

DIFUSIÓN DE LA CIENCIA, UNA PROPUESTA PARA DESARROLLAR COMPETENCIAS EN ALUMNOS DE INGENIERÍA

R. D. Santiago Acosta¹

A. Hernández Medina²

M. L. Quezada Batalla³

RESUMEN

En este trabajo se muestra el esquema de integración curricular seguido al considerar cursos de las áreas de Física y Matemáticas que se imparten en las carreras de ingeniería del Tecnológico de Monterrey. La metodología utilizada fue el aprendizaje basado en retos donde una situación real es la línea conductora de los cursos y el origen de módulos de aprendizaje y problemas de apoyo. El esquema se implementó en los semestres enero-mayo y agosto-diciembre de 2016 en los bloques integrados de Mate I y Física I, Mate II y Física II y Mate III y Electricidad y Magnetismo. En esta experiencia participaron 130 alumnos. Los retos que los estudiantes resolvieron estuvieron relacionados con la divulgación de la ciencia en escuelas primarias marginadas de la zona norte del Estado de México. Los eventos asociados fueron: “Día del niño, día de la ciencia”, “Festival de la Ciencia” y “Fiesta de la ciencia”. Se muestran además los resultados obtenidos en el desarrollo de competencias transversales y en conocimientos disciplinares en los estudiantes.

ANTECEDENTES

La divulgación de la ciencia es un medio para alfabetizar científicamente a las personas. Además, sirve para motivar a los niños y jóvenes a participar en el desarrollo de la ciencia en el país. En general, existen pocos proyectos y reducido gasto gubernamental en apoyo a la difusión de la ciencia, como consecuencia nuestro país tiene un amplio rezago en ciencia y tecnología con respecto a los países vecinos. Una alternativa para motivar a los niños a conocer y disfrutar de los adelantos científicos es llevar a sus escuelas museos itinerantes formados por los proyectos científicos elaborados por jóvenes estudiantes de las carreras de ingeniería.

Por otra parte, la tendencia actual en la educación universitaria es promover el desarrollo de competencias transversales y disciplinares que permitan, a nuestros actuales estudiantes, coadyuvar en el análisis y la solución de los grandes problemas de nuestra sociedad. En particular, el fomento y competencias y sub-competencias relacionadas con el liderazgo son necesarias, ya que se el futuro profesionista se insertará en equipos de trabajo multidisciplinarios y deberá reconocer las cualidades de las personas y tener una comunicación efectiva. En este contexto, surge la técnica didáctica de aprendizaje basado en retos, que permite la integración de contenidos curriculares de diferentes áreas y al mismo tiempo, fomenta el desarrollo de competencias disciplinares y transversales mediante el análisis y solución de retos complejos, vivenciales, motivadores y contextualizados con problemáticas actuales.

¹ Profesor de Planta del Instituto Tecnológico y de estudios Superiores de Monterrey, Campus Estado de México. ruben.dario@itesm.mx.

² Profesor de Planta del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Estado de México. amedina@itesm.mx.

³ Profesor de Planta del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Estado de México. lquezada@itesm.mx.

Como consecuencia, nace la propuesta de enseñar Matemáticas y Física de forma integral mediante la metodología de aprendizaje basado en retos, donde el reto fundamental es la difusión de la ciencia. Esta propuesta pretende atender dos problemáticas, a saber: desarrollar competencias disciplinares y transversales en estudiantes de ingeniería y coadyuvar en la difusión de adelantos científicos y de ingeniería en alumnos de primarias en zonas marginadas.

METODOLOGÍA

Marco Teórico

El modelo educativo Tec-21 del Tecnológico de Monterrey (ITESM, 2012) pretende preparar a los estudiantes para enfrentar situaciones con alta incertidumbre mediante el desarrollo intencionado de competencias intelectuales de alto nivel. El modelo se caracteriza por la flexibilidad en el proceso de enseñanza-aprendizaje, la incorporación de nuevas tecnologías y el uso de problemáticas reales o simuladas, conocidas como retos.

