



## Contenidos

- ¿Qué es un cubesat?
- Estructura y familias de satélites
- ¿Cómo funciona y qué hace un cubesat?
- ¿Quién desarrolla cubesats?
- ¿Qué interés tiene para los estudiantes?
- Iniciativas internacionales: QB50 y GENSO
- Puesta en marcha en la ETSIT-UPM
- El sector espacial para un Ingeniero de Telecomunicación

La formación de un Ingeniero de Telecomunicación en Tecnología Espacial desarrollando un CUBESAT. SATELEC 2010. ©Ramón Martínez

## El acceso al espacio

**“El espacio como patrimonio de la Humanidad”**

- **Elevado coste**
  - Desarrollo
  - Pruebas
  - Lanzamiento
- **Regulación internacional**
  - Basura espacial
  - Interferencias
  - No afectar a otros sistemas
- **Interés para la sociedad**
  - Retornos tecnológicos
  - Educación (hands-on)


Desarrollar un estándar para facilitar el acceso al espacio respetando el marco legal y de seguridad

La formación de un Ingeniero de Telecomunicación en Tecnología Espacial desarrollando un CUBESAT. SATELEC 2010. ©Ramón Martínez

## ¿Qué es un Cubesat?

“A Cubesat is a 10 cm cube with a mass of up to 1.33 kg”  
CubeSat Design Specification Rev. 12, The CubeSat Program, CAL POLY SLO

- Nace en 1999 de una colaboración entre los profesores **Jordi Puig-Suari** (Cal Poly) y **Robert Twiggs** (Stanford Univ)
- Es un tipo de **PICOSATÉLITE**
- **Objetivo:** desarrollar un estándar para el diseño de **picosatélites** de bajo coste y tiempo de desarrollo, para facilitar el acceso al espacio aumentando la frecuencia de los lanzamientos
- El CubeSat Project es actualmente una colaboración internacional abierta de más de 100 entidades con gran variedad de payloads

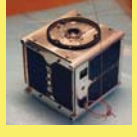


La formación de un Ingeniero de Telecomunicación en Tecnología Espacial desarrollando un CUBESAT. SATELEC 2010. ©Ramón Martínez

## Definición de un CubeSat


**“A Cubesat is a 10 cm cube with a mass of up to 1.33 kg”**  
CubeSat Design Specification Rev. 12, The CubeSat Program, CAL POLY SLO

CubeSat (1U)




**AAUSat-II**  
Aalborg University  
2008

Double CubeSat (2U)



**Cute-1.7**  
Tokyo Institute of Technology  
2006 y 2008

Triple CubeSat (3U)

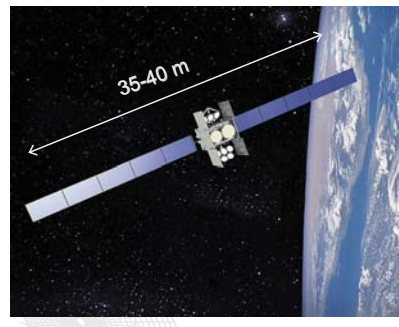


**Delfi-C3**  
TU Delft (2008)

La formación de un Ingeniero de Telecomunicación en Tecnología Espacial desarrollando un CUBESAT. SATELEC 2010. ©Ramón Martínez

## Satélites...

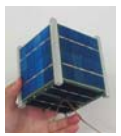
**SATÉLITE GEO**



35-40 m

>5000 kg  
200 M€

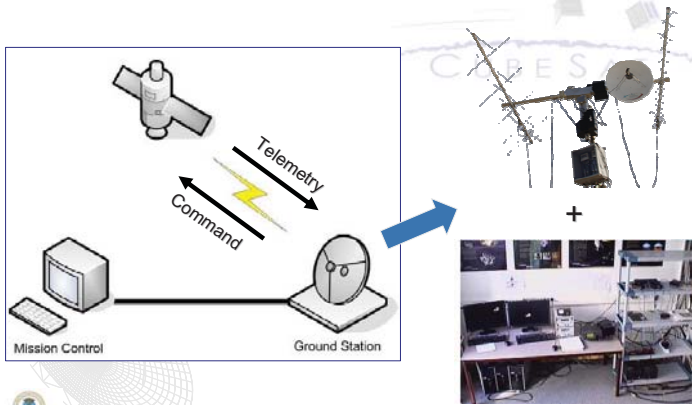
**CUBESAT**



10 cm  
1 kg  
100-300 k€

La formación de un Ingeniero de Telecomunicación en Tecnología Espacial desarrollando un CUBESAT. SATELEC 2010. ©Ramón Martínez

