

## BARCELONA SMARTMOTO CHALLENGE

Hernandez, E. <sup>1</sup>; Sierra, C. <sup>1</sup>; Perarnau, F. <sup>2</sup>; Rocabayera, A. <sup>3</sup>

<sup>1</sup> ETSEIB (UPC), <sup>2</sup> Gestamp, <sup>3</sup> Mss

In this paper we present the rules of the first edition of the SMARTMOTO CHALLENGE, [www.smartmotochallenge.org](http://www.smartmotochallenge.org). It will take place during the 2012-2013 season, showing the vehicles in July 2013 at the ParcMotor of Igualada and in Barcelona City. This is a competition of an electric motorcycle development where students, from participating universities, must make an electric motorcycle in accordance with the rules that we expose here.

Following the successful example in the automotive industry with the Formula SAE, started in the USA, and now in full expansion in Europe with the Formula Student, we want to launch an Spanish but international competition oriented to the light electrical bikes.

As the conference will be immediately after the event, we will also present real final results of it.

**Keywords:** *Practical learning; Electrical vehicle; Sustainable mobility*

## BARCELONA SMARTMOTO CHALLENGE

Se presenta en la ponencia las directrices de la primera edición de la SMARTMOTO CHALLENGE que se llevará a cabo en el curso académico 2012-2013, con la presentación de los vehículos en julio de 2013 en el Parc Motor de Igualada y Barcelona ciudad. Se trata de una competición de desarrollo de motos eléctricas donde son los estudiantes de las universidades participantes los que han de fabricar una moto eléctrica según un reglamento determinado. Se puede obtener toda la información en [www.smartmotochallenge.org](http://www.smartmotochallenge.org).

Siguiendo el ejemplo exitoso en el sector de la automoción con la Formula SAE iniciada en los USA, y ahora con completa expansión en Europa con la Formula Student, queremos poner en marcha una competición española, pero internacional, orientada a las motos eléctricas ligeras.

Como el congreso será inmediatamente después de la competición, se presentarán también los resultados finales reales de la misma.

**Palabras clave:** *Formación en proyectos; Vehículo eléctrico; Movilidad Sostenible*

## 1.- Introducción

Cada vez el concepto *Learning-by-doing* (Kolb et al, 1974) está adquiriendo más protagonismo en el ámbito del aprendizaje sin ser exclusivo de ningún nivel académico determinado. Este concepto, que también tiene su aplicación en el entorno laboral, queriendo reflejar la capacidad de los trabajadores en mejorar su productividad a través de la práctica, de la propia perfección así como a través de pequeñas innovaciones, hoy en día se está utilizando para promocionar una serie de prácticas orientadas a fomentar a la juventud su interés por los estudios técnicos. En este aspecto, y en el ámbito de la robótica, es conocida la competición como la liga europea de fútbol con robots, RoboCup, ([www.robocup.org](http://www.robocup.org)) (2) para entornos universitarios o la FirstLEGOLeague ([www.firstlegoleague.es](http://www.firstlegoleague.es)) (3) para empezar con la robótica en edades más tempranas.

En el entorno de la ingeniería de la automoción, desde finales de los años 80, ha ido creciendo la popularidad de una competición creada en el seno de la Sociedad de Ingenieros de la Automoción de Estados Unidos, SAE ([www.sae.org](http://www.sae.org)) (4), y que se conoce como Fórmula SAE en EE.UU, Asia y Australia y como Fórmula Student en Europa.

Viendo la figura 1, se puede apreciar la expansión de la Fórmula SAE, que está teniendo en el mundo. Su objetivo es poder dar a la industria ingenieros cada vez con mayor preparación en el momento de entrar en el mundo laboral. Es una competición que tiene un coste elevado y el producto final acaba siendo un prototipo.

Con la Barcelona Smartmoto Challenge se ha buscado reducir costes y acercar más el producto final al mercado.

Con la realización de este evento se quiere proporcionar a las escuelas de ingeniería y de diseño la posibilidad de trabajar en un proyecto integral de desarrollo de una motocicleta eléctrica. Con su participación los alumnos adquirirán las competencias del trabajo en grupo, por objetivos, en tecnología y mercado de futuro. Por otro lado los fabricantes del sector de la motocicleta dispondrán de un laboratorio de ideas y de una fuente adicional de futuros técnicos en mercado y producto.