Estudios diversos muestran que el uso de tecnologías, adaptadas a novedosas técnicas didácticas, permite fortalecer competencias matemáticas y científicas (Alanís, Cantoral, Cordero, Farfán, Garza & Rodríguez, 2008). Algunos otros estudios muestran que los alumnos desarrollan una mejor habilidad de transferencia de la Matemática y la Física cuando los conceptos se desarrollan de forma integrada con problemáticas de otras áreas (Delgado, Santiago & Prado, 2002). Además, técnicas didácticas como la resolución de problemas o el aprendizaje basado en problemas permite el desarrollo de competencias transversales (Polanco, Calderón & Delgado, 2001) y facilita la adquisición de aprendizajes multidimensionales (Delgado, Santiago, Prado, Polanco & Quezada, 2001).

El Aprendizaje Basado en Retos (ABR) es una metodología derivada del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP). En esta metodología, un reto es una experiencia vivencial diseñada para exponer al alumno a una situación atractiva y desafiante del entorno, es una situación que exige una respuesta, tiene significado y desafía la inteligencia del alumno, se resuelve colaborativamente, es multidisciplinaria y no tiene solución única (ITESM, 2015).

En el ABR se promueve la participación de todos los integrantes de los equipos, responde a necesidades reales e intereses institucionales, es formativo e informativo, la estrategia de solución del reto mantiene a los alumnos motivados, exige que ellos amplíen sus razonamientos y es aplicable a todas las disciplinas, permitiendo que varias de ellas se interrelacionen naturalmente. En este ambiente, los estudiantes adquieren mayor responsabilidad de su propio aprendizaje y aplican, en proyectos reales, las habilidades y conocimientos adquiridos en la clase o por su propia cuenta (Quezada y Santiago, 2016).

El reto permite interrelacionar al alumno, al entorno y al profesor. Además, permite fortalecer disciplinares y transversales en los estudiantes. El ABR es, por lo tanto, un punto de partida para los cambios en la enseñanza y el aprendizaje que la sociedad exige. Generalmente, el ABR se estructura mediante la integración de actividades retadoras y algunos módulos de aprendizaje, necesarios para su solución. En la Figura 1 se muestra el esquema seguido en el área de ciencias básicas que integra retos parciales, semestrales y módulos de aprendizaje (ITESM, 2015).



Figura 1. Esquema semestral basado en retos

Diseño metodológico

Este trabajo se realizó en cuatro fases. La primera se desarrolló en el semestre agosto-diciembre de 2015 y consistió en seleccionar el reto tipo semestral para la integración de los cursos de Física II y Matemáticas para Ingeniería II, los retos parciales y los módulos de aprendizaje de apoyo para el curso integrado CI-2. En la segunda fase, se implementó este curso en el semestre enero-mayo de 2016. En ese mismo semestre se realizó la tercera fase, similar a la primera, elaborando los cursos integrados CI-1 con Física I y Matemáticas I y el curso CI-3 formado por Electricidad y Magnetismo y Matemáticas III. La cuarta fase se llevó a cabo en el semestre agosto-diciembre de 2016 cuando se llevaron a escena los dos cursos integrados CI-1 y CI-3.

Características de los cursos

En la Tabla 1 se muestran el esquema de los cursos integrados con el reto principal, los retos parciales y los módulos asociados.

