

METODOLOGIA APLICADA EN EL PROYECTO FINAL DE CARRERA GANADOR DEL PREMIO A LA CREATIVIDAD 2011 EN LA UPC-ETSEIAT

Dr. Miguel A. Saiz Segarra^(p)

Centro Técnico de SEAT. Des. Front-end e Innovación

Prof. asociado Dep. Proyectos de Ingeniería. ETSEIAT. UPC. Terrassa

Edgar Aneas Moreno

Asociación de Investigación Tecnológica UPC ecoRacing

Abstract

Nowadays the engineering students should finish their studies with a high level of creativity and innovation skills. Although creative education has not increased in relation to its necessity, some mechanisms and courses exist that permit the promotion of these skills, such as the course of Engineering Projects and the proper master final projects (in Spanish PFC or Proyecto Final de Carrera). This paper shows the activities carried out in order to increase creativity and innovation student skills in a PFC. It shows how the relation teacher-student and the work methodology, between others, allows an increase in the creative skills of students. It shows its application in the PFC named "Design of a offshore aero generator with a better use of another renewable energy on the Catalanian coast". This project won the Creativity Prize of the ETSEIAT in 2011, awarded by Colegio de Ingenieros Industriales de Catalunya. This paper gives also a little technical description of the project.

Keywords: *education; creativity; innovation; engineering; project; university*

Resumen

En la actual economía los estudiantes de Ingeniería deben acabar sus estudios fortaleciendo sus habilidades creativas e innovadoras. A pesar de que la enseñanza de la creatividad no ha incrementado en relación a su necesidad, existen mecanismos y asignaturas que permiten fomentar estas habilidades. En esta línea, es de destacar la asignatura de Proyectos de Ingeniería y la propia realización de los Proyectos Finales de Carrera. El presente artículo muestra como las actividades realizadas en un PFC pueden potenciar las habilidades creativas e innovadoras de los estudiantes. Se muestra como la tutoría, la metodología de trabajo y la relación tutor-estudiante, entre otras, permiten además de mejorar las habilidades creativas de los estudiantes, que el PFC presentado tenga un alto nivel técnico e innovador. Este artículo muestra su aplicación al PFC titulado "*Diseño de un aerogenerador marino flotante con el aprovechamiento de otra energía renovable para el litoral catalán*". Este proyecto obtuvo el Premio a la Creatividad de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y Aeronáuticos de Terrassa en el 2011, otorgado por el Colegio de Ingenieros Industriales de Catalunya. El artículo además de describir la metodología seguida da una breve descripción del propio proyecto ganador del premio.

Palabras clave: *enseñanza; creatividad; innovación; proyecto; ingeniería; universidad*

1. Introducción

En la situación económica actual, los estudiantes, especialmente los de carreras técnicas, deberían finalizar sus estudios universitarios con una alta capacidad innovadora. Alcanzar esta meta no es una tarea fácil. Una adecuada formación universitaria debería aportar el conocimiento, por un lado, de aspectos teóricos relacionados con la innovación, tales como: en qué consiste la innovación, cómo se gestiona, qué aspectos intervienen, formas de financiación, cómo lo han hecho otros, ya sea inventores, centros de investigación y/o grandes empresas. También podría ser interesante que supieran cómo piensan y actúan los emprendedores, sobre qué se apoyan y qué les motiva, cómo combinan los recursos de qué disponen,... pero, sobre todo, deberían saber cómo se puede generar la innovación, su relación con la creatividad, la importancia de hacer preguntas, de emplear la imaginación y de encontrar nuevas relaciones. Por otro lado, los estudiantes también deberían haber experimentado la aplicación práctica de la innovación. En este caso, la práctica es mucho más importante que la teoría, pues si no se experimenta cómo aparecen las ideas, qué aspectos personales la fomentan, trabajar en equipo, cómo asumir riesgos y avanzar ante los imprevistos, cómo mantener la ilusión y pasión sin ceder ante las adversidades,... incluso, si no se experimenta el placer asociado al proceso de creación de algo nuevo, el estudiante difícilmente puede saber en qué consiste. Si la universidad produce titulados, que con aproximadamente 25 años no han experimentado ni disfrutado del proceso creativo e innovador, difícilmente puede decirse que la formación obtenida les ha preparado para incorporarse a las exigencias del entorno laboral actual; y mucho menos para el futuro.

