

# Retos de ingeniería: enfoque educativo STEM+A en la revolución industrial 4.0

Patricia Mariela Domínguez Osuna  
María Amparo Oliveros Ruiz  
Marcos Alberto Coronado Ortega  
Benjamín Valdez Salas  
Universidad Autónoma de Baja California

## **Resumen**

El uso del material didáctico, enfocado en el concepto STEM+A, es presentado de forma descriptiva, basada en la experiencia de niños y jóvenes que participaron en el taller Retos de Ingeniería, actividad vivencial que se llevó a cabo en diversas ferias de ciencias durante el 2017. El material permite a los alumnos de cualquier nivel educativo incursionar en los conceptos básicos de ingeniería y la ciencia, utilizándolos para encontrar diferentes formas de solucionar un mismo problema con una cantidad limitada de elementos. De esta manera, se fomenta el pensamiento crítico, trabajo en equipo y creatividad; habilidades necesarias para cumplir con los desafíos que representa la revolución industrial 4.0. La experiencia de los alumnos participantes fue altamente positiva, ya que encontraron interesante el uso de los elementos y las condiciones para cumplir con cada uno de los retos valiéndose del trabajo colaborativo y participativo, aprovechando su creatividad e inclusive habilidades artísticas para generar soluciones innovadoras.

## **Palabras clave**

Educación STEM+A, enseñanza de ingeniería, feria de ciencias, material didáctico, Revolución Industrial 4.0.

## Engineering challenges: a STEM+A educational approach in the 4.0 industrial revolution

### **Abstract**

The use of didactic material, focused on the STEM+A concept, is described, based on the experience of children and youth who participated in the workshop, "Engineering Challenges," an activity that took place at various science fairs in 2017. The material permits students at any educational level to apprehend the basic concepts of engineering and science using them to find different ways to solve a single problem with a limited amount of elements. This method promotes critical thinking, teamwork and creativity; necessary skills to meet the challenges represented by the 4.0 industrial revolution. The experience of the participating students was extremely positive because it was interesting for them to use elements and conditions to successfully meet each of the challenges through collaborative and participative work, taking advantage of their creativity and even their artistic skills in order to create innovative solutions.

### **Keywords**

4.0 industrial revolution, didactic materials, engineering education, science fairs, STEM+A education.

Recibido: 28/08/2018

Aceptado: 25/02/2019

## Introducción

**H**oy en día, el mundo se halla en constante cambio debido a los desafíos económicos, políticos, ambientales y sociales que se presentan. La ciencia y tecnología transitan la revolución industrial 4.0, en el que el desarrollo de ambas disciplinas busca satisfacer estos retos, y es ahí donde muchos países han encontrado una manera de mejorar las condiciones de vida de sus habitantes. La falta de formación profesional es una restricción clave para la innovación, ya que obstaculiza el crecimiento de la productividad y el desarrollo económico, en particular, de aquellos profesionistas y docentes capacitados en las disciplinas relacionadas con la ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM, del inglés Science-Technology-Engineering-Mathematics; Kennedy y Odell, 2014), a las que se han sumado, en años recientes, las artes (+A, esto es, Arts en inglés), a través del enfoque STEM+A (Henriksen, 2014).

La educación es vital para el desarrollo de una persona en la sociedad, y, en consecuencia, es importante para que el país progrese estructural, social y económicamente (Barrera, López y Bedoya, 2014). México, en 2012, ocupó entre los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) el tercer lugar en producción de petróleo; el séptimo en el tamaño del producto interno bruto (PIB); y el número 34 en los resultados de la prueba PISA en comprensión de lectura y matemáticas (Mejía, 2013). En este sentido, el rendimiento de los estudiantes no ha variado en los últimos años; se continúa con un desempeño por debajo del promedio OCDE en ciencias, lectura y matemáticas (OCDE, 2016), lo que demuestra que es imprescindible identificar posibilidades y plantear alternativas metodológicas que, desde la concepción misma del aprendizaje, reconfiguren sus ecologías y escenarios (Ladino, Bejarano, Santana, Martínez y Cabrera, 2018).

Con el advenimiento de las nuevas tecnologías, la sensación de mutación y cambio tecnológico se ha hecho más palpable y con ello la importancia de la ingeniería en las decisiones de la sociedad. Las nuevas tecnologías están en la base de una economía global o “economía informacional”, caracterizada porque la productividad y la competitividad se basan de forma creciente en la generación de nuevos conocimientos y en el acceso a la información adecuada, bajo nuevas formas organizativas que atienden una demanda mundial cambiante y unos valores culturales versátiles (Osorio, 2004).

Para satisfacer estas necesidades, STEM+A enfatiza un enfoque educativo interdisciplinario donde los conceptos académicamente rigurosos se acoplan a lo real. Es decir, se ponen en práctica la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas en contextos relacionados con la escuela, la sociedad, el deporte o el tra-

bajo, entre otros (Lupiáñez y Ruiz-Hidalgo, 2016). La educación STEM+A atiende lo siguiente: a) busca responder a los desafíos económicos globales que muchas naciones enfrentan, (b) reconoce la demanda de alfabetización STEM+A para resolver problemas tecnológicos y ambientales globales, y (c) se enfoca en el conocimiento necesario para desarrollar habilidades de la fuerza de trabajo requeridas en el siglo XXI (Bybee, 2013).

