

# GRUPO EXPERIMENTAL DE APRENDIZAJE COLABORATIVO DESARROLLANDO UN PROYECTO AEROESPACIAL.

A. RODRÍGUEZ, P. F. MIAJA, M. ARIAS, M. RODRÍGUEZ Y D. G. LAMAR.  
*Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica, de Computadores y Sistemas  
Escuela Politécnica Superior de Ingenieros de Gijón. Universidad de Oviedo. España.*  
[rodriguezalberto@uniovi.es](mailto:rodriguezalberto@uniovi.es), [fernandezpablo.uo@uniovi.es](mailto:fernandezpablo.uo@uniovi.es), [ariasmanuel@uniovi.es](mailto:ariasmanuel@uniovi.es),  
[rodriguezmiguel.uo@uniovi.es](mailto:rodriguezmiguel.uo@uniovi.es), [gonzalezdiego@uniovi.es](mailto:gonzalezdiego@uniovi.es)

*Tradicionalmente se ha dedicado mucho tiempo en tratar de conseguir una interacción adecuada y eficiente entre los estudiantes y los materiales proporcionados y entre los alumnos y el profesorado. No obstante, la relación entre el propio alumnado ha sido, por lo general, ignorada. El aprendizaje dentro de un grupo de trabajo es muy beneficioso para los universitarios, ya que les permite sentirse suficientemente arropados para proponer ideas novedosas de solucionar los problemas. El aprendizaje colaborativo es una excelente estrategia en la que, pequeños grupos formados por estudiantes con diferentes habilidades y conocimientos usan una serie de herramientas para desarrollar una determinada tarea ([1],[2]). Los miembros de cada equipo deben ayudarse mutuamente para que todos entiendan los conceptos tratados y el grupo pueda consecuentemente avanzar. En este artículo, se presenta el trabajo colaborativo realizado por un grupo de alumnos de ingeniería con diferentes edades, titulaciones y habilidades, para llevar a cabo el subsistema de cableado del primer satélite lunar construido y manejado por estudiantes europeos en cooperación con la Agencia Espacial Europea (ESA).*

*Palabras clave: Aprendizaje colaborativo, Proyecto aeroespacial, Agencia Espacial Europea (ESA).*

## 1. Introducción

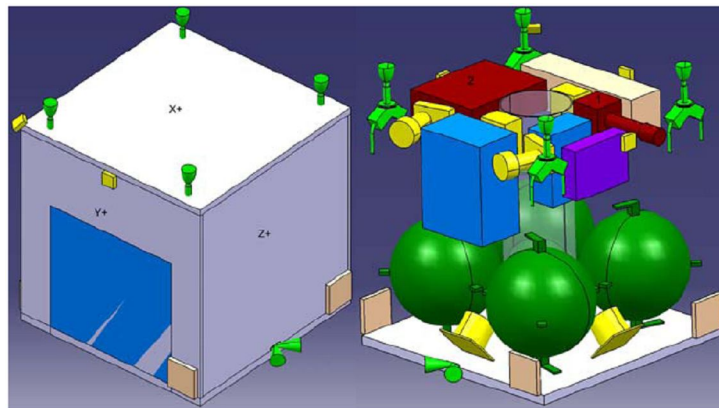
El proyecto ESMO (European Student Moon Orbiter) será la primera misión estudiantil europea en volar a la luna y orbitar sobre ella. Este proyecto es una interesante oportunidad para que los universitarios adquieran una importante experiencia en proyectos aeroespaciales para poder colaborar en posibles futuras misiones de la ESA. Además, el proyecto ESMO se desarrollará por estudiantes de universidades de toda Europa, lo cual le confiere un gran interés para la interrelación entre jóvenes universitarios de distintas culturas. Por otro lado, representa una oportunidad para contribuir en el conocimiento científico sobre la exploración lunar obteniendo información de la misma y probando tecnologías novedosas.