## El sistema completo

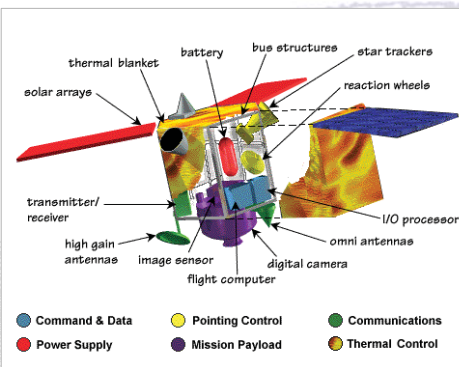


## Contenidos

- ¿Qué es un cubesat?
- **Estructura y familias de satélites**
- ¿Cómo funciona y qué hace un cubesat?
- ¿Quién desarrolla cubesats?
- ¿Qué interés tiene para los estudiantes?
- **Iniciativas internacionales: QB50 y GENSO**
- **Puesta en marcha en la ETSIT-UPM**
- **El sector espacial para un Ingeniero de Telecomunicación**

## El satélite

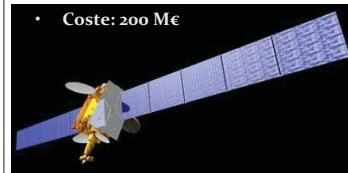
Satélite = Plataforma + Carga útil (Payload)



## Large and Medium Satellites

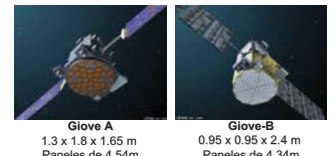
### AMAZONAS 1/2

- 04.08.2004/02.10.2009 (Ariane 5)
- Comunicaciones
- Órbita GEO (36000 km)
- Dimensiones: 36/39m (panel solar)
- Potencia: 7/14 kW
- Masa: 4500/5500 kg
- Vida útil: 15 años
- Prime contractor: EADS Astrium
- Coste: 200 M€



### GIOVE-A/B

- 28.12.2005/26.04.2005 (Soyuz)
- Navegación (GNSS)
- Órbita MEO (23200 km)
- Dimensiones: 4.5 m (panel solar)
- Potencia: 700/1100 W
- Masa: 600/530 kg (dry mass)
- Vida útil: 2/2.5 años
- Prime: SSTL/Astrium Germany



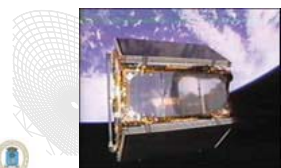
## Mini and microsattelites

### GLOBALSTAR (1ª generación)

- 14.02.1998/29.05.2007 (varios)
- Comunicaciones (constelación)
- Órbita LEO (1410 km, 52°)
- Dimensiones: 3m, 34.5m (Soyuz)
- Potencia: 1100 W
- Masa: 450 kg (dry mass: 350 kg)
- Vida útil: 7.5 años
- Prime: Alenia Spazio/Loral

### Deimos-1

- 29.07.2009 (Dnepr)
- Observación (Constelación DMC)
- Órbita SSO (686 km)
- Dimensiones: 60x60x60 cm
- Potencia: --
- Masa: 91 kg
- Vida útil: 5 años
- Prime: SSTL (Microsat-100)



## Nano satellites (1-10 kg)

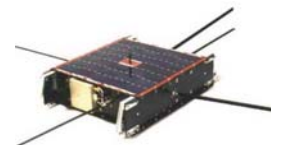
### Nanosat 1B

- 29.07.2009 (Dnepr)
- Experimental
- Órbita SSO (660 km, 98°)
- Dimensiones: ~50 cm (lado)
- Potencia: 4 W
- Masa: 20 kg
- Vida útil: 3 años (5-7 extended)
- Prime: INTA