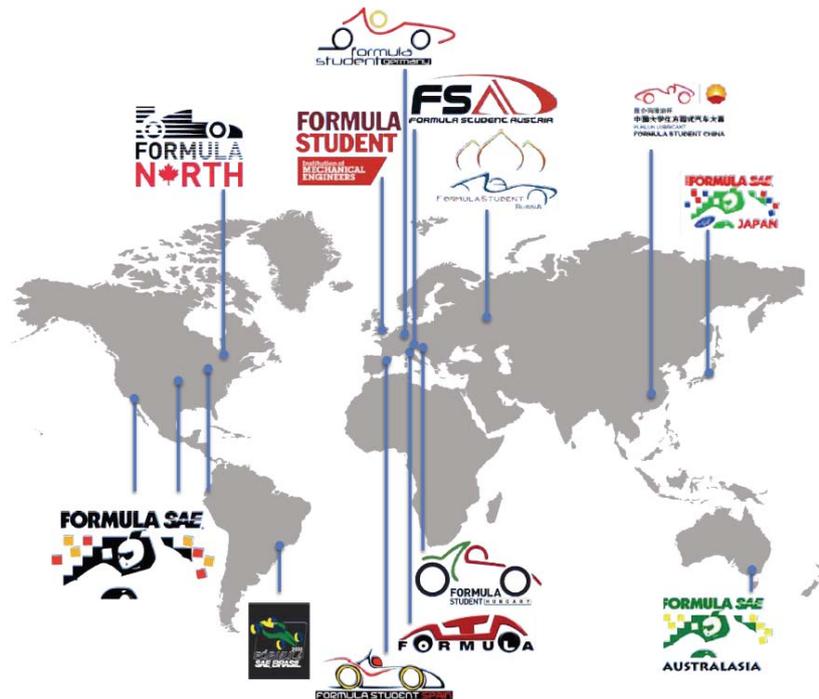
El evento consiste en la fabricación de una moto ligera eléctrica, totalmente funcional, y homologable como L1E o L3E (5) según el año, utilizando las componentes cedidas gratuitamente para los participantes por la empresa alemana ELMOTO [www.elmoto.com](http://www.elmoto.com).

El proyecto a presentar incluirá las fases de análisis de mercado, definición de objetivos de diseño y de producto, e interpretación de los mismos mediante la construcción de un prototipo funcional de moto eléctrica. Se aportará asimismo un plan de empresa que explique como enfocará cada equipo el lanzamiento de su vehículo y a que mercados.

El alcance del proyecto este año se limita a las universidades del grado de ingeniería así como a la participación de equipos mixtos con departamentos o escuelas de diseño de otras universidades europeas.

Los proyectos finalizados serán presentados en unas jornadas en el circuito del ParcMotor de Castellolí (Igualada, a 50 km de Barcelona) para su verificación y en Barcelona capital para las pruebas dinámicas).

Figura 1: Pruebas anuales de la Fórmula SAE (Formula Student en Europa)



Uno de los puntos fuertes del proyecto es su bajo coste, estimado en el 15% del coste de un proyecto de Fórmula Student con lo que se espera que un gran número de universidades participen en las próximas ediciones. Es evidente que la metodología *Learning by doing* se impondrá en las escuelas de ingeniería.

A continuación se expondrán las líneas maestras de la competición.

## 2.- Normas sobre el funcionamiento de la competición

### 2.1- Normas Generales

El proyecto empezará cada septiembre y se deberá defender a mediados de julio en forma, lugar y condiciones que se especificarán en cada convocatoria. El proyecto está dirigido a equipos multidisciplinares de estudiantes que durante el año en curso hayan cursado estudios en alguna de las escuelas de ingeniería industrial, o equipos mixtos de estudiantes de escuelas de ingeniería industrial y escuelas de diseño industrial, formación profesional o ingeniería de telecomunicaciones o ingeniería informática u otros equivalentes.....

El número de estudiantes de cada equipo debe ser razonable y si bien en un principio se ha pensado sólo para el ámbito europeo, no se descarta en el futuro permitir equipos de otros continentes.

El evento durante su realización dispone de una fase o etapas definidas a las que los equipos debe ajustarse en tiempo y formas.

**FASE I:** Inscripción: a partir de un formulario enviado por la organización

**FASE II:** Briefing de Diseño

**FASE III:** Presentación del Diseño final del producto

**FASE IV:** Entrega del Prototipo Funcional

**FASE V:** Evaluación teórica del desarrollo industrial

**FASE VI:** Pruebas prácticas del prototipo

Los prototipos presentados en la fase IV deben superar todas las pruebas necesarias para su homologación europea, demostrando que son aptos y cumplen con todos los requisitos para circular por las vías públicas según normativa UE. De no ser el caso, no serán evaluados en las fases V y VI.