Tabla 1. Cursos integrados de Física y Matemáticas

Curso I. Reto tipo: Festival de la ciencia en zonas marginadas						
Retos Parciales	Taller científico		Aparatos científicos		Obras científicas	
Módulos Matemáticas	M1: Desmos-funciones	M2: Función vectorial	M3: La derivada	M4: Derivadas Mathe-	M5: Aplicación	M6: Integración básica
Módulos Física	F1: Movimiento	F2: Movimiento circular	F3: Newton	F4: Cinemática	F5: Rotacional	F6: Trabajo
Curso II. Reto tipo: Día del niño, día de la ciencia						
Retos parciales	Juegos y Juguetes		Museo Móvil	Teatro científico		
Módulos Matemáticas	M1: Diferencial	M2: Métodos	M3: Integral doble	M4: Series	M5: Campos	M6: Taylor
Módulos Física	F1: Hidro-estática	F2: Trabajo	F3: Oscilador	F4: Transferencia de Calor	F5: Hidrodinámica	F6: Ondas
Curso III. Reto tipo: Festival de la ciencia en zonas marginadas						
Retos parciales	Talleres		Prototipos científicos		Historia de la ciencia	
Módulos Matemáticas	M1: Campos vectores	M2: Función varias var.	M3: Matemática y funciones	M4: Derivada	M5: Integral múltiple	M6: Integral de línea
Módulos Física	F1: Gauss	F2: Campo Eléctrico	F3: Magnetismo	F4: Potencial	F5: Biot-savart	F6: Ampere

Una de las problemáticas en nuestro país es la escasa difusión de la ciencia, que es prácticamente nula en zonas marginadas. Por esa razón, los retos tipos de los cursos integrados están relacionados con la difusión de la ciencia para niños de escasos recursos. En este reto, los alumnos deben diseñar, planear e implementar diferentes eventos de divulgación de la ciencia en escuelas primarias de los municipios Villa del Carbón y Atizapán en el Estado de México. Los retos parciales tienen como objetivo apoyar el reto semestral mediante la creación materiales diversos para los futuros eventos de difusión de la ciencia. En la Tabla 2, se describen algunos de los retos parciales de apoyo. Cuando los alumnos participan en retos sociales de apoyo a la comunidad, se interesan, está motivados, suelen conversar entre ellos para dar las mejores propuestas, se comunican efectivamente, se auto-asignan roles de trabajo y mejoran en sus cualidades de liderazgo.

Tabla 2. Retos parciales de apoyo

Juguetes científicos.	Diseñar y construir juguetes científicos. En su diseño los estudiantes deben aplicar sus conocimientos de las materias de Física y Matemáticas.
Talleres científicos.	Planear y desarrollar talleres de divulgación de la ciencia que involucre temas de las áreas de Matemáticas, Química, Biología Y Física. Como características principales deben considerar los temas vistos en los cursos integrados, ser interactivos y atractivos, y diseñar un guion de explicación simple para ser entendido por cualquier persona.
Museo móvil.	Planear, diseñar y construir un museo de ciencias móvil con varias estaciones interactivas que contengan diversos dispositivos históricos como clepsidra, bobina de tesla, generador eólico de luz, generador Van der Graf, ondas viajeras, celdas solares y levitador magnético, entre muchos otros. Los prototipos deben ser interactivos, atractivos y fácilmente manipulables.
Obra de teatro científico.	Escribir el guion y escenificar r una obra de teatro de algún evento importante dentro de la historia de la Física y/o Matemáticas donde aparezcan los conceptos vistos en los cursos integrados. Utilizar lenguaje sencillo, asequible a niños de entre 10 y 12 años de edad.

Los módulos consideraron materiales ya existentes de diferentes autores que contienen propuestas didácticas cercanas al ABR. Por ejemplo, para Física I se usó el texto de Santiago, Delgado y Villegas (2013) y para Matemáticas I y II de Ingeniería los textos de Prado et al. (2007) y Santiago et. al. (2008) ya que todos ellos comparten la metodología de enseñanza basado en solución de problemas. Se colocaron materiales adicionales en la plataforma Weebly. En la Figura 3, se muestra, como ejemplo, un material de apoyo elaborado para analizar rectas tangentes a curvas en el paquete Desmos.