### TubSat N

- 07.07.1998 (Shtil-1)
- Experimental, data relay
- Órbita LEO (400x776 km, 78.9°)
- Dimensiones: 320x320x104 mm
- Potencia: --
- Masa: 8.5 kg
- Vida útil: --
- Prime: Tech. Universität Berlin



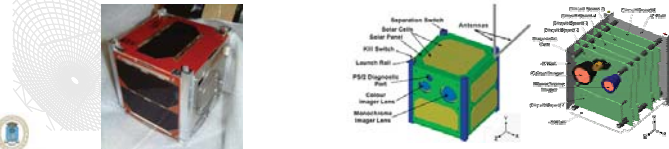
## Pico-satellites (0.1-1 kg). CubeSats

### UWE-1

- 27.10.2005 (Kosmos-3M)
- Experimental (adaptaciones de IP al entorno espacial)
- Órbita SSO (700 km, 98°)
- Dimensiones: 10x10x10 cm (3U)
- Potencia: 2W
- Masa: 1 kg
- Vida útil: 21 días operativo
- Prime: University of Würzburg

### CAN-X1

- 30.06.2003 (Rockot-KM)
- Demostrador tecnológico
- Órbita SSO (650km)
- Dimensiones: 10x10x10 cm
- Potencia: 2W
- Masa: <1 kg
- Vida útil: --
- Developer: Space Flight Laboratory (SFL) at UTIAS (Univ. of Toronto)



La formación de un Ingeniero de Telecomunicación en Tecnología Espacial desarrollando un CUBESAT. SATELEC 2010. ©Ramón Martínez

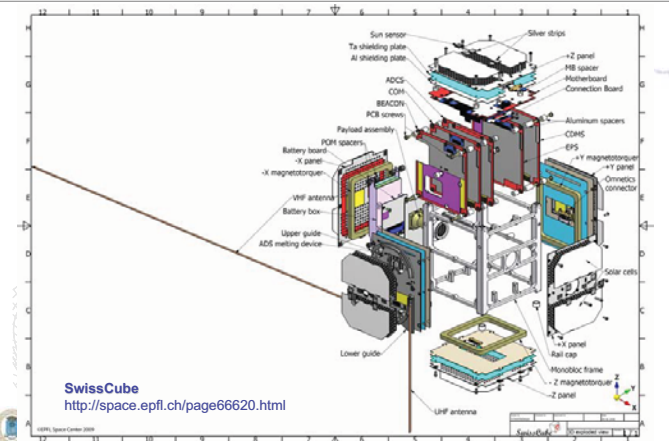
## Contenidos

- ¿Qué es un cubesat?
- Estructura y familias de satélites
- ¿Cómo funciona y qué hace un cubesat?
- ¿Quién desarrolla cubesats?
- ¿Qué interés tiene para los estudiantes?
- Iniciativas internacionales: QB50 y GENSO
- Puesta en marcha en la ETSIT-UPM
- El sector espacial para un Ingeniero de Telecomunicación



La formación de un Ingeniero de Telecomunicación en Tecnología Espacial desarrollando un CUBESAT. SATELEC 2010. ©Ramón Martínez

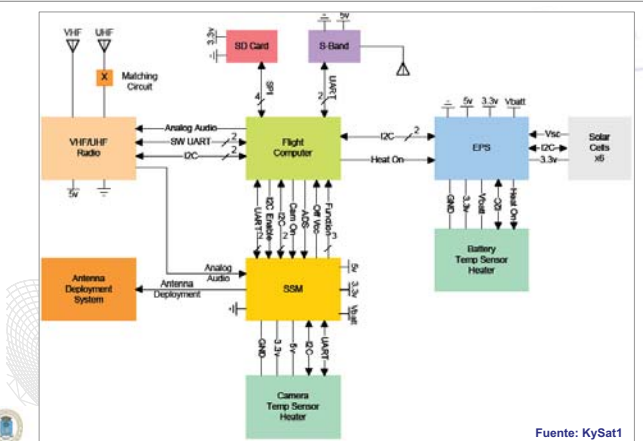
## Subsistemas de un CubeSat



SwissCube <http://space.epfl.ch/page66620.html>

La formación de un Ingeniero de Telecomunicación en Tecnología Espacial desarrollando un CUBESAT. SATELEC 2010. ©Ramón Martínez

