

EDUCACIÓN STEM PARA INTEGRAR CONOCIMIENTOS CIENTÍFICOS EN LA ASIGNATURA “TECNOLOGÍA INDUSTRIAL” DE BACHILLERATO

Gabriel Ocaña Rebollo, Isabel M^a Romero Albaladejo, Francisco Gil Cuadra.

RESUMEN: En el mundo real, los científicos e ingenieros aplican conocimientos de ciencias y tecnología de manera integrada. Sin embargo, estas disciplinas se enseñan de manera compartimentada en diferentes asignaturas. Para superar esta limitación proponemos aplicar la metodología Educación STEM, que defiende el aprendizaje integrado de los conocimientos de ciencia y tecnología así como los aprendizajes basados en resolución de problemas diseñando y construyendo objetos técnicos. Aquí se presenta nuestra propuesta para desarrollar la asignatura del Bachillerato Científico “Tecnología Industrial”, que integra actividades de investigación y experimentación científica de manera explícita y aplica los métodos propios de ingeniería para diseñar y construir soluciones.

PALABRAS CLAVE: Educación STEM, interdisciplinaridad, currículo integrado, ciencias y tecnología.

OBJETIVOS Nos planteamos presentar una propuesta didáctica fundamentada para conseguir: Integrar actividades de ciencias en la asignatura “Tecnología Industrial”, y mejorar así la interdisciplinariedad de las asignaturas científicas y tecnológicas de Bachillerato. Desarrollar el currículo de Bachillerato con la metodología Educación STEM. Acercar el mundo académico y profesional a los alumnos de Bachillerato. Así mismo, realizamos una primera valoración de los resultados obtenidos a raíz de la puesta en práctica de la propuesta.

MARCO TEÓRICO

El término STEM es el acrónimo de los términos en inglés *Science, Technology, Engineering and Mathematics* (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas), y sirve para agrupar las 4 grandes áreas de conocimiento en las que trabajan científicos e ingenieros. A su vez, el concepto Educación STEM se ha desarrollado como una nueva manera de enseñar conjuntamente Ciencia, Matemáticas y Tecnología con dos características bien diferenciadoras (Sanders, 2009):

- Enseñanza-aprendizaje de Matemáticas, Ciencias y Tecnología de manera integrada, en lugar de como áreas de conocimiento independientes.
- Con un enfoque de Ingeniería, resolviendo problemas complejos del mundo real a través del diseño y construcción de un objeto tecnológico que funcione.

La relación existente entre las Matemáticas, Ciencias y Tecnología es inherente a estas disciplinas. De lo que se trata es de provocar de manera intencionada procesos de investigación científica para el aprendizaje conjunto de nuevos conceptos de Matemáticas, Ciencias y Tecnología dentro de un proceso práctico de diseño y resolución de problemas, tal y como se hace en Ingeniería en el mundo real (Fortus, Krajcik, Dershimer, Marx, & Mamlok-Naaman, 2005).

Por otro lado, la esencia de la Ingeniería es el diseño. Su función en Educación STEM es incorporar actividades de diseño en el currículo y proporcionar un contexto significativo para aplicar y dar sentido a los aprendizajes de Matemáticas, Ciencias y Tecnología (Carr & Strobel, 2011; Thornburg, 2009; Lewis, 2006).

La evolución educativa que supone la Educación STEM en el siglo XXI es que la ingeniería y sus métodos se abren paso en el currículo de la Educación Secundaria de igual modo que la ciencia y el método científico se han incorporado al currículo en el siglo XX (Capraro & Slough, 2009).

Hay cada vez más evidencias de que este tipo de aprendizajes integrados mejora distintos aspectos de la instrucción (Laboy-Rush, 2011; Mastascusa, Snyder, & Hoyt, 2011; Wai, Lubinski, Benbow, & Steiger, 2010; Labov, Singer, George, Schweingruber, & Hilton, 2009):

- Mejora en los resultados conseguidos en Matemáticas y Ciencias.
- Incremento de la motivación para aprender.
- Transferencia de los conocimientos y habilidades a problemas del mundo real.
- Retención a largo plazo, una vez aprendido el conocimiento.
- Aprendizaje futuro mejorado para aprender conocimientos relacionados.