Muchos investigadores indican que la creatividad se puede aprender (Csikszentmihalyi, 1990) (Robinson & Aronica, 2000) (Saiz, 2005). Esto quiere decir que en la universidad personas conocedoras del tema pueden enseñarla y ayudar a ponerla en práctica. La realidad, por todos conocida, muestra que fuera de la universidad los estudiantes también "aprenden" pero en este caso "a base de golpes" pero sólo si, además, tienen la suerte de que algo en su interior les ayuda a volverse a levantar tras la caída y les impulsa a continuar hasta alcanzar la meta buscada. Como mínimo, habría que indicarles que esto es lo que se van a encontrar y que una adecuada actitud les permitirá optimizar este proceso de autoaprendizaje. Justo esta actitud de búsqueda y superación es la que al final debe ser aprendida y, por tanto, es la que se debería de enseñar.

Por otro lado, ante la falta de esta formación, algunas empresas han llegado a implementar internamente cursos de formación creativa e innovadora a sus empleados, pues consideran que esta habilidad debe de fomentarse (Saiz, 2011).

En la línea de enseñanza universitaria ya existen cursos de posgrado, como por ejemplo el curso **Gestión Creativa e Innovación de Producto**¹ realizado por la Fundació Politècnica de Catalunya, donde se transmiten gran parte de los conocimientos y experiencias indicados anteriormente (Lloveras et al., 2010).

Las escuelas técnicas, todo y no tener cursos específicos sobre creatividad e innovación, ya disponen de algunos mecanismos muy adecuados para fomentar la creatividad e innovación de los estudiantes. Uno de ellos es la asignatura de Proyectos de Ingeniería. En la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial y Aeronáutica de Terrassa (ETSEIAT) de la Universidad Politècnica de Catalunya (UPC) en la asignatura de Proyectos, en concreto Proyectos I y Proyectos II, que se realizan en los últimos cuatrimestres, grupos de entre 8 y 12 estudiantes deben de realizar un proyecto completo. Este método de enseñanza permite a los estudiantes no sólo que aprendan gestión de proyectos, integren los conocimientos adquiridos en otras asignaturas y trabajen en grupo, si no que, además, necesitan trabajar con la creatividad, la innovación y la improvisación ante los imprevistos que aparecen "sobre

¹ <http://formaciocontinua.upc.edu/esp/cursos/gestio-creativa-innovacio-producte/303600/>

la marcha". Esta asignatura se aproxima en gran medida a lo que se pueden encontrar "fuera". Los profesores de esta asignatura tienen como reto hacer que los alumnos vean que esa complejidad que están viviendo es la esencia del Proyecto y de la Innovación. Al fin y al cabo, una innovación no deja de ser un proyecto exitoso.

Otro mecanismo disponible es la existencia de los Proyectos Final de Carrera (PFC). Estos trabajos realizados por los alumnos contienen los aspectos indicados anteriormente en la asignatura de Proyectos. Los tutores de los PFC disponen de un mecanismo fundamental para ayudar a los estudiantes a que expresen su creatividad y capacidad innovadora. Una prueba de ello es que en la ETSEIAT, conjuntamente con el Colegio de Ingenieros Industriales de Catalunya (COEIC), cada año se otorga el Premio a la Creatividad entre todos los PFC realizados cada año académico que además de alcanzar una calificación de excelente contengan un alto componente creativo e innovador.

2. Objetivos

El objetivo principal del presente trabajo es mostrar cómo la metodología seguida en el PFC ganador del Premio a la Creatividad del curso 2010-2011, en su octava edición, otorgado por la ETSEIAT en colaboración con el COEIC es una muestra de como los PFC pueden fomentar la creatividad y capacidad innovadora de los estudiantes.

El presente trabajo no tiene por objetivo presentar y justificar los métodos para formar en creatividad en general. Sólo se pretende mostrar que los proyectos final de carrera si se realizan de una forma abierta y que fomente la búsqueda de nuevas relaciones son un método que permite fomentar la creatividad de los estudiantes. También se describen los aspectos que más han influido en esta búsqueda de nuevas relaciones antes inexistentes así como la importancia del tutor a la hora de fomentar el espíritu creativo en el alumno.