## Bus (arquitectura)



Fuente: KySat1



La formación de un Ingeniero de Telecomunicación en Tecnología Espacial desarrollando un CUBESAT. SATELEC 2010. ©Ramón Martínez

## CubeSats universitarios. Algunos ejemplos

- **Delfi-C3**: test of novel technologies will be tested on board the satellite (3U):
  - [Thin Film Solar Cell Experiment](#) (Dutch Space)
  - [Autonomous Wireless Sun Sensor Experiment](#) (TNO)
- **XI-IV**: ... mission is on-orbit verifications of the technology necessary for super-small satellite system. ... by extensively using commercial-off-the-shelf components, we drastically reduce the total development cost, and make the database on the space-use of the COTS parts.
- **AAU Cubesat**: The main purpose for the AAU CubeSat project is for the involved students to achieve a great deal of knowledge about designing and constructing Space worthy technology, but the "scientific" mission of the AAU CubeSat is to take pictures of the surface of the Earth and particularly of Denmark by using the on-board camera.
- **XATCOBEO**: This satellite is being developed for transporting two payloads: a software defined reconfigurable radio (SRAD) and a system for measuring the amount of ionizing radiation (RDS). There is also an experimental solar panel deployment system (PDM).



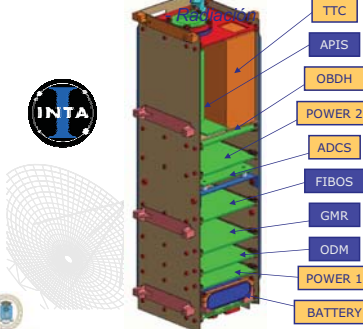
La formación de un Ingeniero de Telecomunicación en Tecnología Espacial desarrollando un CUBESAT. SATELEC 2010. ©Ramón Martínez

## El satélite OPTOS (INTA)

### Objetivo de la primera misión OPTOS:

1. Calificar la plataforma
2. Realizar experimentos en:

- Magnetismo
- Óptica



### Configuración externa



### Configuración interna



La formación de un Ingeniero de Telecomunicación en Tecnología Espacial desarrollando un CUBESAT. SATELEC 2010. ©Ramón Martínez

## Lanzamiento de CubeSats

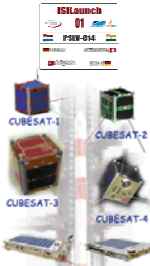
Oceansat-2, along with Rubin 9, and 2 nos. of cubesat in view. Another set of Rubin 9, and 2 nos. of cubesat are located at the opposite side and not in view. The heat-shield is being closed.

<http://www.isro.org/satellites/cubesat-rubin.aspx>

[...] are ready for launch on September 23, 2009, at 1151 hrs IST from SDSC SHAR located at Sriharikota, Andhra Pradesh.



Dnepr Launch simulation



## Contenidos

- ¿Qué es un cubesat?
- Estructura y familias de satélites
- ¿Cómo funciona y qué hace un cubesat?
- ¿Quién desarrolla cubesats?
- ¿Qué interés tiene para los estudiantes?
- Iniciativas internacionales: QB50 y GENSO
- Puesta en marcha en la ETSIT-UPM
- El sector espacial para un Ingeniero de Telecomunicación

## CubeSats en Universidades

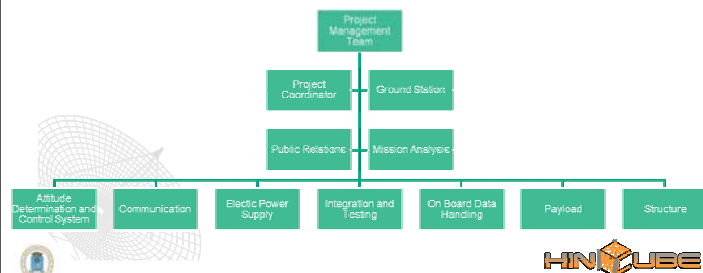


## CubeSats Teams



## Organización

- Profesores (coordinación/supervisión)
- Equipo de 30-50 estudiantes de diferentes cursos y titulaciones
- El responsable de cada subsistema es un estudiante
- Project-based learning (PBL) basado en un CubeSat
- Importancia de técnica, gestión, organización, y documentación



## CubeSatKit



## Vega Maiden Flight

**Call for CubeSats on the Vega maiden flight**

11 February 2008  
Following on from the agreement signed between the ESA Directorates of Launchers and Legal Affairs and External Relations in May 2007 regarding Educational Payload on the Maiden Flight of the Vega Launcher, and the successful CubeSat workshop held at ESTEC on 22-24 January 2008, the ESA Education Office has the pleasure in issuing a Call For CubeSat Proposals to universities in ESA Member and Cooperating States.