## 2.2-Normas de valoración del proyecto

Durante los días de revisión de los proyectos con los equipos presentes, se realizarán las valoraciones de los mismos. Para ello se definirá una escala de 0 a 1000 a la que se llegará valorando los aspectos dinámicos y estáticos que ahora se describen

### 2.2.1- Pruebas estáticas

#### 2.2.1.1- Análisis del diseño del producto.

Un documento que debe justificar con todo detalle la capacidad portante del vehículo. Este documento ya habrá tenido una valoración previa durante el desarrollo de proyecto. Serán analizados todos y cada uno de los documentos de los equipos por los jueces a tal efecto definidos por el comité organizativo. Para su valoración se realizarán preguntas aclaratorias a los equipos por parte de los jueces asignados a tal efecto por el comité organizativo. De 0 a 250 puntos divididos en: estructura y frenos 50 puntos, iluminación y ergonomía 25 puntos, componentes smart 50 puntos, de recuperación de energía y reutilización de componentes 100 puntos, usabilidad y mantenimiento 25 puntos.

#### 2.2.1.2- Plan de empresa

La puntuación será de 0 a 250 puntos divididos en: 100, 50,50 y 50 según el orden de los apartados anteriores Un documento con una exposición, utilizando Powerpoint o equivalente, por parte de los equipos en la que deberá contener obligatoriamente los siguientes apartados:

- Coste detallado del producto ( piezas y mano de obra)
- Estructura para su fabricación en serie ( dónde y con que costes)
- Plan de marketing del producto
- Proyección de ventas y beneficios a 3 años

### 2.2.2- Pruebas previas a la puesta en marcha

Antes de ponerse en marcha los vehículos, éstos deberán pasar las siguientes pruebas de verificación de seguridad y normas realizadas por personal autorizado de una empresa certificadora.

#### 2.2.2.1- Verificación de reglamento o normativa en el diseño

Verificación de que el modelo se ajusta al diseño enviado y a las normas

#### 2.2.2.2- Estanqueidad

Durante 60 segundos será sometido el vehículo con el contacto accionado a una ducha. Después de los cuales se considerará pasada la prueba si no ha saltado el diferencial.

#### 2.2.2.3- Frenada

Verificación según normas ITV de la correcta frenada

Saliendo con salida parada y accionando el freno delantero a los 5 metros, la moto se debe detener en 3 metros

Saliendo con salida parada y accionando el freno trasero a los 10 metros, la moto se deberá detener en 5 metros

Si la moto tiene frenada integral se aplicará sólo el segundo criterio

#### 2.2.2.4- Ruido

Verificación de que existe un nivel de ruido mínimo

A un metro de distancia a cada lado y por delante debe medirse un ruido máximo de 40 dB

#### 2.2.3- Pruebas dinámicas

Tendrán una valoración en total de 500 puntos y consistirán en:

##### 2.2.3.1- Aceleración

70 metros en salida parada. Al mejor tiempo. 4 Intentos por equipo y se escoge el mejor resultado. Se dará un máximo de 75 puntos

##### 2.2.3.2- Conos

Basada en la regularidad: 3 vueltas en cada sentido y gana quien su tiempo sea más parecido en cada vuelta. 2 intentos por equipo, es decir 2 veces dos pilotos para ver las diferencias. Esta prueba servirá también para comprobar la amortiguación.

La disposición de los conos se conocerá en fechas sucesivas pero el recorrido total de cada conductor será inferior a 1 km. Se dará un máximo de 75 puntos

##### 2.2.3.3- Circuito

Basada en la regularidad: 1 recorrido en cada sentido y gana quien su tiempo sea más parecido en cada itinerario. 2 intentos por equipo. Se compara la suma de cada piloto en los dos sentidos. **Prueba nocturna.** El recorrido tendrá una longitud menor a 2 km. Se dará un máximo de 100 puntos

##### 2.2.3.4- Resistencia

Basada en la regularidad: 20 vueltas a un recorrido cuya distancia total será menor a 20 km., 10 en cada sentido, realizando el cambio de piloto al final del segundo recorrido y gana quien su tiempo sea más parecido en cada itinerario. 2 intentos por equipo. El recorrido dispondrá de diferentes superficies. Se dará un máximo de 200 puntos

##### 2.2.3.5- Eficiencia energética

Se medirá el estado de la batería antes y después de la prueba de Resistencia. Se dará un máximo de 50 puntos

En las pruebas dinámicas se repartirán los puntos de la siguiente manera: Al mejor se le dará la máxima puntuación y al peor 5 puntos. La diferencia de tiempos se usará para repartir de manera proporcional la resta de puntos respecto al ganador.

