

Programa de satélites  
educativos universitarios.

## UPMSat-1

Lanzado en 1995, primer satélite universitario español. Satélite de demostración tecnológica. 213 días operativo en órbita. Carga de pago secundaria en el vuelo V75 de un lanzador Ariane IV-40.

## UPMSat-2

Lanzado en 2020. Satélite de demostración tecnológica de 50 kg. Diseñado y construido por profesores y alumnos del Máster Universitario en Sistemas Espaciales.

# UPMSAT-3



**Satélite de  
demostración  
tecnológica**



**Gran participación  
de estudiantes de  
la UPM**



**LEO 500 km  
SSO**



**< 23 kg**



**250 X 250  
X 366 mm<sup>3</sup>**



**50 Wh**



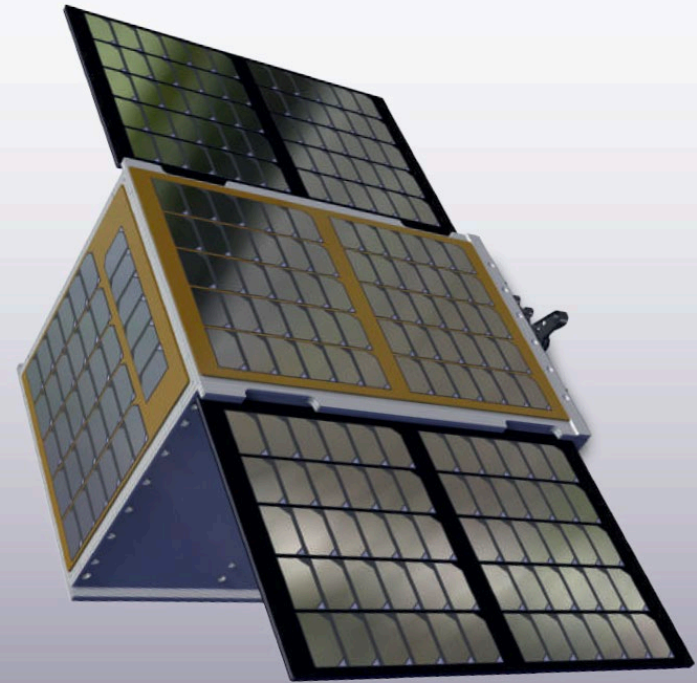
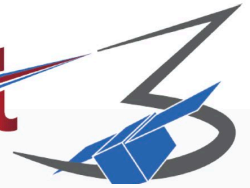
**Estabilización  
en 3 ejes**



**COTS**

Lanzamiento en Spectrum  
(Isar Aerospace/ DLR) en Q4 2024

# UPMSAT



UPMSat-3

# ADCS DEL UPMSAT-3

**Control de actitud en 3 ejes.**

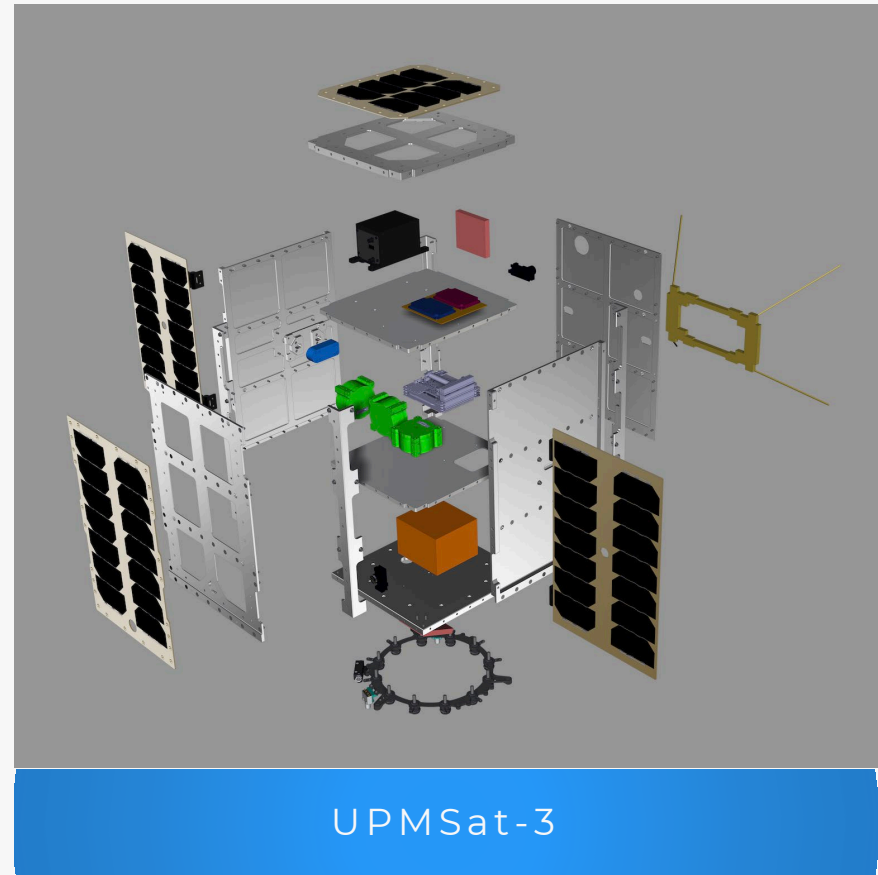
**Hardware de CubeSpace con  
algoritmia de determinación  
de actitud y control  
desarrollada por el IDR.**