In releasing this call, the ESA Education Office recognises the growing importance of CubeSat projects as a key tool in providing university students with a valuable hands-on practical education across all space engineering disciplines from end-to-end through the complete space project lifecycle. By offering this

09-Mar-2010  
More information  
• CubeSats  
Documents  
• Equipment qualification  
• Vega user manual  
• Vega call for proposals  
Related news  
• 2nd CubeSat workshop  
• 2nd CubeSat workshop, call for papers  
• The Vega maiden flight CubeSat workshop  
• Educational payloads opportunity for Vega  
Related links  
• ESA conferences - call for papers 2009  
• Vega Launcher  
• CubeSat community

La formación de un Ingeniero de Telecomunicación en Tecnología Espacial desarrollando un CUBESAT. SATELEC 2010. ©Ramón Martínez 25

## Contenidos

- ¿Qué es un cubesat?
- Estructura y familias de satélites
- ¿Cómo funciona y qué hace un cubesat?
- ¿Quién desarrolla cubesats?
- *¿Qué interés tiene para los estudiantes?*
  - Iniciativas internacionales: QB50 y GENSO
  - Puesta en marcha en la ETSIT-UPM
  - El sector espacial para un Ingeniero de Telecomunicación

La formación de un Ingeniero de Telecomunicación en Tecnología Espacial desarrollando un CUBESAT. SATELEC 2010. ©Ramón Martínez 26

## Interés para los estudiantes

- Formación en Tecnología Espacial
- Posibilidad de lanzar y operar un satélite
- Proyecto educativo "profesional": documentación y fases
- Proyecto multidisciplinar
- Formación práctica: Hands-on experience
- Entorno internacional
- Aspecto diferencial en el CV
- Contacto con la industria espacial y salidas profesionales
- Spin-offs
- Reconocimiento académico (LE, PFC, etc.)

La formación de un Ingeniero de Telecomunicación en Tecnología Espacial desarrollando un CUBESAT. SATELEC 2010. ©Ramón Martínez 27

## Definición de la misión y éxito de un CubeSat

**AAU CUBESAT**  
Aalborg Universitys Studentsatellite  
<http://www.cubesat.auc.dk/>

The **main purpose** for the AAU CubeSat project is for the involved students to achieve a great deal of knowledge about designing and constructing Space worthy technology, but the "scientific" mission of the AAU CubeSat is to take pictures of the surface of the Earth and particularly of Denmark by using the on-board camera.

The images recorded by the satellite will later be transmitted to the ground station, located at Aalborg University, from where they will be distributed over the Internet and made accessible for the general public.

Several success criteria have been defined. A basic success criteria in this case is, to develop and build a satellite which will be able to survive the launch and the hazardous environment in its orbit. Another success criteria is establishment of a communication link with the ground station informing about the status of the satellite.

Finally to point the on board camera towards a specific target on the ground, to take an image and to send this data down to the ground station, represents the final success criteria.

To summarize the above the mission's **success criteria** are the following:

1. That the involved students have achieved some useful knowledge of space technology.
2. That communication is established with the satellite and housekeeping information is retrieved.
3. Take and download any picture.
4. Test ACS performance.
5. Take pictures of certain locations on earth.
6. Take pictures of celestial objects and experiment with the various subsystems.