3. Caso de estudio

El caso de estudio es el proyecto Final de carrera de título "***Diseño de un aerogenerador marino flotante con el aprovechamiento de otra energía renovable para el litoral catalán***", defendido en el año 2011, con una calificación de excelente.

3.1 Descripción general del proyecto final de carrera

La definición inicial del proyecto consistía en el diseño de un parque eólico marino instalado en la costa catalana. Adicionalmente al aprovechamiento de energía eólica como fuente de energía principal, el parque eólico debía de diseñarse para aprovechar otro sistema de energía basado en las energías renovables existentes en la zona.

Como resultado final se ha diseñado un parque eólico situado en la Norte de la costa catalana, a 37,5 km de Portbou. El parque eólico marino consta de 10 generadores con una potencia total instalada de 80MW, de los cuales 50 MW provienen de energía eólica y 30 MW provienen de la energía renovable adicional, la cual se obtiene a partir del movimiento de las olas. Mediante herramientas estadísticas se calculó la cantidad de energía producida anualmente, alcanzando un valor de 324 GWh. Esta energía sería suficiente para abastecer unas 95000 viviendas. En la fig. 1 se muestra la ubicación final del parque eólico.

Figura 1: Ubicación final del parque eólico marino en el litoral catalán



En la figura 2 se muestra una vista general de una de las 10 torres aerogeneradoras de las que consta el parque eólico marino.

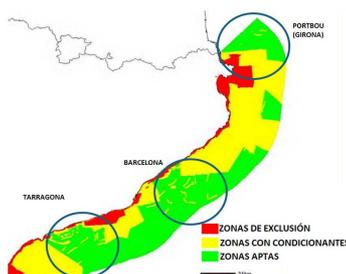
Figura 2: Vista general de una de las torres aerogeneradoras del parque eólico marino



3.2 Descripción de algunas de las partes del proyecto

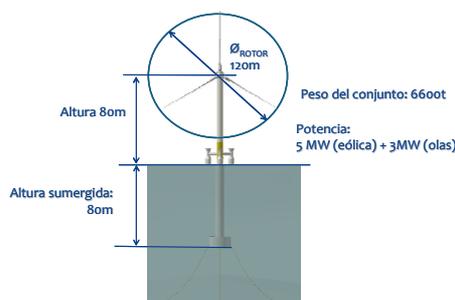
El primer paso en el proyecto fue encontrar la mejor ubicación del parque eólico marino en la costa catalana. Se hizo un primer estudio de toda la costa, del cual se encontraron tres posibles localizaciones que optimizaban los criterios de selección. En la figura 3 se muestran estas tres posibles zonas. La selección final fue obtenida tras un análisis más detallado sobre los criterios de selección empleados, tales como: los recursos eólicos, batimetría, el tráfico marino, la existencia de subestaciones eléctricas cercanas, impacto visual y la existencia de reservas naturales protegidas cerca de las zonas analizadas.

Figura 3: Posibles zonas la ubicación del parque eólico marino situado en el litoral catalán



Posteriormente se realizó el diseño de las diferentes partes de la turbina flotante: la torre, el sistema de flotación, el sistema de orientación, el buje, las aspas y el sistema de generación de energía renovable adicional, entre otros. La altura de la torre es de 80m por encima del nivel del mar, estando sumergida otros 80 m. El diámetro del rotor es de 120 m. En la Fig. 4 se muestra una vista frontal de la torre.

Figura 4: Vista frontal de la torre con las dimensiones principales



La torre está formada por una estructura modular de acero de 5 m de diámetro. En su interior hay una serie de plataformas y escaleras metálicas para facilitar la accesibilidad y el mantenimiento. El sistema flotante adoptado es mediante lastre. Consiste en un sistema similar a la estructura de la torre, con un pesado contrapeso en el extremo inferior para dar estabilidad y facilitar la flotación, unido por tres cables al fondo marino. La góndola tiene dos partes. La interior está formada por una estructura de acero. Encima se instala el generador eléctrico y los sistemas de control de potencia y de orientación. La parte exterior es el cubrimiento, en fibra de vidrio, y su función es envolver y proteger de las condiciones ambientales las partes mencionadas. El generador eléctrico es un generador síncrono de 5MW. Esta solución con generadores síncronos, que no requieren de un caja de engranajes, reduce el peso, ruido, el coste de mantenimiento y aumenta la fiabilidad.