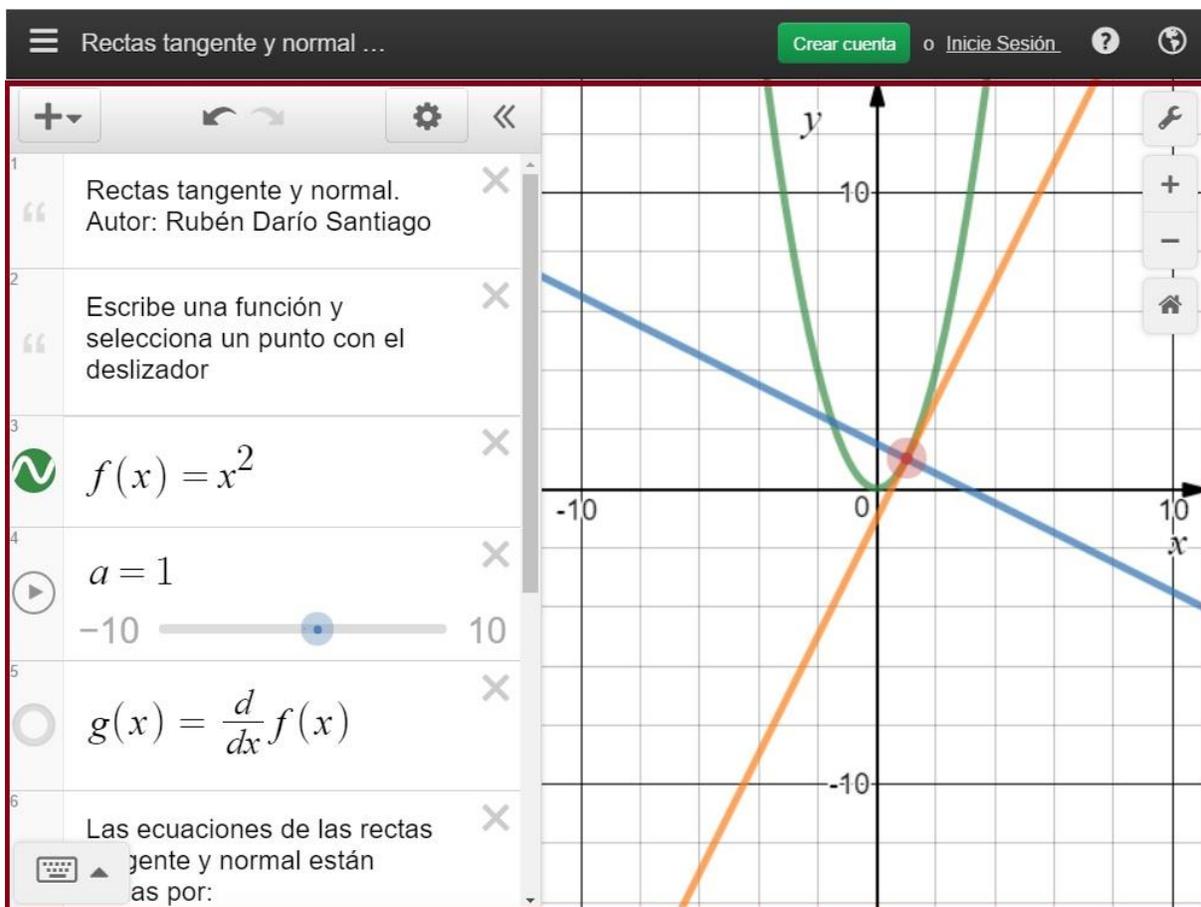


Figura 3. Material de apoyo elaborado en el software Desmos

En cada módulo se usó la metodología de resolución de problemas. Por ejemplo, en la Tabla 3 se describen brevemente algunas de las actividades.