**Tabla 1. Escala de puntuación de la prueba**

| <b>Puntuación</b>                                      | <b>25</b> | <b>50</b> | <b>75</b> | <b>100</b> | <b>200</b> | <b>250</b> | <b>500</b> |
|--|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|
| <b>Pruebas estáticas</b>                               |           |           |           |            |            |            |            |
| Análisis del diseño del producto                       |           |           |           |            |            | x          |            |
| Estructura y frenos                                    |           | x         |           |            |            |            |            |
| Iluminación y ergonomía                                | x         |           |           |            |            |            |            |
| Componentes smart                                      |           | x         |           |            |            |            |            |
| Recuperación de energía y reutilización de componentes |           |           |           | x          |            |            |            |
| Usabilidad y mantenimiento                             | x         |           |           |            |            |            |            |
| <b>Plan de empresa</b>                                 |           |           |           |            |            | x          |            |
| Coste detallado del producto                           |           |           |           | x          |            |            |            |
| Estructura para su fabricación en serie                |           | x         |           |            |            |            |            |
| Plan de marketing del producto                         |           | x         |           |            |            |            |            |
| Proyección de ventas y beneficios a 3 años             |           | x         |           |            |            |            |            |
| <b>TOTAL PRUEBAS ESTATICAS</b>                         |           |           |           |            |            |            | x          |
| <b>Pruebas dinámicas</b>                               |           |           |           |            |            |            | x          |
| Aceleración  |           |           | x         |            |            |            |            |
| Conos  |           |           | x         |            |            |            |            |
| Circuito   |           |           |           | x          |            |            |            |
| Resistencia  |           |           |           |            | x          |            |            |
| Eficiencia Energética                                  |           | x         |           |            |            |            |            |
| <b>TOTAL PRUEBAS DINÁMICAS</b>                         |           |           |           |            |            |            | x          |

### 2.3- Propiedad Industrial

Debido a la directa relación del proyecto con el sector industrial, y porque el resultado debe ser un producto comercializable, se han definido las siguientes cláusulas que hacen referencia a la propiedad industrial de los lo proyectos presentados:

- Cada universidad puede llegar a los acuerdos económicos que crea conveniente con cualquier empresa que participe indirecta o indirectamente como patrocinador en el evento.
- Si la empresa no participa en el evento como patrocinador el acuerdo se hará con la organización y la universidad al mismo tiempo.
- Si la universidad ha patentado el objeto de negocio, sólo ella podrá negociar con cualquier empresa

### 2.4- Normas para la construcción del prototipo

A continuación se describirán las normas a aplicar en la construcción del vehículo que deberá ser homologable bajo la categoría L1E o L3E.

#### 2.4.1- Componentes y materiales libres a utilizar en el proyecto

Todos los componentes y materiales que se utilicen para la construcción de la **smart moto** deben estar homologados en Europa.

#### 2.4.1.1- Chasis

Se podrá utilizar cualquier material que se emplee en los bastidores de motos ya comercializadas. De optarse por un material diferente, se deberá demostrar su viabilidad técnica siguiendo un protocolo que se anunciará en los próximos meses.

#### 2.4.1.2- Ruedas

Se aceptarán vehículos de 2 y 3 ruedas.

El diámetro, anchura y relación de aspecto de los neumáticos es indiferente, si bien todos los neumáticos utilizados deben existir en el mercado.

#### 2.4.1.3- Luces

Las luces deben alimentarse de la misma fuente que el motor y deben conformar una estructura que sea homologable según la norma europea. Se pueden utilizar bombillas convencionales, halógenas, o faros con tecnología LED...o cualquier tecnología que cumpla con la homologación, con un voltaje de alimentación máximo de 12 voltios

#### 2.4.1.4- Sistema de frenada

Debe puede ser accionado por cable, circuito hidráulico o eléctrico a una o a ambas ruedas al mismo tiempo. Puede disponer de un sistema de recuperación de energía. Los componentes del sistema de frenado, salvo en el subsistema de recuperación de energía, deben proceder de fabricantes homologados. ABS y sistemas de ayuda a la frenada estarán permitidos.

#### 2.4.1.5- Componentes *smart* del vehículo

En este desafío se entenderán por componentes *smart* todos aquellos que sirvan para enviar o recibir información de Internet y para su fabricación no existe ningún tipo de limitación salvo el sentido común de los participantes.. La plataforma donde enviar información será anunciada por la organización así como sus características técnicas para facilitar el desarrollo. Otras plataformas o soluciones también estarán permitidas.