**Actuadores:**

- 3 ruedas de reacción
- 3 magnetopares

**Sensores:**

- 2 magnetómetros
- Sensor solar “coarse”
- Sensor solar fino
- Sensor de nadir
- Star tracker



# PROCESO DE VALIDACIÓN DEL ADCS

VALIDACIÓN  
MODEL IN THE  
LOOP

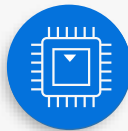
VALIDACIÓN  
PROCESSOR IN  
THE LOOP

VALIDACIÓN  
HARDWARE IN  
THE LOOP

VALIDACIÓN EN  
BANCO DE  
ENSAYOS



Permite comprobar el correcto funcionamiento de los algoritmos, la generación de código, etc.



Incluye validación de tiempos de la ejecución del código en el procesador, los tiempos de procesamiento, etc.



Se incluyen tarjetas de adquisición de datos, conversores analógicos digital. Solo permite “loop” con modelos de sensores y actuadores



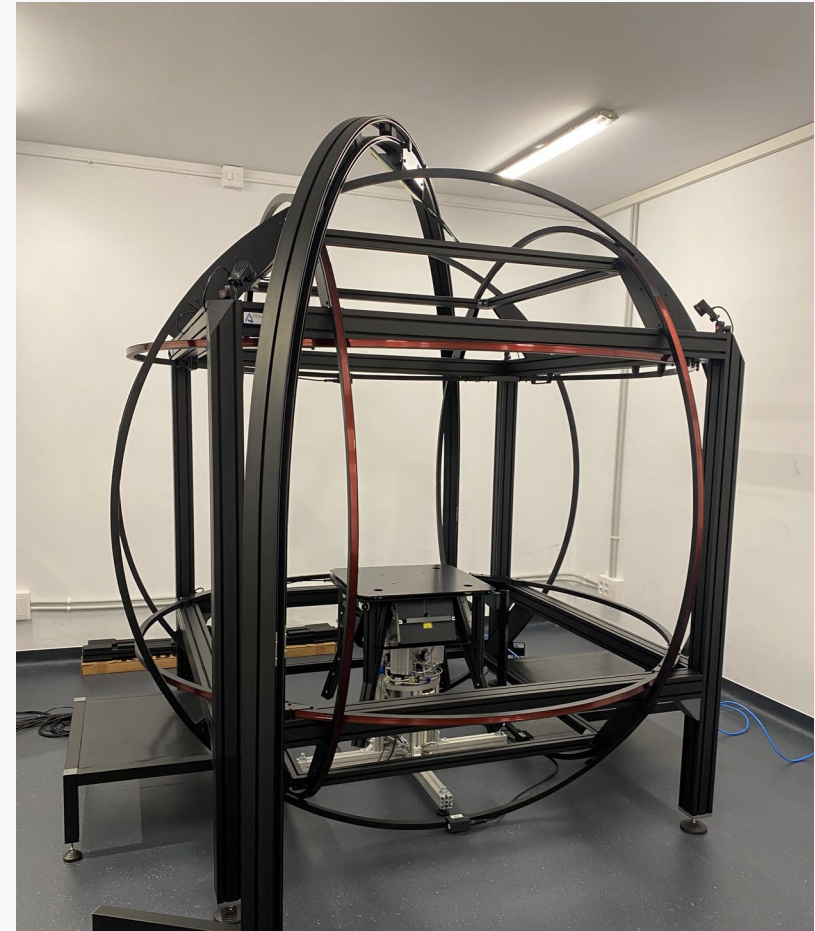
Un HIL real con sensores y actuadores solo puede hacerse generando un “ambiente” espacial

# BANCO DE ENSAYOS DE ACTITUD

Permite incluir los sensores y actuadores en la validación del HIL.