Tabla 3. Actividades de resolución de problemas de los módulos del curso CI-2

El juego de ajedrez.	Construir usando el paquete Mathematica los perfiles y piezas tridimensionales de un juego de ajedrez. Calcular, además, para cada pieza: volumen, centro de masa, momentos de inercia, cantidad de materia prima para su fabricación y costo de producción considerando un material elegido de antemano.
La influenza ¿epidemia?	Analizar los datos de enfermos de influenza publicados en diferentes medios de comunicación en la ciudad de México de las temporadas invernales 2014-2015 y 2015-2016. Modelar el curso que siguió esta epidemia en ambas temporadas, hacer predicciones acerca de la progresión de la enfermedad en la temporada actual y comparar los resultados obtenidos con la información publicada en la prensa nacional.
La medición en física	Construir diversos dispositivos útiles para analizar diferentes fenómenos físicos que ocurren en la naturaleza. Por ejemplo: medidor de Venturi, torre de agua, generador de ondas en cuerdas, ondas en placas entre otros.

Investigación

Los cursos se impartieron a 130 alumnos del primer tercio de las carreras de ingeniería: 42 alumnos del primer, 40 del segundo y 48 del tercer semestre. Para evaluar el desarrollo de competencias se analizaron los reportes escritos de los retos propuestos (semestral y parciales), mediante rúbricas típicas que consideran aspectos como redacción, uso de tecnología, uso de conceptos de Física y/o Matemáticas, entre otros. Los prototipos y juguetes fueron evaluados mediante listas de cotejo que incluyen aspectos como funcionalidad, creatividad, resistencia e interactividad. Las competencias transversales, como el liderazgo, se observaron mediante rúbricas específicas por varios observadores tanto en la presentación de prototipos como en la discusión de los reportes parciales. Al final, se encuestó a los alumnos sobre su percepción de los cursos y sobre los retos y actividades desarrolladas.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Con apoyo de la oficina de Desarrollo Social de la Dirección Académica del ITESM-CEM se seleccionaron las escuelas primarias “Profesor Silviano Enríquez” y “Dr. Mariano Gerardo López” ubicadas en Villa del Carbón y Atizapán Centro del Estado de México. Ahí se presentaron los trabajos de difusión de la ciencia a alumnos, profesores y miembros de las comunidades cercanas, ver Figura 4. Ellos evaluaron diferentes aspectos de juguetes, dispositivos, talleres y aparatos científicos y la presentación misma de los estudiantes del Tecnológico de Monterrey. Los resultados se indican en la Figura 5. Se observa que las preguntas asociadas a la creatividad de los estudiantes (CR), la motivación (MO) y la comunicación de ideas (CO) fueron claras, pero no lo suficientemente adecuadas para los niños (LE). La escala de evaluación fue de 1 a 4 donde 4 es totalmente de acuerdo y 1 en desacuerdo.



Figura 4. Imagen del evento de difusión de la ciencia en escuelas primarias

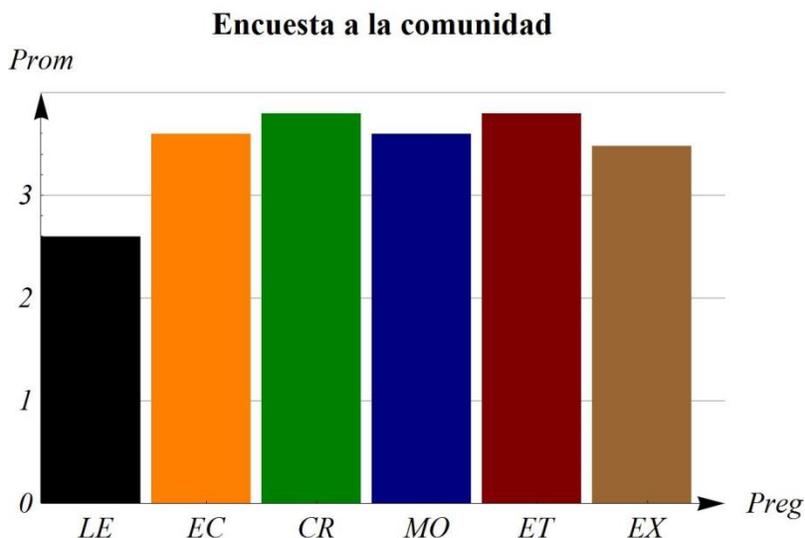


Figura 5. Encuesta a las comunidades de las escuelas primarias

Los reportes de cada reto parcial y del reto semestral fueron evaluados por los profesores de los grupos, algunos de los elementos considerados fueron Redacción (R), uso de conceptos Matemáticos y Físicos (MF), uso de herramientas tecnológicas (HT), estructura (ES), entre otros, con escala de 0 a 100. Los resultados promedio de todos los reportes se muestran en la figura 6.