La góndola dispone de un sistema de rotación y alineamiento que permite orientar las aspas según el flujo del viento. El buje de acero fundido está acoplado directamente al generador. Su diseño permite soportar y reducir las tensiones generadas por el flujo del viento sobre las aspas. El diseño de las aspas optimiza la eficiencia aerodinámica y da buena rigidez estructural con un peso reducido.

La energía total del parque eólico es transportada a la costa por medio de un cable submarino enterrado. Por último, además de un estudio medioambiental, se ha realizado un cálculo de costes e inversiones y un estudio de rentabilidad a lo largo de los 20 años de vida útil del proyecto. Las conclusiones que se han obtenido son que la inversión necesaria se recuperaría al cabo de los primeros 6 años de vida útil del proyecto. En conclusión, este tipo de plantas de potencia son una buena alternativa para prevenir el calentamiento global y reduce la dependencia del petróleo y otras fuentes contaminantes.

3.3 Descripción del sistema de energía renovable adicional

Como requisito de la propuesta inicial, se ha debido buscar, seleccionar y diseñar un sistema de energía renovable adicional al eólico. Debido a su aspecto innovador se considera adecuado hacer una descripción de este sistema.

El dispositivo de generación de energía con el aprovechamiento de las olas se basa en un sistema de columna de agua oscilante, el mismo principio que inspiró la idea de la boya Masuda en 1945. Cada torre dispone de tres unidades de este sistema, con lo que cada

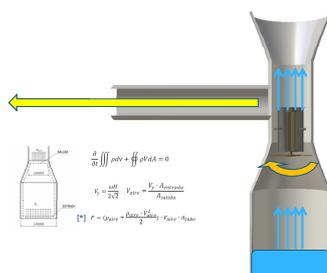
torre puede generar hasta 3MW de potencia eléctrica. La energía generada por cada artefacto es conducido mediante cable submarino a una subestación transformadora que eleva la tensión para minimizar las pérdidas y transportarla hasta la costa y de allí hasta la red de consumo. Las 30 unidades disponibles generarían una potencia cercana a 30MW, que sumados a los 50MW proporcionados por las torres eólicas haría un total de 80MW.

Para llegar a esta solución se plantearon varias posibilidades tratando responder al problema de cómo generar más energía en la ubicación del parque. Se propusieron varias alternativas estudiando las características de la zona. Una fue aprovechar la energía solar mediante placas fotovoltaicas, pero se desestimó por su poca eficiencia, ya que se necesitaría una gran superficie para poder generar una cantidad de energía proporcionalmente digna respecto la eólica, además de la complejidad añadida de construir una estructura robusta que soportase los embistes del mar. Se planteó también la posibilidad de aprovechar la energía producida por las corrientes marinas. Esta posibilidad añadía una gran ventaja sobre la anterior, ya que el principio de funcionamiento era similar al que se utiliza en la torre eólica, pero cambiando el fluido de trabajo: en vez de aire, pasaba a ser el agua del mar. Sin embargo, se acabó descartando debido a que el nivel de corrientes que existe en la zona de ubicación no era suficiente para generar una cantidad de energía importante. La opción finalmente escogida partió de la idea de aprovechar la energía de las olas.

El principio de funcionamiento está basado en la tecnología de la columna de agua oscilante. La ola cuando sube produce una compresión en el aire existente dentro de una estructura tubular, provocando que el aire ascienda. Este flujo de aire ascendente mueve una turbina Wells produciendo energía eléctrica. Cuando las olas del mar descienden, producen una depresión en la columna de agua, generando una succión hacia abajo que hace que el flujo de aire baje aportando más energía a la turbina Wells. Así, el sistema funciona en ambas direcciones del movimiento de olas y por lo tanto del flujo de aire.