Más de 300 estudiantes de casi 30 universidades de 12 países europeos están participando en el proyecto, el cual ha completado su fase A (*Feasibility Study*) y se encuentra desarrollando un diseño preliminar de todos los subsistemas dentro de la Fase B. Los equipos de estudiantes deben proporcionar soluciones para la mayoría de los subsistemas, incluyendo la carga experimental a bordo del satélite, así como para los sistemas de control terrestre. Todo ello será coordinado por responsables dentro de sus universidades, la industria aeroespacial y la ESA [3]. En la Figura 1, se muestra una representación 3D del satélite.

Un grupo de profesores e investigadores de una universidad española, consideraron una oportunidad única e irrechazable la posibilidad de participar en el proyecto ESMO. Por tanto, comenzaron los trámites para la solicitud de ingreso en el proyecto enviando una carta de interés para el desarrollo de uno de los subsistemas que aun estaban libres. El subsistema de cableado fue el elegido y se presentó una solución

previa que fue seleccionada por los expertos de la ESA que valoraban las propuestas de los distintos equipos de estudiantes. De esta manera, este grupo de investigadores pasó a ser el responsable del subsistema de cableado del proyecto ESMO.

El mencionado grupo de investigadores está actualmente formado por ocho personas, cuatro doctores y otros cuatro estudiantes de doctorado. Ante la falta de tiempo, por el gran número de proyectos y trabajo a desarrollar, el grupo decidió formar un equipo de estudiantes de ingeniería para, utilizando estrategias de aprendizaje colaborativo, desarrollar el subsistema de cableado del proyecto ESMO. Este tipo de estrategias, aunque son muy valoradas para el desarrollo de capacidades transversales de los estudiantes y se proponen con perseverancia, aun no son demasiado comunes en las áreas técnicas.



**Figura 1.** Representación 3D del satélite ESMO.

## 2. Método

### 2.1. Estructura del proyecto ESMO en la ESA

La ESA ha dividido el proyecto ESMO en más de 20 subsistemas, en donde se engloban todos los dispositivos que conforman el satélite y otros aspectos necesarios como el control terrestre del mismo. Cada uno de estos subsistemas se desarrolla por un grupo de estudiantes pertenecientes a una universidad europea. Obviamente, los diferentes grupos deben interactuar para conocer la evolución de cada subsistema y por tanto del proyecto en general ya que cambios en algún subsistema pueden afectar a su propio subsistema, por tanto el satélite es un proyecto en constante evolución y modificación. Para favorecer esta interacción, la ESA proporciona una serie de herramientas:

- Un grupo de Google, con los componentes de todos los subsistemas, para discutir y comentar las decisiones a tomar en cada subsistema.
- Un chat semanal, en el cual se tratan de resolver dudas en tiempo real, hablando entre los componentes de los subsistemas e incluso expertos de la ESA.
- Bisemanalmente se hace público un informe de los avances de cada subsistema.
- Un sitio FTP donde cada subsistema puede compartir su documentación con el resto.
- Software especializado proporcionado por la ESA para desarrollar partes necesarias para el proyecto según un determinado protocolo.
- Cuatro talleres al año en el centro de investigación y tecnología de la ESA, donde un representante de cada subsistema es invitado para mostrar el trabajo realizado.

Mediante el uso de estas herramientas cada subsistema puede tener una visión global de la evolución del proyecto. La necesaria interacción entre universitarios de distintos países, culturas y titulaciones favorece el desarrollo de las habilidades sociales y de comunicación.

## 2.2. Estructura del Equipo de cableado

La estructura actual del Equipo de cableado se puede observar en la Figura 2 y se describe a continuación:

El responsable del Equipo de cableado es el responsable del grupo de investigadores que solicita el acceso al proyecto. Es un Catedrático Ingeniero Industrial que puede ayudar al resto del equipo en problemas importantes.

El resto de los componentes del grupo de investigación, en particular cinco de ellos, son los responsables de la composición, mantenimiento y organización del Equipo de cableado. Son los que deben evaluar la mayoría de los trabajos realizados por los estudiantes, resolver sus dudas, organizar el trabajo entre los mismos, etc. Hablaremos de estos estudiantes como de clase A.