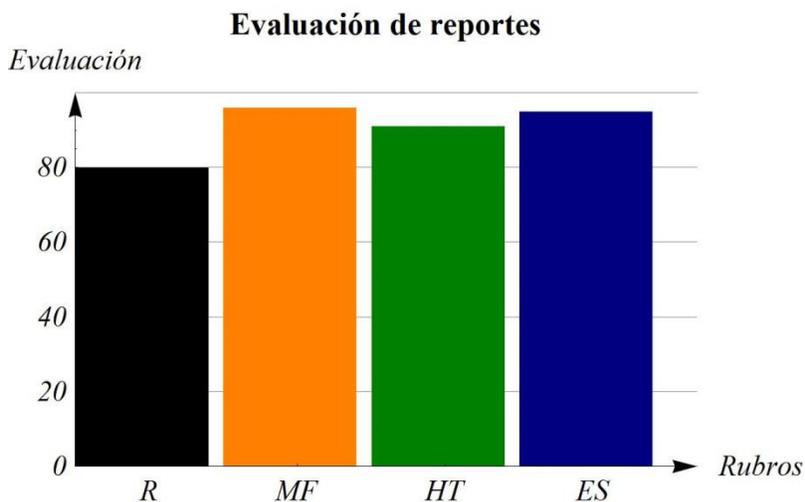


Figura 6. Resultados de reportes escritos de retos

Los prototipos fueron evaluados considerando características asociadas al funcionamiento como: facilidad de uso (F), interactividad (I), la resistencia (R), estética (E) y creatividad (C), entre otros aspectos. Los resultados promedio se muestran en la Figura 7, notemos que los prototipos cumplen, en general, con su propósito, son fácilmente manipulables, funcionales y estéticos. En general, los alumnos mejoran su creatividad, pero deben trabajar para construir prototipos más resistentes.

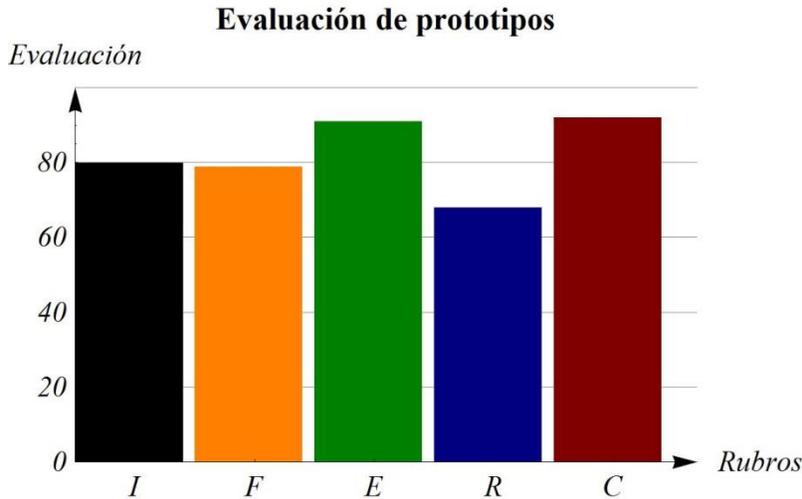


Figura 7. Evaluación de prototipos.