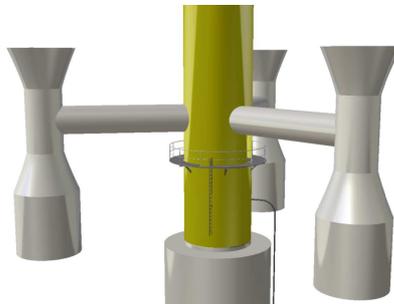
La descripción general de la idea propuesta de dispositivo que se ha diseñado, consiste en una estructura tubular donde sus dos extremos tendrán un diámetro mucho mayor que en el tramo central. En este tramo central se colocara una turbina Wells (la cual gira en un mismo sentido independientemente de la dirección del flujo de aire) y que estaría directamente acoplada a un generador de imanes permanentes. Este tubo se sujetara mediante una estructura formada por otro tubo horizontal que se unirá a la torre del aerogenerador. La estructura está unida al aerogenerador de tal forma que una porción de la parte inferior estará sumergida de manera que el aire que queda en el interior solo pueda salir por la obertura superior. La oscilación de las olas, provocará que el agua entre por el conducto interior, y el aire interior será empujado y en consecuencia fluirá hacia la obertura superior. La sección del tubo ira disminuyendo (de 4,5 a 2,5m), y la velocidad del aire ira aumentando de magnitud hasta el punto de sección mínima donde alcanza la velocidad máxima. En ese punto es donde se instala la turbina Wells, la cual estará unida al eje del generador. En la figura 5 se muestra un esquema de funcionamiento de este sistema. Cuando la ola desciende, el proceso funciona de la misma manera.

Figura 5: Esquema de funcionamiento del sistema basado en el movimiento de las olas



En la figura 6 se muestra como cada torre dispone de tres unidades de sistema de energía por medio de las olas. En la figura 2 se muestra donde está situado este sistema en la torre.

Figura 6: Detalle de como se unen las tres unidades de energía de las olas a la torre principal



3.4 Aspectos potenciadores de la creatividad a destacar sobre la metodología seguida en el PFC

A continuación se van a indicar tanto los aspectos más destacables como la metodología empleada que pueden haber influido en la aparición de creatividad del estudiante.

Con objeto de dejar claro algunos de los aspectos relacionados con la creatividad que el tutor intentaba transmitir al estudiante en sus reuniones de seguimiento del PFC, se considera necesario matizar cuatro aspectos clave: la capacidad de hacer preguntas, la habilidad de encontrar nuevas relaciones, la capacidad de dar forma a las nuevas relaciones y la habilidad de defender las ideas novedosas aparecidas con estas nuevas relaciones.

Se pasarán a comentarlas para ver su importancia y cómo se pueden transmitir a los estudiantes en las sesiones de trabajo. Lo básico en la creatividad es elaborar preguntas. Las preguntas están relacionadas con la esencia del problema planteado. La facilidad de hacer preguntas permite ver el problema "desde fuera". Es un potente mecanismo rompedor de prejuicios e ideas preestablecidas. La creatividad no es únicamente la capacidad de hacer preguntas, pero si bebe de esta fuente. La pregunta tiene una gran conexión con la creatividad. No es preguntar por preguntar. Según Corbalán: "La pregunta es también un producto que hay que elaborar". Este mismo investigador de la creatividad indica que "la pregunta es una acción inquisitiva que permite entrar en nuevas dimensiones de los fenómenos, crear perspectivas alternativas o iniciar búsquedas imprevistas". Corbalán indica la importancia de enseñar a hacer preguntas. En esta línea más educativa, mencionando a Marina (1993, pág. 40), Corbalán indica: "Por ello tengo por cierto que enseñar a preguntar es el más perfecto empeño educativo y que si fuera posible enseñar este arte a una estatua le habríamos conferido al punto la más completa sabiduría" (Corbalán et al., 2003). Esta fase inicial de hacer preguntas está muy relacionada con lo que von Oeck (1988), cuando habla de los cuatro roles del proceso creativo, identifica con adoptar el "*papel de explorador*". Los estudiantes deben de ejercitarse en esta habilidad. Parece un asunto fácil, pero la verdad es que no lo es. Prueba de ello es que el test CREA de Corbalán se basa justamente en valorar la cantidad de preguntas que un individuo puede hacer en 4 minutos. Existe una relación directa entre la capacidad de preguntar y la creatividad (Corbalán et al., 2003). Si tan fácil fuera hacer preguntas esta relación no existiría (pues todos seríamos altamente creativos según este test). La experiencia de uno de los autores del presente trabajo muestra que en las pruebas y ejercicios donde se pide a los participantes que hagan preguntas, la realidad es que esta capacidad es sorprendentemente muy baja (Saiz, 2011).