En relación con el cableado del satélite del proyecto ESMO, dos estudiantes de ingeniería están realizando su proyecto final de carrera. Realizan un trabajo conjunto, elaborando informes, esquemas de todo el sistema con las conexiones necesarias, análisis de las necesidades eléctricas y de comunicaciones del resto de los subsistemas, estudio del mercado de cableado aeroespacial, propuesta de soluciones para el cableado del satélite, etc. Estos dos estudiantes están realizando la mayoría de los trabajos exigidos por la ESA y necesarios para el diseño del cableado del satélite, supervisados inicialmente por los estudiantes de clase A y posteriormente por los expertos que la ESA ha determinado para la evaluación del proyecto ESMO. Hablaremos de estos estudiantes como de clase B.

El Equipo de cableado se completa con un grupo de estudiantes de ingeniería (aprox. 20) con diferentes edades, conocimientos y habilidades. Dentro de este grupo de estudiantes, que llamaremos de clase C, se realizan a su vez pequeños grupos que analizarán cada uno de los subsistemas del proyecto para de esta manera colaborar con los estudiantes de clase B, facilitándoles la información necesaria de cada subsistema, aprendiendo al mismo tiempo sobre el sistema en general y el cableado en particular.



**Figura 2.** Estructura del Equipo de cableado.

Las titulaciones de los componentes del Equipo de cableado se especifican en la Tabla 1, donde puede observarse que la mayoría de los estudiantes son Ingenieros de Telecomunicación. Esto se debe a que varios estudiantes de clase A son profesores en esta titulación y por tanto son sobradamente conocidos por los alumnos.

Hasta el momento hemos estado trabajando con la estructura mencionada durante aproximadamente diez meses. No obstante, existe una alta posibilidad de variaciones en el número de estudiantes de cada clase. Además, la posible evolución entre las distintas clases es evidente, los estudiantes de clase C que quieran realizar su proyecto final de carrera en este tema podrán ser de clase B y desde la clase B se puede comenzar a realizar el doctorado siendo uno más de los estudiantes de clase A. Actualmente, los dos estudiantes de clase B que hasta ahora están realizando la mayoría de los trabajos, están preparando su proyecto final de carrera para presentarlo a lo largo de este año, previsiblemente uno dentro de dos meses

y otro a finales del verano. Por este motivo, un estudiante de clase C está trabajando junto con ellos para comenzar a trabajar en su proyecto final de carrera convirtiéndose en un nuevo estudiante de clase B. Por tanto, el tiempo irá cambiando las proporciones de estudiantes en las distintas clases, aunque tras los meses trabajados con esta estructura podemos recomendar unos rangos adecuados para cada clase: La clase A debería tener entre 3 y 6 estudiantes para dirigir satisfactoriamente al resto. En la clase B es necesario algún estudiante, pero no se recomiendan más de tres para realizar la mayoría del trabajo. Por último, para tareas de apoyo debería haber entre 15 y 30 estudiantes de clase C.

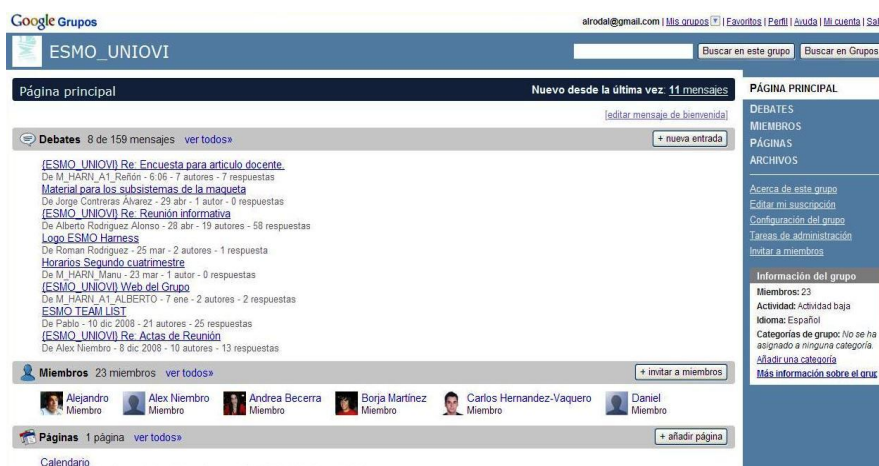
**Tabla 1.** Titulaciones de los miembros del Equipo de cableado.