**Actuadores:** La falta de rozamiento permite que los encendidos de las ruedas y los magnetopares generen velocidad angular en el satélite.

**Sensores:** El banco reproduce el campo magnético, la dirección del sol, la señal GPS y el fondo de estrellas. Esto permite incluir a los sensores en el bucle de validación.



Banco de ensayos de actitud  
Fabricante: Astrofein

# CARACTERÍSTICAS I

## Plataforma para la colocación del satélite.

- Dimensiones 500x500 mm
- Carga 10 - 100 kg
- Autoajuste de centro de gravedad
- 360° de rotación en eje Z y +/- 20° en XY.
- Compresor de aire y control por SW.

## Estructura para testar nanosatélites:

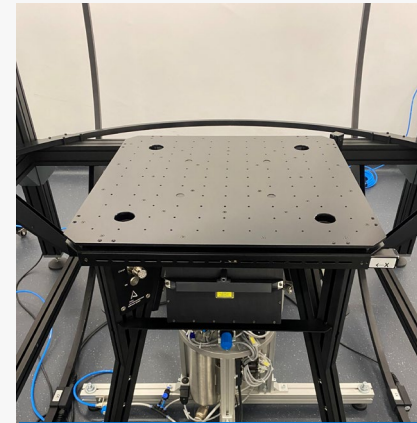
- Carga 1 - 15 kg

## Sistema de medición externo de actitud.

- Precisión menor a 0.01°.

## Bobinas de Helmholtz:

- Diámetro 2 metros
- Homogeneidad del campo 5% en x, y, z
- Homogeneidad del campo 10% en diagonales.
- Factor de campo de 100 nT/mA
- Resolución del campo magnético <10 nT



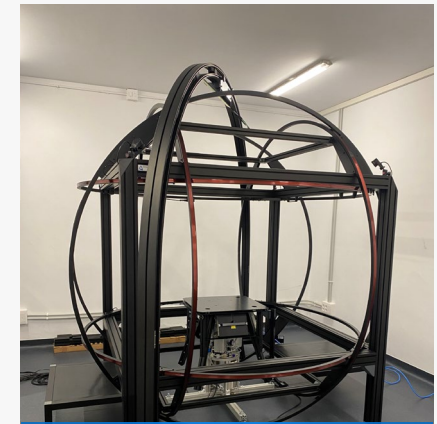
Plataforma  
Air-bearing



Soporte para  
minisatélites



Sistema de  
medición  
externo de  
actitud



Bobinas de  
Helmholtz



Lámpara  
de sol



Simulador  
de GNSS



Simulador  
de estrellas



Sala  
Limpia

## CARACTERÍSTICAS II

### Lámpara de sol.

- Potencia mayor de 500 W
- Intensidad a 3 m de más de 90.000 lux
- Homogeneidad 50 % a potencia nominal
- Libertad de rotación de 180° en cada eje.

### Simulador de GNSS

- Generación de más de 10 señales GPS
- Software de simulación con opción de simular reflexiones, obstáculos, correcciones

### Simulador de estrellas:

- Simulación en tiempo real de estrellas, planetas, sol.
- Precisión de 0.01°
- Capacidad para calibrar 1 star tracker

### Sala Limpia ISO-8:

- Dimensiones 5 m x 10 m
- ISO-8
- Control de temperatura y humedad

# PRUEBAS PARA EL UPMSAT-3

El ADCS del UPMSat-3 se probará en el adaptador para microsátélites.

Es necesario ajustar correctamente el centro de gravedad del conjunto plataforma+satélite al centro de rotación de la esfera. Para ello se pueden ajustar los contrapesos.

Realiza pruebas incluyendo el star tracker es complicado en un microsátélite por el tamaño del adaptador del simulador de estrellas.