Esta habilidad de hacer preguntas abre las puertas a otro aspecto también importante de la creatividad: la capacidad de encontrar nuevas relaciones. Si se hacen preguntas adecuadas sobre el problema se encuentran nuevas hipótesis, las cuales son la base del conocimiento científico. Estas preguntas rompen antiguas ataduras y provocan la posible aparición de otras nuevas. Aparece el encadenamiento: "Hasta ahora se hacía así, pero no es posible hacerlo de esta otra forma?". Este es uno de los motores generadores de nuevas relaciones. Encontrar relaciones novedosas es la esencia de la creatividad (Machado, 1993). Esta fase se asocia con adoptar el "*papel de artista*" (Oeck, 1988). El tutor debería ayudar a que el estudiante genere relaciones y de forma a estas propuestas nuevas.

El tercer paso es dar una forma adecuada a la propuesta. Saber preguntar y encontrar nuevas relaciones lleva al siguiente nivel creativo, el cual está relacionado con "¿y por qué no?". En esta fase se intenta dar forma a la idea: se analizan las ventajas e inconvenientes. Se analiza la idea para potenciar sus fortalezas y reducir las debilidades. Podría hacerse incluso un análisis DAFO: análisis de fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas. Esta fase se asocia con el "*papel de juez*" (Oeck, 1988). El tutor debe de guiar al estudiante en esta fase, dónde los conocimientos propios de la ingeniería son más determinantes.

La última fase es la de luchar por la idea. Una vez la idea ha sido redesarrollada y fortalecida por el análisis anterior indicado, sólo queda "venderla" y "luchar por ella". Este es el conocido "*papel del guerrero*" (Oeck, 1988). El tutor debe transmitir al estudiante que las ideas deben de venderse lo mejor posible. Esto implica mucho trabajo, pues en función de quien es el interlocutor debe de prepararse la presentación o defensa.

La metodología seguida en el proyecto indicado se basa en transmitir al estudiante que en todo proceso creativo e innovador se debería pasar por estas cuatro fases. El estudiante debe aprender a saber en que rol se encuentra en cada momento y cómo puede pasar al siguiente: ya sea como explorador, artista, juez o guerrero. La función principal del tutor del proyecto ha sido ayudar al estudiante a profundizar en cada una de estas fases o roles. Todo ello combinado con el conocimiento y rigor necesario de todo proyecto final de carrera.

El tutor ha intentado fomentar la búsqueda y aparición de preguntas (explorador). Ha intentado incentivar la búsqueda de nuevas relaciones aparecidas con algunas de las preguntas generadas, dando forma a estas relaciones (artista). Con las nuevas relaciones se han buscado soluciones técnicas tras un análisis de las ventajas e inconvenientes (juez). Se ha intentado realizar un proyecto que justifique que estas ideas son industrializables y económicamente rentables y, por último, se ha intentado preparar una presentación que sirva para hacer la mejor venta posible del proyecto ante el tribunal (guerrero). El tutor intentaba fomentar la importancia de cada una de estas cuatro fases o roles. Es interesante recordar que en todo proyecto innovador estos cuatro roles de la creatividad se entrecruzan, y el producto final es resultado de la realización de diferentes bucles.

Adicionalmente, para facilitar la generación de preguntas y nuevas relaciones, se buscó un proyecto que como tal no existiera en la realidad. De esta forma, de entrada no es posible hacerlo "como lo hacen otros", y es el propio estudiante el que tiene que plantearse los problemas y buscar las soluciones, haciéndose preguntas y considerando diferentes alternativas. Además, se han planteado problemas lo más abiertos posibles al estudiante.