La enseñanza basada en las artes conduce a un aprendizaje disciplinario más motivado, comprometido y efectivo en las áreas STEM+A (Henriksen, 2014). Por lo que STEM+A es una educación donde la ciencia, la tecnología, la ingeniería y la matemática incluyen otras áreas, además de los estándares propios; además, es una educación integradora que integra deliberadamente las materias reales y los asuntos de enseñanza (Park, 2012). Asimismo, permite una aproximación al proceso de enseñanza-aprendizaje, desde un planteamiento activo impulsado por un juego experimental, que promueve la ruptura de barreras entre disciplinas e implica múltiples posibilidades en la encrucijada del arte, la ciencia y la tecnología (Cilleruelo y Zubiaga, 2014).

Ahora bien, la ingeniería trata de un campo de conocimiento profesional, entendido como una práctica orientada a hacer uso de la tecnología en beneficio de la humanidad (Osorio, 2004). Por lo que la necesidad de formar profesionales de la ingeniería opera en contextos de nuevas tecnologías, complejas y abundantes; de impacto creciente de la informática en todos los campos; de nuevas formas de organización de la administración gerencial; de avance de la interdisciplinariedad, como método de enfoque de la resolución de problemas, en muchos casos, en forma de anticipación a la solución de problemas que aún no tiene cabida en el mercado; y de valoración de la creatividad y la innovación por sobre los modos rutinarios de acción profesional (Gorgone et al., 2010). Si formamos ingenieros con mayor sensibilidad y mejor preparados acerca de su papel en la sociedad, conscientes de que su actividad no se circunscribe a la esfera técnica, sino que transita de la técnica a lo social, frente a lo cual debe aprender a tomar decisiones que afectan a los colectivos humanos, así como al medio ambiente, con seguridad podremos contribuir a que la tecnología sea realmente un bien público. La educación puede coadyuvar a formar ingenieros en la búsqueda y desarrollo de sistemas tecnológicos más participativos, que incorporen los intereses y requerimientos de las personas, incluyendo a las más desfavorecidas, así como a la naturaleza en un sentido responsable (Osorio, 2004).

El aprendizaje, basado en problemas reales de la sociedad, y el aprendizaje, que se deriva de la participación de proyectos para la solución de esos problemas, constituyen una forma efectiva para aprender a conocer, aprender a hacer, aprender a vivir juntos y aprender a ser (Rascón et al., 2006) y deben formar parte

del cotidiano de las clases de ciencias e ingeniería. En contraste con la enseñanza tradicional, que se conduce en gran medida a partir de exposiciones y posteriormente busca su aplicación en la resolución de un problema; el aprendizaje ocurre frecuentemente en pequeños grupos de estudiantes que trabajan en colaboración en el estudio de un problema, abocándose a generar soluciones viables y asumiendo una mayor responsabilidad sobre su aprendizaje (Guevara, 2011).

Por estas razones, Retos de Ingeniería surge como propuesta de material de apoyo didáctico con un enfoque STEM+A, para alumnos de todos los niveles educativos, que les permita experimentar la creación de estructuras innovadoras mediante el uso de elementos específicos, al tiempo de que cumplen con ciertas restricciones determinadas por el instructor.

El material desarrollado por los alumnos del posgrado de Ciencias e Ingeniería del Instituto de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC) se ha presentado como taller en diferentes foros, como la Feria STEM+A: Explora Ciencia Tecnología + Arte 2017 y la Semana Nacional de la Ciencia y Tecnología, ambas en la ciudad de Mexicali, Baja California, México; así como en la Feria STEM+A, llevada a cabo en el poblado Los Algodones, Baja California, México, dirigido a alumnos de educación básica y media superior principalmente de la zona urbana y del Valle de Mexicali.

Los talleres le asignan un rol activo al participante, involucrándolo en los niveles físico, emocional y cognitivo, para recrear en su contexto diferentes elementos científico-tecnológicos (García y Sandoval, 2014).

Retos de Ingeniería tiene el objetivo de fomentar el interés y la curiosidad por las disciplinas STEM+A, utilizando elementos sencillos y coloridos, con instrucciones que estimulan la competencia sana en un ambiente divertido.

Este artículo describe los elementos utilizados para el desarrollo de la actividad, al igual que la metodología utilizada en cada uno de los retos. Además, se presentan los resultados obtenidos dentro de los foros antes mencionados, donde se explica la experiencia de los niños y jóvenes que realizaron la actividad. A manera de conclusión, se sugieren acciones que ayudan a modificar y adaptar el material según el grupo o nivel educativo al que se presente.