#### 2.4.1.6- Carrocería y asiento

Se puede utilizar cualquier tipo de material homologado para la construcción de motocicletas en Europa. La carrocería puede cubrir parcialmente las ruedas del vehículo. No se admitirán diseños con partes cortantes ni con capacidad de producir incisiones en el cuerpo humano a velocidades inferiores a 10 km/h. Los asientos deben tener una parte permanentemente sujeta al chasis o carrocería pudiendo bascular sobre ella.

### 2.4.2- Componentes y materiales obligatorios a utilizar en el proyecto

#### 2.4.2.1- Sistema motor + baterías + electrónica de gestión

Para la ejecución del proyecto, la empresa ELMOTO cederá a los participantes el motor, batería y equipos electrónicos de gestión del sistema tractor. Los participantes estarán obligados a utilizar esos componentes en sus proyectos para lo cual recibirán formación por parte del fabricante citado. Las características de estos componentes se detallan en el anexo I.

**Figura 2. E-bike origen del proyecto *ELMOTO HR-2***



#### 2.4.2.2- Sistema de seguridad

La moto no podrá moverse eléctricamente si el caballete o la pata de cabra están accionados en el vehículo que disponga de tal elemento.

#### 2.4.2.3- Características del vehículo de referencia

**Tabla 2. Características de la *ELMOTO HR-2***

|                         |                         |                       |                |
|-------------------------|-------------------------|-----------------------|----------------|
| <b>Velocidad máxima</b> | 45 km/h                 | <b>Ruedas</b>         | 24"            |
| <b>Autonomía</b>        | 65 km                   | <b>Chasis</b>         | Aluminio 7005  |
| <b>Batería</b>          | Ion Litio 48V / 31.5 Ah | <b>Tiempo recarga</b> | 4h 80% 6h 100% |
| <b>Motor</b>            | A la rueda brushless    | <b>Recarga rápida</b> | 2h 80% 4h 100% |
| <b>Potencia</b>         | 1.7 KW ( 2 KW max)      | <b>Homologación</b>   | Europea L1E    |
| <b>Suspensiones</b>     | hidráulicas             | <b>Peso</b>           | 47 Kg          |
| <b>Frenos</b>           | Disco 2 ruedas 203 mm   | <b>Máx peso</b>       | 195 Kg         |

### 3.- Universidades participantes en la primera edición

Las universidades que se presentan a esta primera edición son las que aparecen en la tabla 3. Los productos finales se presentarán entre los días 11 y 14 de julio con lo que se podrán exponer durante el congreso.

**Tabla 3. Universidades participantes en la primera edición de la Barcelona Smartmoto Challenge**

| PAIS    | CIUDAD    | UNIVERSIDAD                         |
|---------|-----------|-------------------------------------|
| Rusia   | Moscow    | Universidad Técnica de Moscú "MAMI" |
| Polonia | Wroclaw   | Universidad Politécnica de Wroclaw  |
| España  | Barcelona | ETSEIB (UPC) / ELISAVA (Diseño)     |
| España  | Barcelona | Ingeniería Industrial de IQS        |
| España  | Madrid    | Universidad Europea de Madrid       |
| España  | Madrid    | Universidad Antonio de Nebrija      |
| España  | Cartagena | Ingeniería Industrial (UPCT)        |

#### **4.- Conclusiones**

Con la puesta en marcha de esta nueva competición, que podríamos decir que tiene dos características diferenciadoras respecto a otras análogas, su bajo coste y un producto resultante próximo al mercado final, esperamos, los promotores del proyecto, poder poner al alcance de la mayoría de escuelas de ingeniería de España un aliciente para todos los estudiantes, que inmerso en el concepto de *learning by doing*, permita adquirir los conocimientos y las buenas prácticas que necesitan las empresas de los ingenieros recién titulados de tal manera que su tiempo para entrar en producción en las mismas sea lo más breve posible. Es una herramienta más para aumentar la competitividad de nuestra industria.

#### **5.- Agradecimientos**

A todas las empresas y organismos citados en la ponencia, o no, pero que aparecen en [www.smartmotochallenge.org](http://www.smartmotochallenge.org) , que sin su participación en este proyecto no se habría podido llevar a cabo.

#### **6.- Referencias**

Kolb, D.A., Rubin, I.M., McIntyre, J.M. (1974). *Organizational Psychology: A Book of Readings, 2nd edition*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall.

<http://www.smartmotochallenge.org/rules.html>

<http://www.robocup.org/about-robocup/regulations-rules/>

<http://www.firstlegoleague.es/index.php/es/jrfl/el-desafio-jrfl>

<http://students.sae.org/competitions/formulaseries/rules/>

<http://www.boe.es/boe/dias/2010/06/24/pdfs/BOE-A-2010-9994.pdf>