METODOLOGÍA

La propuesta que presentamos aplica la Educación STEM en la asignatura “Tecnología Industrial I” (optativa en 1º de Bachillerato Científico), para potenciar su carácter interdisciplinar y mejorar los aprendizajes científicos en los estudiantes. La normativa vigente establece sus bloques de contenidos (MECD, 2015):

- Mecanismos de transmisión y transformación del movimiento.
- Motores.
- Dimensionamiento de máquinas y sistemas.
- Propiedades de los materiales de fabricación.
- Costes de Producción.
- Programación de Sistemas de Control.

Nuestro planteamiento consiste en desarrollar estos conocimientos mediante un proyecto en el que se diseñe una solución innovadora para un problema real, sin solución en la actualidad. Cada año se trabaja sobre una temática diferente: reciclaje de materiales, catástrofes naturales, seguridad alimentaria, ingeniería biomédica, etc.

El proceso de aprendizaje está centrado en el estudiante. Por tanto, la función del profesor no es impartir clases magistrales, sino servir de guía y orientación en las actividades que ha diseñado previamente.

Estas actividades de aula permiten a los estudiantes investigar sobre la temática propuesta, realizar experimentos de los conceptos científicos relacionados y probar los sistemas técnicos que aplicarán en su solución innovadora. Se realizan durante la 1ª y 2ª evaluación trabajando en grupos (desde 3 personas hasta la clase completa).

Finalmente, los estudiantes también elaboran unos entregables para ser evaluados:

- Un dossier detallado por escrito con el proceso completo de investigación y aprendizaje que se ha seguido, los datos y conclusiones de cada experimento realizado, justificación teórica de todas las decisiones tomadas en el diseño de la solución, etc.
- Presentación del proyecto en clase y realización de un video resumen de 2 minutos.
- Divulgación fuera del aula: participación en certámenes de Ciencia y Tecnología como la feria internacional *Google Science Fair* o la competición *FIRST LEGO League* (Ocaña, 2013); exposiciones en el Instituto, en Colegios de Primaria y a grupos involucrados (profesionales entrevistados, padres y madres, patrocinadores), etc.

Como ejemplo, se pueden consultar en internet el vídeo resumen (youtu.be/Dhi1irsRHc4) y el prototipo en funcionamiento del proyecto sobre reciclaje de materiales (youtu.be/l2s25VwEacg).

Fases del Proyecto

A continuación se resumen las fases que se siguen a lo largo del proyecto, independientemente de la temática trabajada en cada curso. Para ilustrar la aplicación a una temática concreta se muestran ejemplos relacionados con las catástrofes naturales.

Fase de Investigación

Abarca los dos primeros bloques del proyecto:

1. Concreción del tema de trabajo.
2. Búsqueda de problemas sin solucionar en la actualidad.

Se trabaja el conocimiento científico relacionado con el desafío, empezando con conceptos generales y concretando en alguna de las áreas que engloba. El aprendizaje se basa en procesos de investigación, realización de experimentos de laboratorio y aplicación del método científico.

Los conocimientos científicos que los estudiantes tienen que adquirir deben ser lo suficientemente extensos como para conocer donde están los límites de la temática escogida, y comprender las restricciones y problemas que hay en la actualidad.

Algunos ejemplos de actividades de ciencias realizadas en clase son:

- Observación y comprobación de fenómenos relacionados con los terremotos, medición y caracterización de ondas y su efecto en diferentes tipos de estructuras. (Fig. 1).
- Propagación y extinción de incendios: reacción química de la combustión (Fig. 2), triángulo del fuego, y mecanismos de propagación y extinción.
- Mecánica de fluidos: teorema de Bernoulli (Fig. 3) y efecto Venturi (Fig. 4).