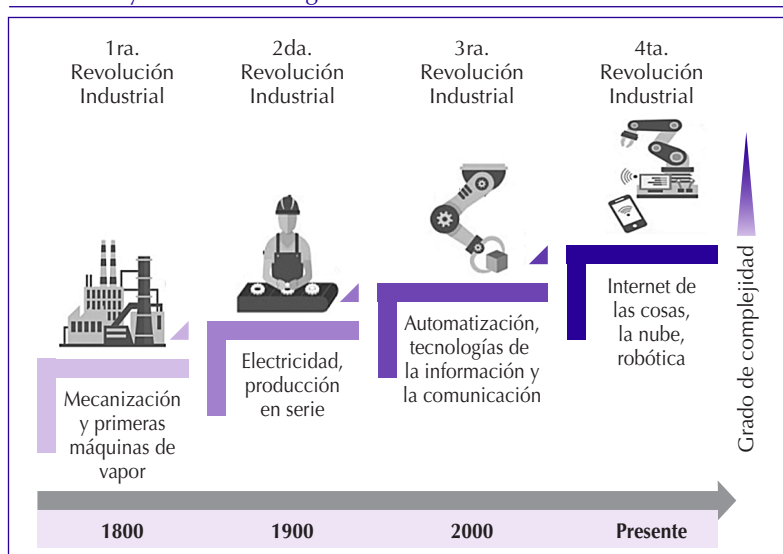
## Marco teórico

Las revoluciones industriales –representadas cronológicamente en la Figura 1– han marcado en gran medida la evolución y transformación de la humanidad, llevando al hombre a adaptarse a diversos cambios (Salas, 2016). En la primera Revolución Indus-

trial, entre los siglos XVIII y XIX, se mecanizaron los procesos de producción, transformando la economía agraria y artesanal en otra liderada por la industria (Del Val, 2016). La segunda Revolución Industrial (1870) implantó las líneas de producción en la planta, con reducción en los tiempos de los procesos y se organizó la producción masiva de lotes de productos con características idénticas. También se introduce la generación de la electricidad y se producen los motores eléctricos como unidades de potencia en los sistemas de manufactura (Carvajal, 2017). La tercera Revolución Industrial se basó en las tecnologías de la información y comunicación, así como en las innovaciones que permiten el desarrollo de energías renovables. Nunca antes se había logrado el nivel de interactividad o intercomunicación que beneficiara en diferentes estratos a nuestra sociedad, educación e industria (Swain, 2017). La cuarta Revolución Industrial está creando un enfoque centrado en ecosistemas digitales, es decir, está generando modelos de negocios innovadores basados en la interconexión de millones de consumidores, máquinas, productos y servicios (Escudero, 2018), por ende, está caracterizada por el Internet de las cosas, robótica, nanotecnología e inteligencia artificial.

Los retos de la cuarta Revolución Industrial afectan a todos los aspectos de la vida, pero, en especial, en lo relativo al empleo y a la construcción social que se hace sobre él (Pernías, 2017). La Industria 4.0 también se identifica como un término integrador de las tecnologías en la cadena de valor a los Sistemas Ciber Físicos

**Figura 1.** Revoluciones Industriales. Adaptado de Conferencia de Directores y Decanos de Ingeniería Informática.



<http://coddii.org/wp-content/uploads/2016/10/Informe-CODDII-Industria-4.0.pdf>

(CPS, Cyber Physical Systems), el Internet de las Cosas (IoT, Internet of Things) y el Internet de los servicios (Carvajal, 2017).

Según el informe *The Future of Jobs: Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution* del Foro Económico Mundial (Pernías, 2017), las habilidades, que los nuevos empleos van a exigir, están en constante cambio. Además de las habilidades específicas de cada sector o categoría profesional, existe un cuerpo de habilidades genéricas o transversales que no dependen exclusivamente de un sector o cuerpo de conocimiento, sino que deben ser desarrolladas en todos ellos. La Figura 2 muestra de manera comparativa las habilidades solicitadas en 2015 con respecto a las que se solicitarán en 2020. Destacan la aparición de la inteligencia emocional y la flexibilidad cognitiva, así como dar prioridad a la resolución de problemas complejos, pensamiento crítico y creatividad, las cuales deben vincularse con las profesiones de las áreas STEM+A.

El concepto STEM+A reúne los componentes críticos de cómo y qué, y los ata con el porqué. Se concibe STEM+A como una enseñanza a través de centros de redes integrados, donde la información es comisariada, compartida, explorada y moldeada en nuevas formas de ver y ser, a través de la toma de riesgos colaborativos y la creatividad. De lo anterior se deduce que los estudiantes están utilizando las habilidades y los procesos aprendidos en

**Figura 2.** Comparación de habilidades deseables de candidatos a los empleos

Top 10 habilidades 2015	Top 10 habilidades 2020
1. Resolución de problemas complejos	1. Resolución de problemas complejos
2. Coordinación con otros	2. Pensamiento crítico
3. Manejo de personal	3. Creatividad
4. Pensamiento crítico	4. Manejo de personal
5. Negociación	5. Coordinación con otros
6. Control de calidad	6. Inteligencia emocional
7. Orientación al servicio	7. Juicio y toma de decisiones
8. Juicio y toma de decisiones	8. Orientación al servicio
9. Escucha activa	9. Negociación
10. Creatividad	10. Flexibilidad cognitiva

Adaptado del Foro Económico Mundial: <https://www.weforum.org/>

la ciencia, la tecnología, la ingeniería, las matemáticas y las artes para pensar profundamente, hacer preguntas *no-googleables* y resolver problemas (Riley, 2013).