Por otra parte, los alumnos contestaron una encuesta sobre el desarrollo de sus competencias y sub-competencias transversales. Este resultado se contrastó contra el análisis promedio de los reportes de las actividades de resolución de problemas hechas por los profesores. Por ejemplo, para la competencia de solución de problemas se consideraron las sub-competencias: análisis de la situación (AS), estrategia elaborada (AE), planeación y desarrollo de la estrategia (PD), uso de herramientas tecnológicas (HT), uso de roles y trabajo colaborativo (TC), análisis de la solución propuesta (SP), comunicación escrita mediante reportes (CE), conclusiones (C), uso de referencias (UR), comunicación oral por presentación (CO). Los resultados se muestran en la Figura 8. Los alumnos perciben que los mejoraron poco en su habilidad de comunicación escrita y en la creación de estrategias, los profesores consideran que los alumnos hacen un buen análisis de sus soluciones y utilizan muy bien las herramientas tecnológicas.

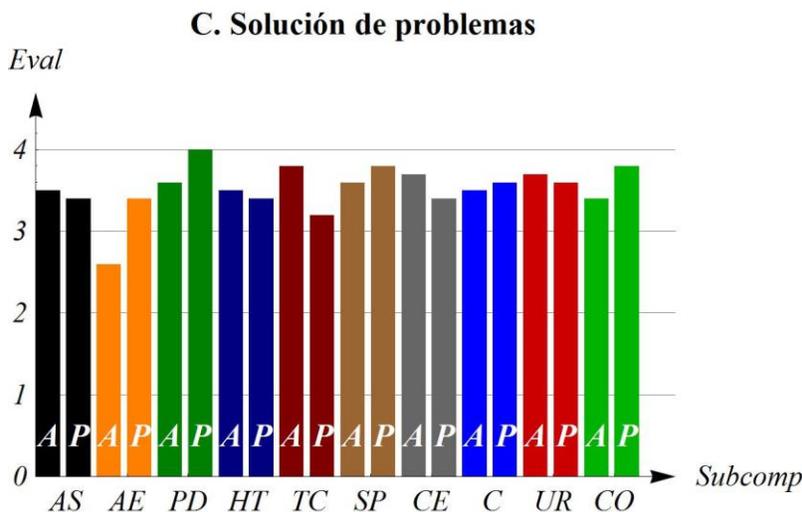


Figura 8. Encuesta sobre desarrollo de la competencia de solución de problemas

Los resultados de la encuesta a alumnos y profesores observadores indican que existe motivación, comunicación efectiva de ideas, transferencia de información relevante, asignación de roles, responsabilidad compartida, escucha y proactividad de los estudiantes.

Los resultados de este trabajo indican que la presentación de actividades y retos de resolución de problemas integrando los cursos de física y matemáticas permite que los alumnos desarrollen mayor motivación para aprender estas áreas. Se encontró, por ejemplo, que la motivación para resolver problemas de nuestra sociedad aumenta al presentar retos de nuestra vida cotidiana, que no siempre aparecen en los cursos convencionales. Además, al analizar el desarrollo de las competencias mediante el estudio de sub-competencias permite ver que los alumnos desarrollan muy bien la competencia de solución de problemas, donde destacan los resultados obtenidos en las sub-competencias de análisis de la solución y de herramientas tecnológicas. Estos resultados concuerdan en gran medida por los reportados por Polanco, Calderón & Delgado (2001), donde se analiza el impacto de un curso integrado de Física y Matemáticas.

Como ganancia adicional, se observa un aumento en la conciencia social y ciudadana de los alumnos participantes. El hecho de enviarlos a zonas marginadas para apoyar el crecimiento intelectual de niños en escuelas primarias, les permite coadyuvar en la solución de problemas sociales de forma efectiva y clara. La percepción de estas comunidades escolares es que los eventos desarrollados les ayudan a comprender mejor los aspectos positivos de la ciencia. En concordancia, los alumnos participantes en esta iniciativa consideran que fue motivante y gratificante el usar sus conocimientos de Física y Matemáticas para construir juguetes, dispositivos y aparatos para promover la ciencia con los niños de escasos recursos. Además, consideran que retos como la difusión de la ciencia les permite desarrollar habilidades de colaboración y liderazgo de manera natural.