Below a flyby over Denmark, while taking a picture, is shown, which is part of the 5th success criteria:

La formación de un Ingeniero de Telecomunicación en Tecnología Espacial desarrollando un CUBESAT. SATELEC 2010. ©Ramón Martínez 28

## Documentación y fases

**Duración: 2-4 años**  
**Estudiantes de diferentes perfiles ... y diferentes cursos**  
**¡Es importante transferir el know-how en el tiempo!**

|                                 | 2006 |   |   |   | 2007 |   |   |   | 2008 |   |   |   | 2009 |   |   |   |
|---------------------------------|------|---|---|---|------|---|---|---|------|---|---|---|------|---|---|---|
|                                 | T    | 1 | T | 2 | T    | 1 | T | 2 | T    | 1 | T | 2 | T    | 1 | T | 2 |
| Phase 0: Mission Identification | ■    |   |   |   |      |   |   |   |      |   |   |   |      |   |   |   |
| Phase A: Feasibility            |      |   |   |   |      |   |   |   |      |   |   |   |      |   |   |   |
| Phase B: Preliminary Definition |      |   |   |   |      |   |   |   |      |   |   |   |      |   |   |   |
| Phase C: Detailed Definition    |      |   |   |   |      |   |   |   |      |   |   |   |      |   |   |   |
| Phase D: Production             |      |   |   |   |      |   |   |   |      |   |   |   |      |   |   |   |
| Phase E: Utilization            |      |   |   |   |      |   |   |   |      |   |   |   |      |   |   |   |

**Fases de un proyecto espacial (Estándares ECSS de Project Management)**

La formación de un Ingeniero de Telecomunicación en Tecnología Espacial desarrollando un CUBESAT. SATELEC 2010. ©Ramón Martínez 29

## Multidisciplinar

**A Student Satellite**

AAU CubeSat is a student satellite project at the University of Aalborg, Denmark, which was initiated in the Summer of 2001. The satellite project is a joint venture of the following institutes:

- Institute of Electronic Systems,
- Institute of Mechanical Engineering,
- Institute of Computer Science, and
- Institute of Energy Technology.

**The Mission**

The main purpose for the AAU CubeSat project is for the involved students to achieve a great deal of knowledge about designing and constructing Space worthy technology, but the "scientific" mission of the AAU CubeSat is to take pictures of the surface of the Earth and particularly of Denmark by using the on-board camera.

The images recorded by the satellite will later be transmitted to the ground station, located at Aalborg University, from where they will be distributed over the Internet and made accessible for the general public.

Several success criteria have been defined. A basic success criteria in this case is, to develop and build a satellite which will be able to survive the launch and the hazardous environment in its orbit. Another success criteria is establishment of a communication link with the ground station informing about the status of the satellite.

Finally to point the on board camera towards a specific target on the ground, to take an image and to send this data down to the ground station, represents the final success criteria.

To summarize the above the mission's success criteria are the following:

1. That the involved students have achieved some useful knowledge of space technology.
2. That communication is established with the satellite and housekeeping information is retrieved.

La formación de un Ingeniero de Telecomunicación en Tecnología Espacial desarrollando un CUBESAT. SATELEC 2010. ©Ramón Martínez 30

## ETSIT UPM Participación en congresos internacionales

### PRELIMINARY PROGRAMME Second European CubeSat Workshop

20 - 22 January 2009  
Room: Newton 1+2, ESA/ESTEC, Noordwijk, The Netherlands



## ETSIT UPM Spin-off

- ISIS - Innovative Solutions In Space BV
- Fundada en 2006 por 5 estudiantes que participaron en el Delfi-C3
- Más de 25 jóvenes empleados
- Conceptos avanzados y nuevas ideas



## ETSIT UPM Para trabajar un CubeSat Project...

Motivación, interés,  
ganas de aprender

Formación técnica

Imaginación

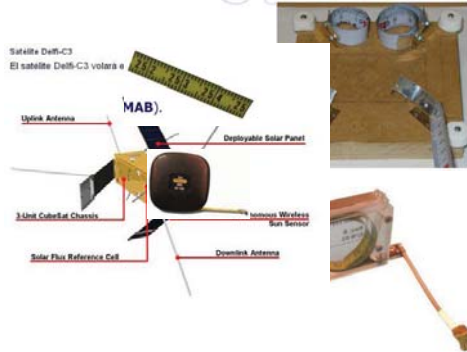


## ETSIT UPM Formación técnica

Electrónica  
Sistemas de comunicaciones  
Ingeniería software  
Antenas y RF  
Procesado de señal  
Física  
Instrumentación  
Desarrollo web y aplicaciones  
...  
Estructuras  
Mecánica

## ETSIT UPM Imaginación... Antenas a bordo

- ¿Cómo se *construyen*, *integran* y *despliegan* las antenas a bordo del CubeSat?