Se sugiere que los estudiantes educados en el enfoque STEM+A, deben contar con los siguientes atributos:

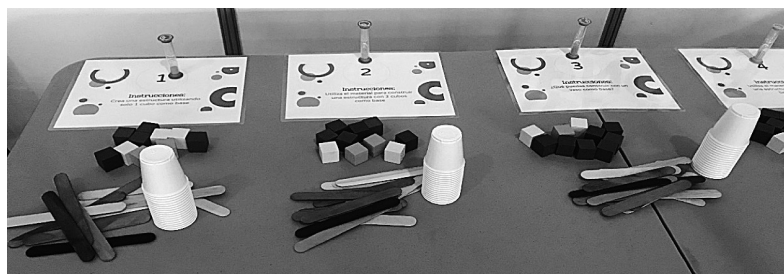
- a. **Solucionadores de problemas:** capaces de enmarcarlos como rompecabezas y luego poder aplicar la comprensión y el aprendizaje a estas situaciones novedosas (argumento y evidencia);
- b. **Innovadores:** “poder para buscar una investigación independiente y original” utilizando los procesos de diseño;
- c. **Inventores:** reconocen las necesidades del mundo y creativamente idean e implementan soluciones;
- d. **Autosuficiente:** capaz de establecer sus propias agendas, desarrollar y ganar confianza en sí mismo y trabajar dentro de plazos de tiempo específicos;
- e. **Pensadores lógicos:** capaz de hacer los tipos de conexiones para afectar la comprensión de los fenómenos naturales;
- f. **Alfabetización tecnológica:** comprensión de la naturaleza de la tecnología, dominar las habilidades necesarias y aplicarla de manera adecuada (Morrison, 2006). No obstante, existen problemas complejos que no pueden ser resueltos solo por la ciencia y la tecnología, pero se resuelven combinando las humanidades, la sociología y la ciencia (Kim, Ko, Hang y Hong, 2014).

## Materiales y métodos

El material didáctico Retos de Ingeniería, aquí propuesto, se concibió para ser llevado a cabo de manera flexible dentro y fuera del aula, como taller o actividad de retroalimentación de los conceptos de ingeniería, como equilibrio, estabilidad, resistencia y propiedades de materiales; así como para fomentar habilidades de cooperación, comunicación, responsabilidad, compromiso y confianza. Todos ellos impulsados y motivados por la creatividad y la innovación para la resolución de problemas. Es aplicable tanto en educación básica, media superior y superior, ajustando la cantidad de material y los tiempos para su ejecución.

La actividad se puede realizar de manera individual o en equipos de máximo tres personas y consta de cinco retos. Cada uno de los retos cuenta con una restricción diferente para la construcción de estructuras y un tiempo determinado, que va desde los 30 segundos hasta los 5 minutos.

En la Figura 3, se muestra que los elementos utilizados para esta actividad son palitos o cubos de madera, vasos de plástico,

**Figura 3.** Elementos requeridos para la actividad: Retos de Ingeniería.

relojes de arena con diferentes tiempos, descripción de retos y mesa de trabajo.

La Tabla 1 muestra las características de cada uno de los elementos. También sugiere la cantidad de material necesario para desarrollar la actividad a manera de taller, y aunque esta puede variar, es indispensable que se cuente con los tres elementos principales (cubos de madera, palitos de madera y vasos de plástico), ya que sus diferencias en peso y longitud permiten la creación de las estructuras. Cabe resaltar que los elementos son de fácil acceso y bajo costo. La estructura armada debe sostenerse al menos 5 segundos después de concluido el tiempo acordado y deben utilizar todo el material dispuesto para el reto. Los estudiantes tienen la libertad de organizar la manera de trabajar en equipo, así como el tipo de estructura creada.

### Implementación de la actividad: Retos de Ingeniería

El objetivo del estudio fue explorar y conocer las experiencias de los alumnos con el uso del material didáctico Retos de Ingeniería como estrategia de acercamiento a los conceptos básicos de ingeniería, de una manera atractiva y divertida.

**Tabla 1.** Descripción de elementos del material de apoyo didáctico: Retos de Ingeniería

Elemento	Cantidad requerida	Características
Palitos de madera	120	1.90 × 15.24 cm de diferentes colores (12 por reto)
Cubos de madera	100	2.54 cm distintos colores (10 por reto)
Vasos de plástico	150	88.7 ml (15 por reto)
Relojes de arena	10	8.38 × 2.48 cm cada uno (aproximadamente) con diferentes tiempos (1 por reto)
Hoja con instrucciones	5	Hoja tipo opalina tamaño carta (1 por reto)
Mesa de trabajo	2	Mesa plegable de 182.62 × 76.2 cm (1 por equipo)



*Proyecto.* Se realizó un estudio de naturaleza cualitativa y de corte exploratorio. Para Taylor y Bogdan (1986; en García et al., 2016), la metodología cualitativa se refiere, en su más amplio sentido, a la investigación que produce datos descriptivos, basados en las propias palabras de las personas, ya sea de forma hablada o escrita, y en la conducta observable. Por otro lado, Denzin y Lincoln (2005; en Barberá y Fuentes, 2012), mencionan que el fundamento de una investigación de tipo cualitativo es el estudio en el propio contexto natural y, a partir de ahí, inferir e interpretar las situaciones en función de los significados que proporcionan los propios sujetos.