CONCLUSIONES

Los cursos tradicionales de Matemáticas y Física no integrados impiden que los alumnos desarrollen eficientemente sus habilidades en la solución de problemas complejos. En este trabajo se percibe que una mayor integración en la enseñanza de estas áreas permite una mejor comprensión de sus contenidos y un mejor desarrollo de competencias transversales.

Por otra parte, la escasa difusión de la ciencia en el país llevó a construir un reto guía semestral para integrar los cursos de Física y Matemáticas del primer tercio de las carreras de ingeniería. Los retos “Divulgación de las ciencias en comunidades marginadas” logran que las materias de Matemáticas y Física sean atractivas para los alumnos de profesional y posiblemente, los conocimientos adquiridos sean mejor comprendidos. Con eventos como: “Día del niño, día de la ciencia”, “Festival de la Ciencia” y “Fiesta de la ciencia”, el estudiante participante aumenta su compromiso social para contribuir activamente en la solución de problemas nacionales.

Además, la integración curricular de áreas permite que los alumnos cambien su percepción de las ciencias exactas, aumenta su aprecio por ellas y se le valora más en términos de sus aplicaciones y usos. El uso de las metodologías de aprendizaje colaborativo, problemas y retos permite que los alumnos obtengan mayor confianza y motivación al intentar resolver situaciones complejas y les incrementa aspectos relacionados con la competencia de

liderazgo, considerando desde luego, que el liderazgo se forma por habilidades de comunicación efectiva, asignación y cumplimiento de responsabilidades, entre otras.

Finalmente, la relación e integración de diversas ciencias han influido en la solución de los problemas y el desarrollo científico de la humanidad. Este principio es la fuente para este trabajo y un valor que se ha transmitido a los alumnos participantes.

BIBLIOGRAFÍA

- Alanís, J., Cantoral, R., Cordero, F., Farfán, R., Garza, A., Rodríguez, R. (2003). *Desarrollo del pensamiento matemático*. México: Editorial Trillas.
- Delgado, F., Santiago, R., Prado, C., Polanco, R., & Quezada, L. (2001). Programa Principia: experiencias de un curso con currículum integrado en ambientes colaborativos y con uso de tecnologías en el aprendizaje. In *ANALES de la Universidad Metropolitana* (Vol. 1, No. 1, pp. 39-55). Universidad Metropolitana.
- Delgado, F., Santiago, R., & Prado, C. (2002). *Principia program: experiences of a course with integrated curriculum, teamwork environment and technology used as tool for learning*. In the Proceedings of 2nd International Congress of Teaching Mathematics; Crete, Greece.
- ITESM. (2012). *Modelo educativo Tec21*. Recuperado el 25 de septiembre de 2014 en <http://tecdigital.net/cie/Modelo-Tec21/index.htm>
- ITESM. (2015). *Modelo educativo Tec21*. Recuperado el 25 de noviembre de 2016 en <http://observatorio.itesm.mx/edutrendsabr/>
- Polanco, R., Calderón, P., & Delgado, F. (2001). Effects of a problem-based learning program on engineering students' academic achievements in a Mexican university 1. *Innovations in Education and Teaching International*, 41(2), 145-155.
- Prado, C., Santiago, R., Quezada, L., Gómez, J., Zuñiga, L. (2007). *Cálculo diferencial para ingeniería*. México: Pearson Ed.
- Santiago, R., Delgado, D. & Villegas, M. (2013). *Física I*. México: Editorial Digital ITESM.
- Santiago, R., Prado, C., Gómez, J., Quezada, L., Zuñiga, L., Pulido, J., Barajas, L. & Olmos, O. (2008). *Cálculo integral para ingeniería*. México: Pearson Ed.
- Santiago, R. & Quezada, L. (2016). Modelos de inventarios, una experiencia con alumnos de ingeniería industrial. *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa*, 29.