Tal como se ha indicado en la descripción del proyecto, la metodología indicada se ha aplicado a diferentes aspectos tales como definir la ubicación, el sistema de construcción de la torre, la distancia a la costa, buscar otras energías alternativas adicionales, cómo reducir el impacto visual,...En todos estos aspectos el alumno generó gran cantidad de preguntas relacionadas con cada uno de ellos. Tal como se ha indicado en el apartado 3.2, el estudiante analizó diferentes posibilidades constructivas de la torre desde diferentes perspectivas, acabando con la descrita la cual consiste en una solución modular que

simplifica el diseño, optimiza los materiales empleados y facilita el montaje, con lo que se acaba obteniendo así una solución más económica y fiable.

Otro aspecto importante a remarcar es el indicado en el apartado 3.3, referente al sistema de energía renovable adicional. Tal como el tutor planteó el problema ya era una pregunta abierta. Se observó que un parque eólico marino, dentro de las grandes similitudes con uno terrestre, tiene muchísimas diferencias y muchas más posibilidades de captar energías alternativas. Se hizo una gran búsqueda de alternativas (preguntas tipo ¿y si se hiciera ...?). Muchas de estas alternativas están descritas en el proyecto. Tras un análisis de ventajas e inconvenientes se adoptó la solución indicada.

Se ha motivado al estudiante a que debe de aprender a generar ideas y que sólo las debe descartar después de analizarlas correctamente. No debe descartarlas, simplemente "porque seguramente no funcionarán", sin hacer un mínimo análisis de las mismas. Se ha ayudado al estudiante a tener confianza en sus ideas y en su capacidad de análisis y síntesis.

El tutor debe de transmitir entusiasmo e ilusión en el proyecto. Debe de motivar al estudiante a que aprenda a romper los esquemas preestablecidos y a que realmente quiera ser diferente, para así llegar a ser él mismo. Tal como dijo Steve Jobs: *«Aquellos que están lo suficientemente locos para creer que pueden cambiar el mundo, son los que lo conseguirán»*.

Se ha intentado que sea el estudiante quien aporte el máximo de ideas y que sea él mismo quien las trabaje, por medio de analizar las ventajas e inconvenientes de cada alternativa. Se le ha motivado y apoyado en el máximo de propuestas realizadas.

La condición que se añadía a su creatividad y capacidad innovadora era que el proyecto debía definir las propuestas aportadas en el nivel de detalle que requiere un proyecto de ingeniería, pues sólo se pueden valorar las ideas que se pueden transmitir a otros tras mostrar de forma clara las ventajas que presentan. Sólo entonces, cuando las ideas se ven reflejadas en los planos, es cuando puede concluir si es o no una potencial innovación.

La realización del PFC, enfrenta al estudiante a resolver una serie de problemas y a trazar soluciones. Dado que no existe una restricción severa de la elección del título y la temática del proyecto; sólo se debe satisfacer la aportación de una solución técnica a un problema planteado; esto da un primer paso a una activación de las capacidades creativas del individuo ya que se abre un gran abanico de posibilidades a elegir.

Además, si se le añade que concretamente la temática de este proyecto es de reciente actualidad, por lo que no existen demasiados antecedentes, ayudó a estimular el interés, la imaginación, la creatividad y la toma de decisiones respecto a distintos aspectos del PFC en los que no se tenían demasiados referentes de cómo actuar: *!El estudiante tenía todo el mar mediterráneo abierto a su imaginación, y de este gran reto aparecieron también grandes oportunidades!*

La actitud abierta del tutor y su entusiasmo a su vez incitaron al esfuerzo por parte del alumno de buscar y encontrar ideas y escoger opciones que solventaran soluciones a los problemas planteados en el proyecto, dentro de unos márgenes en los que el tutor orientaba fijando parámetros para tener un objetivo claro.

También es verdad que no todos los estudiantes son iguales y en el caso que se trata, las ganas de aprender, de expresar sus conocimientos y de buscar nuevas ideas han sido muy remarcables.

Es importante mencionar que el estudiante también hizo mucho trabajo e intentó no dejar nada al azar. En esta línea, se preparó una presentación con tiempo suficiente, haciendo bastantes ensayos entre alumno/tutor para intentar llegar a la excelencia.

4. Resultados

Los resultados obtenidos han sido los siguientes:

Durante el proyecto se han seguido los cuatro roles creativos descritos.