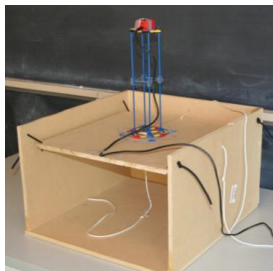


Fig. 1. Experimento de ondas sísmicas y estructuras



Fig. 2. Combustión de material, extinción por falta de oxígeno y medición de pH en residuos

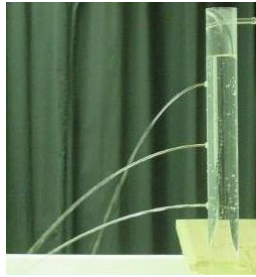


Fig. 3. Velocidad de un fluido según su altura y presión



Fig. 4. Velocidad del fluido según su sección

Fase de Análisis

Identificación de un problema sin solucionar en la actualidad:

3. Selección del problema.
4. Análisis de soluciones existentes.

Se basa en actividades de análisis científico y técnico de sistemas reales, para aplicar conocimiento teórico en situaciones prácticas de la vida real. Por ejemplo, funcionamiento de un sistema de visión en un incendio forestal (Fig. 5), o participación en la extinción de un incendio controlado (Fig. 6).



Fig. 5. Visión por infrarrojos



Fig. 6. Extinción real de un incendio controlado con Protección Civil

Fase de Síntesis

Propuesta y diseño de la solución:

5. Propuesta de solución innovadora. Descripción funcional.
6. Diseño de la solución propuesta: características técnicas de la máquina o instalación (consumo, peso, potencia, tamaño, etc.), elementos que la componen a partir de catálogos comerciales reales, y presupuesto.
7. Diseño y construcción de un prototipo utilizando robots *LEGO Mindstorms*, por su facilidad para simular cualquier sistema técnico (Ocaña, Romero, Gil, & Cordina, 2015).

Se trabaja el conocimiento tecnológico aplicando los conocimientos científicos y técnicos necesarios y aplicando técnicas de ingeniería en el diseño completo de la solución propuesta y la construcción de un prototipo que funcione.

También se proponen experimentos para aprender nuevos conocimientos, como la distancia recorrida por una rueda; diferencia entre potencia, fuerza y velocidad; centro de gravedad; tipos de movimiento, relaciones de transmisión, etc. (Ocaña, Romero, & Gil, en prensa).

Algunos prototipos que los estudiantes han realizado en diferentes temáticas son:

- Brigada Automata Forestal (Fig. 7), equipo de robots autónomos todoterreno especializados en extinción directa de incendios, recarga in situ de agua, y extinción indirecta desforestando y realizando zanjas cortafuegos.
- Robot Médico Replicante (Fig. 8), sistema quirúrgico que imita el movimiento realizado por las manos de un cirujano, pero a distancia y sin conexiones físicas.
- Cadena de Desmontaje Automatizada (Fig. 9), extrae todas las partes reciclables de un coche (neumáticos, lunas, aceites, batería, textiles, metales, etc) y las clasifica.