	Ingeniero Industrial	Ingeniero de Telecomunicación	Total
Responsable	1		1
Mantenimiento	2	3	5
Desarrollo		2	2
Ayuda y asistencia	2	18	20

### 2.3. Herramientas y trabajo colaborativo

El Equipo de cableado queda formado aproximadamente por treinta estudiantes de diferentes titulaciones, edades y habilidades, como se ha mencionado anteriormente. Esta variedad de disciplinas y capacidades es una valiosa ventaja a la hora de desarrollar un proyecto interdisciplinar como el cableado de un satélite. No obstante, esta variabilidad también acarrea una importante complejidad en la coordinación de todos los estudiantes. Para hacer más sencilla la interacción y colaboración entre todos los miembros del equipo se han utilizado una serie de herramientas:

- Reuniones bisemanales: aproximadamente cada quince días los estudiantes de clase B realizan una presentación, a la que asisten casi todos los miembros del equipo, con la mayoría de los avances realizados hasta el momento en el proyecto. Se realiza un análisis conjunto del trabajo y se sugieren distintas soluciones, se resuelven posibles dudas, se proponen nuevos trabajos a realizar, etc.
- Un grupo de Google (Figura 3): Dos estudiantes de clase C han creado y configurado un grupo de Google en el cual el resto de miembros del equipo se han registrado. En este grupo se expresan y comparten opiniones, dudas o sugerencias sobre una gran cantidad de temas (los distintos subsistemas, documentación necesaria, programación y actas de las reuniones, etc).



**Figura 3.** Grupo de Google del equipo de cableado.

- Un calendario on-line: es una herramienta integrada en el grupo de Google, gracias a la cual se pueden programar las reuniones en una fecha adecuada para la mayoría de los estudiantes. Debido a la elevada y variada carga docente es complicado localizar un momento adecuado para todos los miembros del equipo. Tras un análisis de los horarios de todo el equipo, las reuniones se programan en determinadas fechas idóneas, no obstante, se convocan con antelación para confirmar la asistencia y de esta manera poder fijarla definitivamente o posponerla si no es adecuada para la mayoría. Este proceso se puede realizar de una manera muy sencilla gracias a esta herramienta.
- Una página web (Figura 4): Dos estudiantes de clase C han desarrollado una página web del equipo. Se realiza una actualización mensual de la página con los avances más importantes. Gracias a esta herramienta otros estudiantes pueden conocer el proyecto y nuestro equipo y les puede interesar formar parte de él. Además, en esta página web podemos anunciar a nuestros patrocinadores y agradecer la ayuda a determinadas personas e instituciones por su colaboración. La dirección de esta página web es <http://pels.edv.uniovi.es/ESMO/>.



Figura 4. Presentación de la página web.