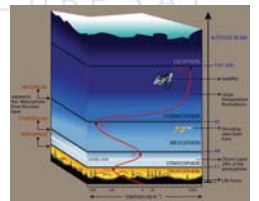


## ETSIT UPM Contenidos

- ¿Qué es un cubesat?
- Estructura y familias de satélites
- ¿Cómo funciona y qué hace un cubesat?
- ¿Quién desarrolla cubesats?
- ¿Qué interés tiene para los estudiantes?
- **Iniciativas internacionales: QB50 y GENSO**
- Puesta en marcha en la ETSIT-UPM
- El sector espacial para un Ingeniero de Telecomunicación



- Red de 50 CubeSats para medidas in-situ y multipunto de la capa inferior de la termosfera (90 - 320 km)
- Vida útil: 3 meses
- Participantes de Europa, Japón, Canadá, Rusia, Latinoamérica, Taiwan, USA, ...
- Selección de CubeSats a finales de 2010
- Lanzamiento múltiple en 2013
- Tiempo de desarrollo: 3 años
- Apoyo de ESA (European Space Agency)



Oportunidad para la ETSIT-UPM para desarrollar, lanzar y operar un CubeSat



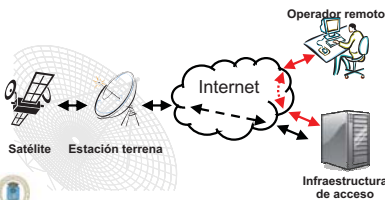
Global Educational Network for Satellite Operators

- GENSO aims to increase the return from educational space missions by forming a worldwide network of ground stations and S/C which can interact via a software standard
- This will fundamentally change the way that these missions are managed, dramatically increasing the level of access to orbital educational spacecraft

Antes de GENSO



Con GENSO



- ¿Qué es un cubesat?
- Estructura y familias de satélites
- ¿Cómo funciona y qué hace un cubesat?
- ¿Quién desarrolla cubesats?
- ¿Qué interés tiene para los estudiantes?
- Iniciativas internacionales: QB50 y GENSO
- **Puesta en marcha en la ETSIT-UPM**
- El sector espacial para un Ingeniero de Telecomunicación

- Poner en marcha un proyecto de desarrollo de un picosatélite en la ETSIT-UPM con los objetivos de:
  - Mejorar la formación en Tecnología Espacial
  - Que los estudiantes adquieran experiencia en proyectos de espacio
  - Realizar las fase de diseño, pruebas, conseguir el lanzamiento y operar el picosatélite
  - Fomentar la movilidad de los estudiantes
  - Aprovechar sinergias entre alumnos de todos los cursos

- Asignatura de Libre Elección:
  - Taller de Diseño de Picosatélites (CUBESATS) y Estaciones de Tierra (3 ECTS). 1er cuatrimestre, 2009/10
- Apoyo de la ETSIT-UPM
  - Proyecto reconocido como "Actividad del incentivo del interés de los estudiantes"
- Carta de interés enviada y aceptada por QB50
- Apoyo institucional:
  - INTA y SENER
- Apoyo logístico:
  - Donación de Texas Instruments (CCSv4 and 5x MSP-FET430U64)



Formación de un grupo de trabajo con estudiantes

## Primeras tareas

Las tareas iniciales deben ser de **carácter horizontal** (fase 0)

- **Desarrollo de la página web del proyecto (colaborativa, wiki, etc.) y selección de herramientas de trabajo en grupo**
  - Información del proyecto y publicación de noticias
  - Posibilidad de compartirlo en twitter, facebook, etc.
  - Repositorio de documentos
  - Servidos de correo
- **Estudio de un sistema de comunicaciones entre picosatélites**
  - Especificaciones (balance de enlace) y requisitos
  - Alternativas: RF (incl >60GHz) y enlaces ópticos
  - Vuelo en formación vs Constelación
  - Estudio del consumo de potencia
  - Realización de un informe



## Tareas abiertas

Las tareas iniciales deben ser de **carácter horizontal** (fase 0)

- Especificaciones del subsistema de comunicaciones del satélite
- Análisis de la misión (requisitos, órbita, etc.)
- Colaboración en tareas de puesta en marcha de la estación de tierra de la ETSIT (Radio Club EIT)
- Estudio de un array de antenas para el seguimiento y operación de una constelación de picosatélites (PFC)
- Demostrador hardware del procesador de datos a bordo (OBDH) (PFC)
- Otras relacionadas con otras partes del sistema: estación de tierra, operaciones, antenas a bordo, software radio, procesado a bordo, etc.