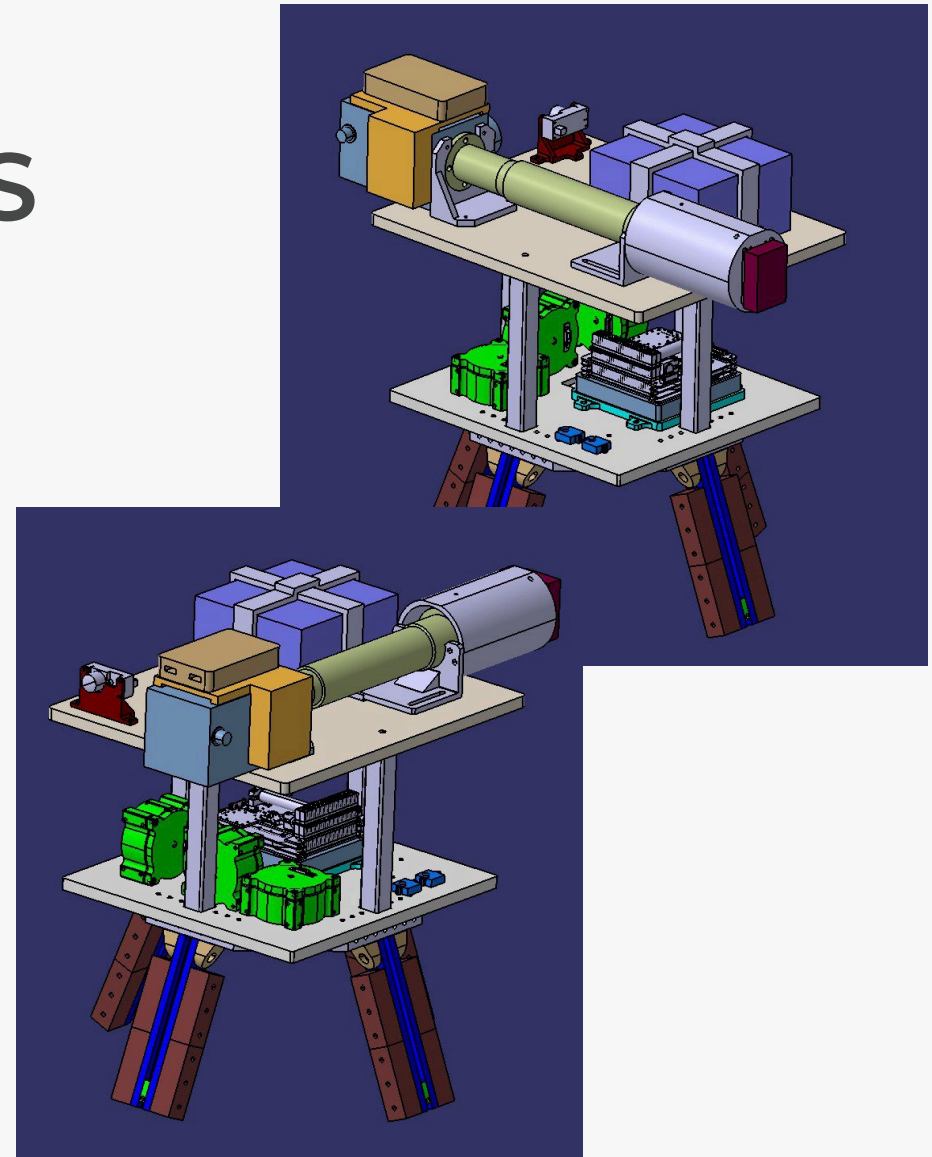
# ADAPTADOR PARA PRUEBAS

El ADCS puede validarse antes de tener el satélite acabado usando un adaptador para los instrumentos.

Tiene varias ventajas:

Permite mayor flexibilidad en los tiempos del proyecto.

Permite incluir el peso y la inercia de la plataforma en el modelo físico de pruebas, haciendo los resultados (tiempos de reacción, precisión de apuntamiento, etc) más realistas.





UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID

POLITÉCNICA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
DE INGENIERÍA AERONÁUTICA  
Y DEL ESPACIO



POLITÉCNICA

UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID



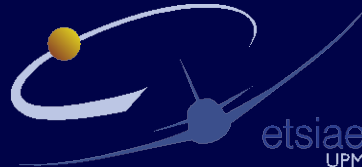
idr

<https://www.idr.upm.es/>  
[j.cubas@upm.es](mailto:j.cubas@upm.es)



POLITÉCNICA

UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
DE INGENIERÍA AERONÁUTICA  
Y DEL ESPACIO