*Sujetos.* Los sujetos del estudio fueron los alumnos de educación básica, media superior y superior de instituciones públicas y privadas de la ciudad de Mexicali, Baja California y su Valle.

*Contexto.* Los alumnos participaron en diversas ferias de ciencias realizadas en la ciudad de Mexicali y el poblado de Los Algodones, Baja California, en donde tuvieron la oportunidad de experimentar, a través de proyectos realizados por estudiantes universitarios, así como de exposiciones por parte de las empresas asociadas, un acercamiento a las aplicaciones que las disciplinas científicas e ingeniería generan en la localidad.

*Antecedentes.* El documento Visión STEM para México explica que la educación en áreas STEM propone el trabajo colaborativo y en equipo incluyente, brindando un entorno muy propicio para el desarrollo de las habilidades socioemocionales. Además, trabaja los campos de la ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas de forma interdisciplinaria y transdisciplinaria, así como las habilidades asociadas a las disciplinas, en particular la indagación. Aplica el proceso de diseño de ingeniería (investigar, imaginar, planear, crear un prototipo, practicar y evaluar, mejorar e iterar y finalmente preguntar) y desarrolla habilidades de lenguaje y comunicación, impulsando a plantear soluciones con una comunicación rápida, ágil y eficaz (Alianza para la Promoción de STEM, 2019).

Hynes et al., (2012) señalan que el proceso de diseño de ingeniería no se basa en un pensamiento rígido, sino que provoca un pensamiento creativo y fuera de la caja. El propósito del aprendizaje de diseño de ingeniería es animar a los estudiantes a interactuar con la ingeniería en actividades prácticas, en la cual se identifica y define claramente la necesidad o problema, investigación, planificación y lluvia de ideas, pruebas, evaluación y la comunicación.

*Descripción de la actividad didáctica.* El instructor dispone el material en las mesas de trabajo, explica las reglas e instrucciones a seguir, organiza los equipos y debe llevar el control del tiempo, verificando que, al término del mismo, los estudiantes dejen de utilizar el material y revisar que las estructuras cumplan con los criterios establecidos en un principio.

La Tabla 2 lista cada uno de los retos propuestos para el uso del material didáctico y su relación con el proceso de diseño de

**Tabla 2.** Relación de retos con el proceso de diseño de ingeniería

Retos	Tiempo sugerido	Proceso de diseño de ingeniería
Reto 1: Crea una estructura utilizando solo un cubo como base	30 segundos a 1 minuto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Imaginar</li> <li>• Identificar problema</li> <li>• Crear un prototipo</li> </ul>
Reto 2: Utiliza el material para construir una estructura con 3 cubos como base	1 minuto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Imaginar</li> <li>• Crear un prototipo</li> <li>• Practicar</li> </ul>
Reto 3: ¿Qué puedes construir con un vaso como base?	2 minutos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Imaginar</li> <li>• Crear un prototipo</li> <li>• Practicar</li> <li>• Evaluar</li> </ul>
Reto 4: Utiliza el material para crear una estructura que simule una balanza	3 minutos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Imaginar</li> <li>• Crear un prototipo</li> <li>• Practicar</li> <li>• Evaluar</li> </ul>
Reto 5: Utiliza cualquier material como base y construye la estructura más alta posible y que se sostenga	5 minutos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Imaginar</li> <li>• Crear un prototipo</li> <li>• Practicar</li> <li>• Evaluar</li> <li>• Mejorar</li> </ul>

ingeniería. Los objetivos de cada uno de los retos se describen a continuación.

En el primer reto, el objetivo es que los estudiantes exploren empíricamente la forma, tamaño y peso, así como las propiedades de los elementos asignados, tales como la dureza, fragilidad y resistencia. De igual forma, el estudiante identifica el problema y las restricciones a través de la instrucción proporcionada por el instructor. La complejidad del reto va ligada a la restricción del tiempo que solo permite ejecutar una solución.

Para el segundo reto, el propósito es presentar una forma distinta de iniciar las estructuras, para que los alumnos ajusten su manera de organizarse y, al analizar las propiedades de los materiales, busquen crear una estructura con mayor estabilidad. El grado de dificultad recae en acomodar el resto del material sobre tres elementos del mismo tipo, por lo que el estudiante debe considerar la posición y separación que tendrán para poder crear una base sólida.