### 3. Resultados

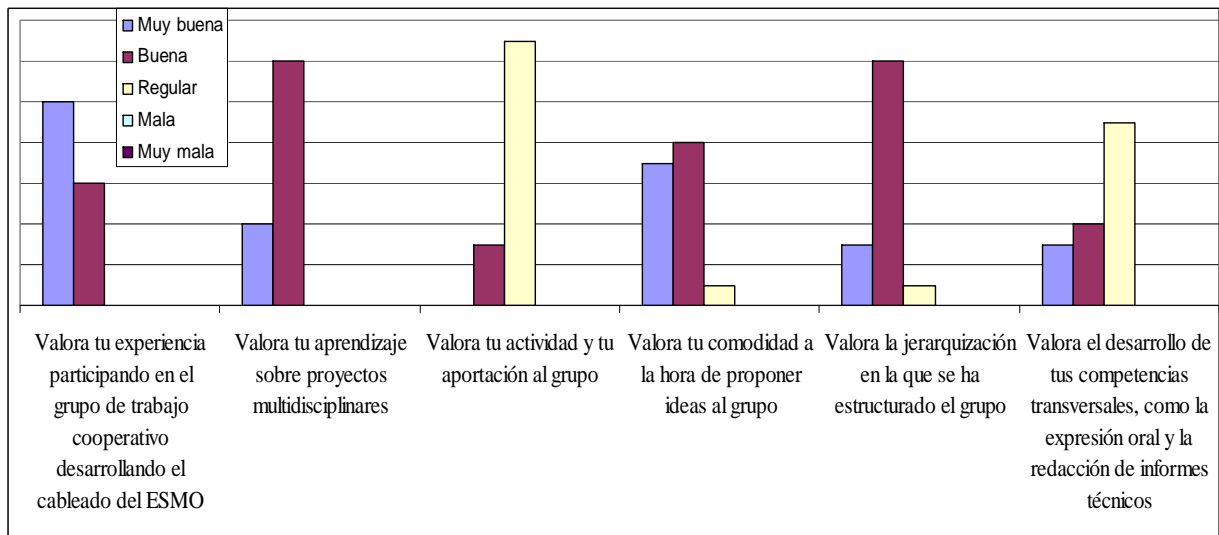
La utilización de las mencionadas estrategias de aprendizaje colaborativo ha sido considerada un gran éxito, ya que hasta el momento todos los trabajos exigidos por la ESA para el desarrollo del cableado del satélite se han realizado sin un excesivo tiempo invertido por parte de los estudiantes de clase A. Además, estos estudiantes han podido poner en práctica y comprobar el correcto funcionamiento de las técnicas de aprendizaje colaborativo, favoreciendo el desarrollo de competencias transversales como la interacción entre los estudiantes, entre estudiantes y profesores, la presentación oral, distribución de tareas, etc.

Los estudiantes de clase B han realizado un laborioso trabajo que les servirá para presentar como proyecto final de carrera, aunque por el momento siguen formando parte del equipo. Han realizado la mayoría de la documentación, han pedido ayuda a sus compañeros de clase C, han trabajado siempre en pareja con buena intercomunicación y organización (aunque durante un periodo de tiempo estuvieran en países distintos) y se ha observado una interesante evolución en sus presentaciones y habilidad explicativa durante las reuniones realizadas. Además de la positiva valoración del desarrollo de sus competencias

transversales, las tres soluciones técnicas propuestas por estos estudiantes y presentadas en el último taller han sido excelentemente valoradas por los expertos de la ESA.

Los estudiantes de clase C han realizado varias actividades necesarias para el desarrollo del proyecto, han analizado los subsistemas para colaborar con sus compañeros de clase B, han examinado críticamente las soluciones y propuestas de sus compañeros y lo que se considera más importante, han interactuado serenamente con estudiantes (e incluso profesores) de distintas edades, titulaciones y habilidades para un desarrollo adecuado de diversos trabajos. Además, han desarrollado conocimientos sobre proyectos reales e interdisciplinarios y sobre el proyecto ESMO en particular, adquiriendo una visión global del mismo que pocos miembros del resto de los subsistemas poseen.

Tratando de valorar la utilidad de este proyecto para todos los miembros del Equipo de cableado (estudiantes de clase A, B y C), se ha realizado una pequeña encuesta en la que los mismos valoran su actividad, sus aportaciones y los beneficios que la participación en este proyecto les ha aportado. Aunque las respuestas de los distintos tipos de estudiantes son significativamente diferentes, debido a sus distintas labores dentro del equipo, todas se han unificado para observar las aportaciones globales del proyecto. En los resultados mostrados en la Figura 5, se puede ver como el proyecto es bien valorado por la mayoría de los miembros del equipo, aunque se ha detectado una escasa participación de determinados miembros del equipo, lo cual debería ser mejorado. Para tratar de solventar esta carencia, nos encontramos actualmente tratando de dar una mayor carga de trabajo a los alumnos de clase C, los cuales se mostraron menos valorados y realizando una menor aportación. Puede resultar sorprendente la ausencia de respuestas negativas en el cuestionario, no obstante, esto no lo es tanto ya que estamos hablando de una tarea absolutamente voluntaria, por tanto los estudiantes que han participado en la misma y no les ha parecido interesante, no han continuado (aunque no ha habido un gran número de abandonos).