Tal como se ha intentado mostrar, se plantearon gran número de preguntas y apareciendo muchas nuevas relaciones (alternativas). Se indicó al estudiante que este proceder suele dar sus frutos.

El proyecto propuesto y la relación tutor-alumno han fomentado la expresión de la creatividad del alumno, pues la actividad mostrada ha permitido que el estudiante haya realizado un proyecto con un grado de innovación elevado.

Se ha intentado mostrar que el tutor debería hacer de guía y ser un motor para el estudiante, más que supervisar el proyecto y señalar si se cumplen los aspectos formales del mismo.

La propia presentación del PFC ante el tribunal dio como fruto una calificación de excelente, especialmente por el aspecto innovador de la solución.

Quizás, la mejor muestra de todo lo anterior es que el proyecto consiguió ganar el premio de creatividad mencionado.

El propio alumno indicó que este proyecto le permitió expresar su creatividad y disfrutar con ello.

5. Conclusiones

Con lo expuesto, puede concluirse que la realización del Proyecto Final de Carrera es una herramienta disponible por la Universidad para fomentar la creatividad de los estudiantes. Cómo tal, la existencia del tipo de premios como los mencionados fomentan que este tipo de trabajos académicos, durante la formación del estudiante, son adecuados y deberían de potenciarse mucho más.

La relación tutor estudiante es muy importante en este tipo actividades. La universidad quizás debería ayudar a que estas relaciones mejoren.

Por último, dado que todas las actividades innovadoras requieren mucho trabajo, como se ha mostrado en el PFC mostrado, es interesante concluir que la suerte debe de buscarse.

6. Referencias

Corbalán, F. J., Martínez, F., Donolo, D., Tejerina, M., Limiñana, R. M. (2003). *CREA Inteligencia Creativa. Una medida cognitiva de la creatividad*. Madrid: TEA Ediciones. Obra galardonada con el VII Premio Internacional TEA Ediciones.

Csikszentmihalyi, M. (1990). *Flow: The Psychology of Optimal Experience*. New York: Harper and Row.

Lloveras J., Saiz M. A., García-Delgado C., Chaur J., Claudí Ll., Barlocci A., Carnicero L.. (2010). Creative Engineering Design Aspects given in a Creativity Training Course. *Design Creativity 2010*, book of The First International Conference of Design Creativity (ICDC 2010). Ed. Taura, T., Nagai, Y.; Ed. Springer, London, Nov 29-Dec. 1, 2010. Kobe International Conference Center, Kobe, Japan; pp. 297-303.

Machado, L. A. (1993). *La revolución de la inteligencia*. Venezuela: Editorial Seix Barral

Marina, J. A. (1993). *Teoría de la inteligencia creadora*. Barcelona: Anagrama.

Robinson, K. & Aronica, L. (2011) *El Elemento. Descubrir tu pasión lo cambia todo*. Barcelona: Random House Mondadori, S. A.

Oech, R. v. (1988). *A Kick in the Seat of the Pants: Using Your Explorer, Artist, Judge, and Warrior to Be More Creative*. Harper Paperbacks

Saiz, M. A. (2005), *Como potenciar la generación de ideas en la fase creativa de los procesos de innovación tecnológica en aplicaciones de la ingeniería industrial*, Tesis Doctoral, UPC, Barcelona. http://www.tdx.cesca.es/TDX-0629105-133644/index_an.html

Saiz, M. A. (2011) *Curso de Creatividad aplicado a la empresa*, XV CONGRESO DE INGENIERIA DE PROYECTOS. Huesca. 6, 7 y 8 Julio, 2011

Correspondencia (Para más información contacte con):

Dr. Miguel Ángel Saiz Segarra.

Centro Técnico de SEAT S.A., Carretera N-II, Km. 585, Apdo. de Correos 91, 08760 Martorell, Barcelona. ESPAÑA.

Profesor Asociado de la Universidad Politécnica de Catalunya UPC, Departamento de Proyectos. Escuela Técnica Superior Ingeniería Industrial y Aeronáutica de Terrassa (ETSIAT)

Teléfono: +34 93 708 77 44

E-mail : miguel-angel.saiz@seat.es

URL: <http://www.seat.com>