El tercer reto tiene como objetivo que los estudiantes descubran una tercera forma de iniciar las estructuras con el fin de probar, y al final del reto puedan evaluar la mejor opción para colocar la base en sus siguientes estructuras. Para este fin, los estudiantes deben practicar y retroalimentarse como equipo para decidirlo. La complejidad del reto está relacionada con colocar los elementos sobre una base muy ligera, como lo es el vaso de plástico.

El cuarto reto tiene como finalidad representar de forma creativa una balanza. Por lo que, para el nivel básico, el instructor debe explicar con ejemplos los elementos y funcionamiento de la misma. Al solicitarle que se utilice todo el material dispuesto, el estudiante debe imaginar y planear una manera distinta de representarlo. El grado de dificultad aumenta al tener que representar un objeto específico con una gran cantidad de material.

En el quinto y último reto, el propósito es que los estudiantes tengan la oportunidad de utilizar toda la experiencia previa para crear la estructura más alta posible. Pueden realizar pruebas con el fin de encontrar el mejor elemento como base, así como la cantidad de piezas necesarias para que la estructura tenga la suficiente resistencia para soportar el resto del material. La complejidad en el reto está ligada a mantener en pie una estructura de forma vertical. El proceso de evaluación y mejora se realiza de forma iterativa, ya que el tiempo asignado les permite caminar por todos los pasos del proceso de diseño de ingeniería sin orden en particular.

El instructor lleva una bitácora donde registra las observaciones de la actividad, para así poder determinar si los tiempos y la cantidad de material resultaron adecuados. De igual manera, se anota la retroalimentación de los estudiantes acerca de la experiencia y los conceptos trabajados.

## Resultados y discusión

*Retos de Ingeniería* se presentó como taller en la primera Feria STEM+A: Explora Ciencia Tecnología + Arte 2017, realizada en Mexicali, Baja California en octubre de 2017. Fue organizada con el objetivo de incentivar el interés por el estudio de las ciencias, tecnología, ingeniería, matemáticas y las artes. Acudieron alrededor de 700 alumnos de educación básica, media superior y superior de instituciones tanto públicas como privadas, de la zona urbana y el Valle de Mexicali, como se ilustra en la Figura 4.

Como se ilustra en la Figura 5, los alumnos asistentes mostraron gran interés por la actividad. Crearon estructuras diversas e innovadoras utilizando su imaginación, creatividad, sensibilidad, organización, lógica y diseño. Trabajaron bajo las instrucciones señaladas y el tiempo permitido. Se sintieron estimulados por la competencia generada entre los equipos y buscaron realizar la actividad más de una ocasión.

Es importante señalar que, durante cada uno de los retos, los alumnos tuvieron la oportunidad de descubrir los elementos y su manejo, para encontrar mejores formas de crear estructuras más altas sin que perdieran el equilibrio. Así, en cada reto se apreciaba una evolución en las estructuras. También, se observó cómo los estudiantes tomaron conciencia del manejo de su cuerpo

**Figura 4.** Feria Explora Ciencia Tecnología + Arte 2017. Mexicali, B.C.



**Figura 5.** Feria Explora Ciencia y Tecnología + Arte 2017. Mexicali, B.C.



y sus movimientos, para evitar derribar las estructuras al momento de colocar más elementos.

Gracias al interés de diferentes organizaciones, el taller Retos de Ingeniería fue invitado a participar en la Semana Nacional de la Ciencia y Tecnología 2017, realizada en Museo Sol del Niño, en Mexicali, Baja California; foro que año con año invita a niños y jóvenes a conocer las múltiples posibilidades que ofrecen las áreas de la ciencia en los campos de la actividad productiva, la investigación científica y la docencia. En esta actividad participaron proyectos realizados por alumnos de educación media

superior, superior y posgrado, y acudieron niños y jóvenes de primaria y secundaria. En esta presentación, se trabajó con niños y jóvenes con capacidades diferentes, como lo es el trastorno del espectro autista (TEA). Se puede apreciar en la Figura 6 que los estudiantes se mostraron entusiastas al realizar cada uno de los retos, utilizando su imaginación para la creación de estructuras y trabajando bajo las indicaciones expuestas. Tuvieron una experiencia vivencial, en la cual expresaron su entendimiento acerca de los elementos proporcionados, el manejo del tiempo y el espacio, el respeto por el trabajo individual y el de sus compañeros, así como la comunicación entre ellos. Para los niños y jóvenes con TEA, el colorido de los elementos y el apoyo visual, en donde pudieron apreciar las instrucciones de cada uno de los retos, favoreció el interés por participar de la actividad, al igual que su desarrollo.