**Figura 5.** Valoración del proyecto por el Equipo de cableado.

#### 4. Conclusiones

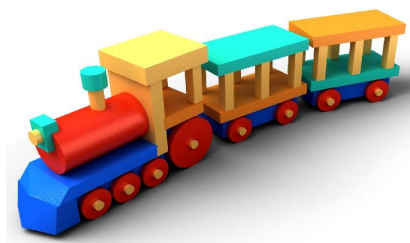
La gran oportunidad de participar en un interesante proyecto aeroespacial de la ESA, como el proyecto ESMO, fue propuesta a un grupo de investigadores con muy poco tiempo disponible. En vez de rechazar la oportunidad, consideraron la posibilidad de generar un equipo de estudiantes de ingeniería para llevarlo a cabo utilizando estrategias de aprendizaje colaborativo. En contra de la pesimista opinión del grupo de investigadores, sorprendentemente un gran número de estudiantes se mostraron muy interesados



en el proyecto y esto propició la creación del Equipo de cableado para el desarrollo del mencionado proyecto ESMO.

Gracias a la ayuda de los estudiantes componentes del Equipo de cableado el tiempo necesario de los estudiantes de clase A se ve reducido, pero subyace el problema de organizar y coordinar a tantos tipos diferentes de estudiantes.

Los estudiantes de clase A decidieron que el proyecto no se debía llevar a cabo directamente por ellos y posteriormente explicar al resto del equipo lo que se había hecho. Esta metodología de trabajo es similar al método de enseñanza tradicional, que podría compararse con un tren que avanza con o sin sus vagones. En contra a esta metodología, se ha propuesto que sean los estudiantes, más concretamente los de clase B, los que realicen la mayor parte del trabajo necesario para desarrollar el proyecto. Los estudiantes de clase A deberán distribuir y revisar el trabajo, aportar sugerencias de soluciones y ayudar en cualquier contratempo. Esta metodología es similar al método de aprendizaje propuesto por el EEES, que se puede comparar con una barca de remos que solo avanza si todos reman, de manera que el ritmo queda marcado por los propios estudiantes [4].



**Figura 6.** Metáfora entre los métodos de enseñanza (tren) y aprendizaje (piragüa).

Utilizando las herramientas y metodologías que han sido descritas en este artículo, se han obtenido unas soluciones muy interesantes para la realización del cableado del satélite ESMO. El aprendizaje de cada uno de los miembros del Equipo de cableado ha sido muy satisfactorio sin la necesidad de una gran inversión de tiempo. Diferentes estudiantes de ingeniería han aprendido y compartido conocimientos sobre los proyectos aeroespaciales, el cableado, el resto de subsistemas del satélite, proyectos interdisciplinares, etc. Además han experimentado un nuevo mecanismo de aprendizaje y trabajo colaborativo desarrollando unas competencias transversales que para muchas nunca se habían tenido en cuenta.

Todos los miembros del grupo de investigación se han visto gratamente sorprendidos por la colaboración y el esfuerzo de tantos estudiantes en el proyecto descrito, sin ningún tipo de recompensa salvo el aprendizaje de nuevos conceptos. Por último, recalcar los buenos resultados que se han obtenido en el desarrollo de un sistema complejo como es el cableado de un satélite, mediante la utilización de la estructura de estudiantes propuesta y la colaboración entre todos ellos utilizando las herramientas de aprendizaje colaborativo mencionadas.

#### **4. Agradecimientos**

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto con número de referencia PB-08-019, perteneciente al programa de Proyectos de Innovación Docente de la Universidad de Oviedo.

#### **Referencias**

- [1] Roger T. and David W. Johnson, An Overview on Cooperative Learning. Originally published in: J. Thousand, A. Villa and A. Nevin (Eds), Creativity and Collaborative Learning; Brookes Press, Baltimore, 1994.

- [2] Página web de Richard Felder. "*Resources in science and engineering education*". <http://www4.ncsu.edu/unity/lockers/users/f/felder/public/>
- [3] Página web de la Agencia Espacial Europea. [www.esa.int](http://www.esa.int).
- [4] Valero García, Miguel y Navarro Guerrero, Juan José (2008). Diez metáforas para entender (y explicar) el nuevo modelo docente para el EEES. @tic. Revista d'innovació educativa. Nº 1, p. 3-8.