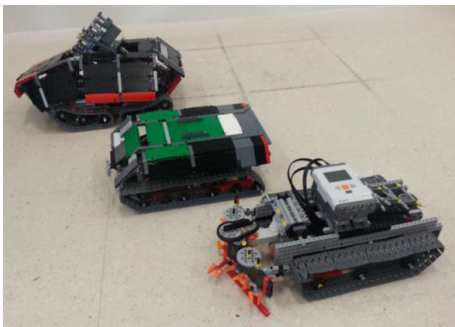


Fig. 7. Brigada Automata Forestal

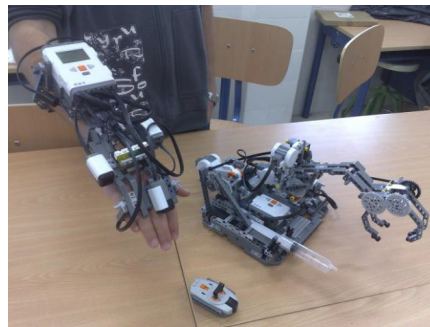


Fig. 8. Robot Médico Replicante



Fig. 9. Cadena de Desmontaje Automatizada

A fin de poder mejorar nuestra práctica y profundizar en su comprensión, nos hemos planteado realizar una investigación-acción sobre la implementación de un curso de Tecnología Industrial I. Para ello hemos utilizado los instrumentos típicos de esta metodología: observaciones del desarrollo de las actividades en el aula (la información se ha ido recogiendo en un diario de clase), grabaciones en video de todas las sesiones de clase, recogida de las producciones de los alumnos, y realización de entrevistas a alumnos especialmente significativos (por su implicación o su evolución). Para profundizar en el conocimiento se recogió información complementaria del centro, como datos de matriculaciones y resultados de selectividad. Tras algunos ciclos de planificación, implementación, observación y reflexión, indicamos brevemente algunos resultados.

RESULTADOS

La propuesta que se ha presentado se está aplicando desde el curso 20012/13 en el IES Turaniana del Roquetas de Mar (Almería). Algunos resultados destacables son:

- Alta satisfacción por el trabajo realizado. Autoconfianza para afrontar nuevos retos.
- Dedicación extra de trabajo en el taller: todos los recreos y 1-3 tardes a la semana.
- Búsqueda autónoma de financiación para participar en certámenes y competiciones.
- Incremento del nº de estudiantes en “Tecnología Industrial I” (Fig. 10).
- Aumento de matriculaciones de estudiantes procedentes de otros centros (Fig. 10).
- Mejora de los resultados en la prueba de acceso a la Universidad (Fig. 11).
- Incremento de vocaciones en carreras de ciencia e ingeniería (Fig. 12).

En lo relativo a la evolución cognitiva, los resultados obtenidos permiten avanzar que se consigue mejorar la capacidad de aplicar sus conocimientos en diferentes contextos y de resolver problemas complejos, que requieren habilidades de pensamiento crítico.

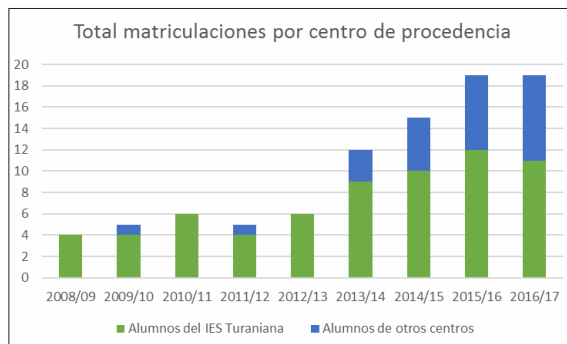


Fig. 10

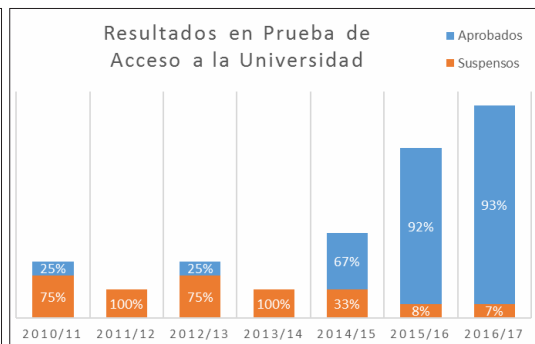


Fig. 11

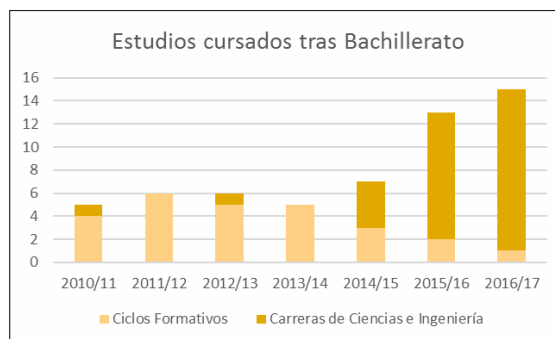


Fig. 12

CONCLUSIONES

Con la experiencia que proporciona la implantación durante varios cursos escolares de la propuesta didáctica descrita, y a la vista de los resultados obtenidos, concluimos que es posible desarrollar la asignatura de Bachillerato “Tecnología Industrial I” con Educación STEM. Entendemos que los pilares fundamentales son:

- La fuerte interdisciplinariedad entre los contenidos del Bachillerato Científico.
- Resolución de problemas con diseño y construcción de un objeto tecnológico.
- Acercamiento al aula del mundo real.
- Mejora en la adquisición de competencias clave y habilidades del s. XXI.

Para finalizar se pueden resaltar algunas limitaciones que hemos encontrado. Por un lado las relativas al choque de un planteamiento tan abierto e interdisciplinar en un sistema educativo muy compartimentado por normativa. Por otro lado, un profesorado reacio a “mezclarse” didácticamente con otras materias diferentes a la suya.

AGRADECIMIENTOS

Al Proyecto P11-SEJ-07385 (@Sensociencia)

BIBLIOGRAFÍA

- CAPRARO, R. M., & SLOUGH, S. W. (Eds.). (2009). *Project-Based Learning. An Integrated Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Approach*. Rot: Sense Publishers.
- CARR, R. L., & STROBEL, J. (2011). Integrating Engineering Design Challenges into Secondary STEM Education. *National Center for Engineering and Technology Education*.
- FORTUS, D., KRAJCIK, J., DERSHIMER, R. C., MARX, R. W., & Mamlok-Naaman, R. (2005). Design Based Science and Real World Problem Solving. *International Journal of Science Education*, 27(7), 855-879.
- HARTZLER, D. S. (2000). *A meta-analysis of studies conducted on integrated curriculum programs and their effects on student achievement* (Thesis).
- LABOV, J. B., SINGER, S. R., GEORGE, M. D., SCHWEINGRUBER, H. A., & HILTON, M. L. (2009). Effective Practices in Undergraduate STEM Education Part 1: Examining the Evidence. *CBE- Life Sciences Education*, 8(3), 157-161.
- LABOV-RUSH, D. (2011). *Integrated STEM Education through Project-Based Learning*. Portland: Learning.com.
- LEWIS, T. (2006). Design and inquiry: Bases for an accommodation between science and technology education in the curriculum? *Journal Research in Science Teaching*, 43(3), 255-281.
- MASTASCUSA, E. J., SNYDER, W. J., & HOYT, B. S. (2011). *Effective Instruction for STEM Disciplines. From Learning Theory to College Teaching*. San Francisco: Jossey-Bass.
- MECD. (2015). *Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato*. Boletín Oficial del Estado. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.
- OCAÑA, G. (2013). *Guía de Integración Curricular FIRST LEGO League*. Barcelona: Fundación Scientia. FIRST LEGO League España.
- OCAÑA, G., ROMERO, I. M., & GIL, F. (en prensa). Experimentos de Física con Actividades Interdisciplinarias de Robótica Educativa. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*.
- OCAÑA, G., ROMERO, I. M., GIL, F., & CODINA, A. (2015). Implantación de la nueva asignatura «Robótica» en Enseñanza Secundaria y Bachillerato. *Investigación en la Escuela*, 87, 65-79.
- SANDERS, M. (2009). STEM, STEM Education, STEMmania. *Technology Teacher*, 68(4), 20-26.
- THORNBURG, D. D. (2009). Hands and Minds: Why Engineering is the Glue Holding STEM Together. Thornburg Center for Space Exploration.
- WAI, J., LUBINSKI, D., BENBOW, C. P., & STEIGER, J. H. (2010). Accomplishment in Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) and its Relation to STEM Educational Dose: A 25-year Longitudinal Study. *Journal of Educational Psychology*, 102(4), 860-871.