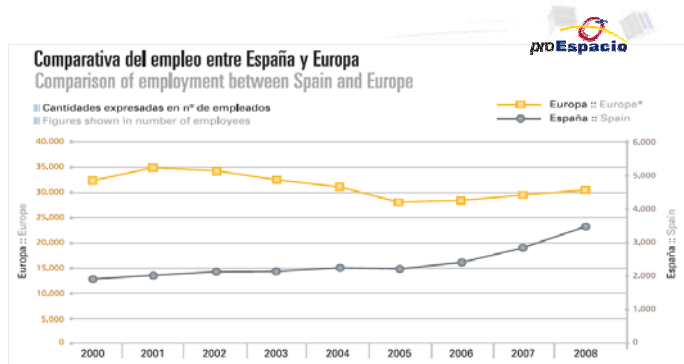
## ¿Qué tenéis que hacer para apuntaros?

- **Enviar un correo a Ramón Martínez (ramon@gr.ssr.upm.es) indicando:**
  - Nombre y Apellidos
  - Curso
  - Área de interés (Electrónica, Comunicaciones, Gestión, etc.)
  - Forma de colaboración (horas, PFC, etc.)
- **Estar atento a anuncios en la web y ETSIT**
- **Próximos pasos:**
  - Definición y selección de la misión
  - Creación de los grupos de trabajos
  - Asistencia a reuniones de progreso del Proyecto (1h cada 2 semanas)

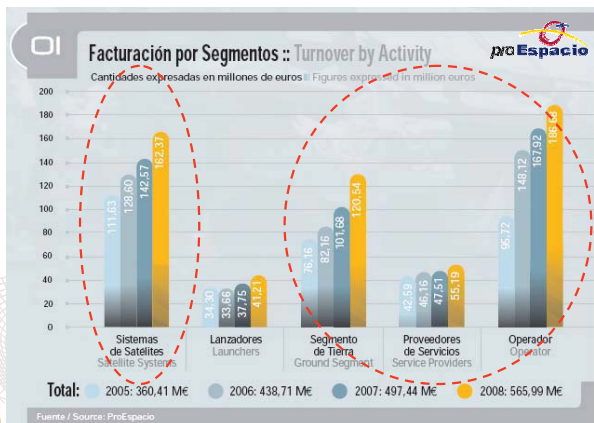
## Contenidos

- ¿Qué es un cubesat?
- Estructura y familias de satélites
- ¿Cómo funciona y qué hace un cubesat?
- ¿Quién desarrolla cubesats?
- ¿Qué interés tiene para los estudiantes?
- Iniciativas internacionales: QB50 y GENSO
- Puesta en marcha en la ETSIT-UPM
- **El sector espacial para un Ingeniero de Telecomunicación**

## El sector espacial en España



## El sector espacial en España





## El sector espacial en España



## El sector espacial en Europa



<http://www.esa.int>



Cebros-ESAC



Villafranca del Castillo-ESAC

## Conclusiones

- La participación aporta conocimientos en tecnología espacial
- El proyecto se desarrolla como un proyecto profesional
- Punto diferencial en formación y CV
- Acercamiento a la industria espacial
- Tienen cabida estudiantes de todos los cursos
- Muchas formas de colaboración (PFC, LE, etc.)
- No sólo se trata de desarrollar el satélite, sino también la estación de tierra, documentación y gestión del proyecto
- El sector espacial ofrece muchas posibilidades de trabajo para un Ingeniero de Telecomunicación

## Contacto

**Ramón Martínez**  
 ramon@gr.ssr.upm.es  
 Despacho B-407

**Miguel Calvo**  
 miguel@gr.ssr.upm.es

**Salvador Landeros**  
 slanderos@etsit.upm.es