El tercer foro en el que ha sido presentado el taller Retos de Ingeniería fue la Feria STEM+A, llevada a cabo en el poblado de Los Algodones, Baja California, en donde se mostraron diferentes proyectos creados por los alumnos de la Facultad de Pedagogía e Innovación Educativa, la Facultad de Ingeniería y el Instituto de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California. Se contó con la asistencia de jóvenes de secundaria. La experiencia de los alumnos participantes de la actividad fue positiva, participativa, colaborativa y entusiasta. Demostraron sus habilidades al crear diferentes tipos de estructuras utilizando su creatividad, como se muestra en la Figura 7. A través de cada uno de los retos, analizaban y encontraban el material que funcionara mejor para que las siguientes estructuras contaran con mayor precisión y originalidad. En el trabajo en equipo, los alumnos se mostraron

**Figura 6.** Semana Nacional de Ciencia y Tecnología 2017. Mexicali, B.C.

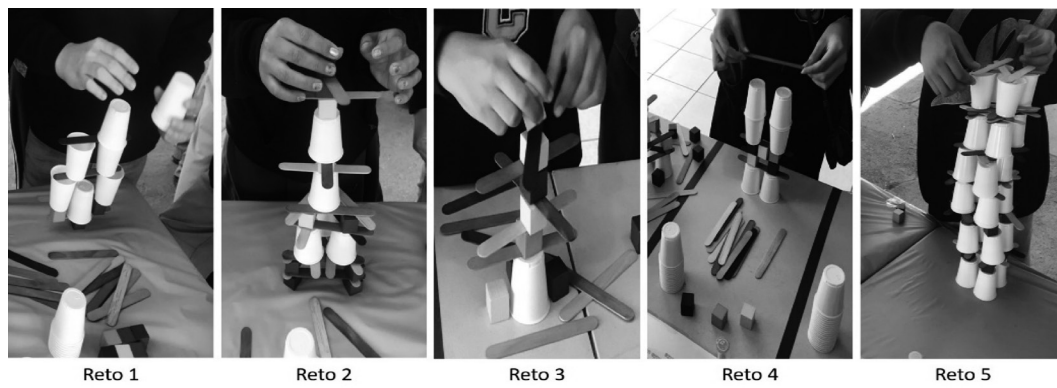


**Figura 7.** Feria STEM+A 2017. Los Algodones, Baja California

organizados, buscando que cada uno de los elementos del grupo aportara sus habilidades; adicionalmente el carácter competitivo vuelve más atractiva la actividad, ya que propicia un pensamiento de mejora continua.

En la Figura 8 se presenta cada uno de los retos cumplidos de izquierda a derecha. En el primer reto, se puede apreciar que la estructura es de menor tamaño, así como la cantidad de material utilizado. El tiempo asignado es poco, por lo que permite que se familiaricen con las instrucciones y perciban las propiedades de los materiales en la estructura. En el segundo reto, la cantidad de material utilizado es mayor, y las estructuras realizadas han incrementado en dificultad y precisión. Igualmente, se empiezan a incluir los diseños que son explicados por ellos mismos. El tercer reto, manifiesta un uso del material mucho más eficiente, los estudiantes son más cuidadosos del orden en la colocación de los elementos. En el cuarto reto, algunos estudiantes tienen dificultad para identificar el concepto de balanza; una vez explicado, buscan utilizar los elementos que les proporcionan más estabilidad a las estructuras. El tiempo asignado al último reto permite a los estudiantes realizar diferentes pruebas para encontrar los puntos de apoyo más adecuados, la manera más eficiente de utilizar el material y poder generar así la estructura más alta. Se pudo observar que un determinado grupo de estudiantes colocó cubos de madera dentro de los vasos de plástico para darle estabilidad.

Entre los estudiantes de educación básica y educación media superior, se rescata que los primeros tienen menos conciencia del tiempo y realizan pacientemente cada una de las actividades; son cuidadosos en la colocación de los elementos y les inquieta más destruir sus creaciones. Por un lado, el estudiante de educación

**Figura 8.** Retos cumplidos presentados en los diferentes foros

media superior se preocupa por terminar en el tiempo señalado, no controla sus movimientos y derriba las estructuras con mucha más facilidad; por otro, los estudiantes de educación media superior se organizan de manera más rápida, y en su lenguaje se aprecia el uso de los conceptos de ingeniería expuestos en el taller.

Con base en los resultados obtenidos, se considera que los siguientes pasos para Retos de Ingeniería se centrarán en continuar con la presentación del material didáctico en diferentes foros y ferias, para promover ambientes y situaciones de enseñanza-aprendizajes que involucren el diseño, la curiosidad científica e ingenieril, así como la innovación, creatividad y la sana competencia.

## Conclusiones y recomendaciones

La velocidad de los cambios en las sociedades y sus necesidades impulsan a transformar a todos los involucrados (gobiernos, instituciones, docentes, investigadores e ingenieros), provocando que tanto la ciencia como la tecnología generen soluciones que satisfagan dichas necesidades.

Hoy más que nunca se requiere de jóvenes preparados con habilidades, actitudes y competencias necesarias para que sean aplicadas en todos los ambientes: industriales, comerciales o de servicio. La educación STEM+A busca conectar aquellos conceptos “duros” de la ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas con problemas reales. Es decir, que el proceso de enseñanza-aprendizaje sea activo y colaborativo entre las disciplinas, utilizando la creatividad para generar soluciones prácticas para que, desde edades tempranas, la curiosidad científica y de ingeniería se promuevan y permanezcan en ellos de manera natural.

Cada persona posee un modo particular de captar la información basado en su manera de pensar, analizar, reflexionar, ex-

perimentar y actuar sobre lo que percibe a su alrededor, lo que implica que en el proceso de enseñanza-aprendizaje se produzcan diferentes alternativas de ambientes y situaciones de aprendizaje que impacten de manera significativa a los alumnos.

Por lo anterior, Retos de Ingeniería es un material de apoyo didáctico que cumple con el objetivo de llevar a la práctica conceptos básicos de ingeniería, como estabilidad y equilibrio, así como interactuar con diferentes propiedades de los materiales, como la fragilidad, dureza y resistencia, a través de la creación de soluciones basadas en el proceso de diseño de ingeniería.

La actividad didáctica puede ser utilizada por los profesores de cualquier disciplina y de cualquier nivel educativo, ya que es posible adaptar el material y ajustar las reglas, instrucciones y el nivel de complejidad de acuerdo con el grupo con que se trabaje. Encontrarán una manera en que los alumnos manifiesten su forma de pensar, crear y desarrollar ideas, además de su capacidad para colaborar dentro de un equipo; habilidades que propone la educación STEM+A y con ello ejercer un papel importante para obtener los resultados deseados.

El instructor actúa como un facilitador en el proceso, promoviendo la innovación, la investigación y la resolución de problemas. Se sugiere la realización de una actividad de cierre, por ejemplo, debates, cuestionario, lluvia de ideas, en la cual los estudiantes expresen de manera libre sus emociones y lo que aprendieron al realizar sus estructuras; incluso que se sugieran otros retos que ellos imaginen para futuras actividades.

Durante el desarrollo de la actividad con los alumnos en los diferentes foros en donde se expuso, se observó que los niños y jóvenes hallan interesante el desarrollo de actividades que involucren el uso de las manos para la creación y diseño –en este caso de estructuras–, así como la libertad de decidir cómo trabajar dentro de un equipo. Exploraron los diferentes elementos proporcionados y tomaron conciencia del trabajo, bajo limitantes tanto de tiempo como de espacio, lo que motivó en gran forma el uso de la creatividad.

## Agradecimientos

Se agradece el apoyo recibido de CONACYT por la beca núm. 630744 y el soporte para realizar el presente trabajo de investigación. Adicionalmente, se agradece a la Universidad Autónoma de Baja California por el apoyo brindado y la infraestructura utilizada.

Se declara que no existe conflicto de intereses respecto a la presente publicación.



## Referencias

- Alianza para la Promoción de STEM. (2019). *Visión STEM para México*. Recuperado de <https://movimientostem.org/investigacion/>
- Barberá Cebolla, J., y Fuentes Agustí, M. (2012). Estudios de caso sobre las percepciones de los estudiantes en la inclusión de las TIC en un centro de educación secundaria. *Profesorado. Revista de Currículum y Formación de Profesorado*, 16(3), 285-305.
- Barrera M. P., López, M., y Bedoya, M. (2014). El aprendizaje significativo y la apropiación social de la ciencia y la tecnología. *Integralidad educativa*. Recuperado de [https://aprendizaje-significativo7.webnode.es/\\_files/200000040-694086a38d/EL%20APRENDIZAJE%20SIGNIFICATIVO%20INTEGRALIDAD%20EDUCATIVA.pdf](https://aprendizaje-significativo7.webnode.es/_files/200000040-694086a38d/EL%20APRENDIZAJE%20SIGNIFICATIVO%20INTEGRALIDAD%20EDUCATIVA.pdf)
- Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. Arlington, EE UU: National Science Teachers Association.
- Carvajal J. (julio, 2017). *La cuarta Revolución Industrial o Industria 4.0 y su impacto en la educación superior en ingeniería en Latinoamérica y el Caribe*. (Ponencia). 15th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: Global Partnerships for Development and Engineering Education. Boca Ratón, EE UU.
- Cilleruelo, L., y Zubiaga, A. (2014). Una aproximación a la Educación STEAM. Prácticas educativas en la encrucijada arte, ciencia y tecnología. XXI *Jornadas de Psicodidáctica*. Bilbao, España. Noviembre 11 al 13 de 2014. Recuperado de <https://www.augustozubiaga.com/web/wp-content/uploads/2014/11/STEM-TO-STEAM.pdf>
- Del Val, J. (2016). *Industria 4.0: la transformación digital de la industria*. (Ponencia). Conferencia de Directores y Decanos de Ingeniería Informática. Recuperado de <http://coddii.org/wp-content/uploads/2016/10/Informe-CODDII-Industria-4.0.pdf>
- Escudero, A. (2018). Redefinición del “aprendizaje en red” en la cuarta Revolución Industrial. *Apertura*, 10(1), 149-163. doi: 10.18381/Ap.v10n1.1140
- García B., Ponce S., García M., Caso J., Morales C., Martínez Y., ... y Aceves, Y. (2016). Las competencias del tutor universitario: una aproximación a su definición desde la perspectiva teórica y de la experiencia de sus actores. *Perfiles Educativos*, xxxviii(151), 104-122.
- García M., y Sandoval, M. (2014). La ciencia en nuestras manos. Una perspectiva de los talleres de divulgación sin el color de rosa. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 11(2), 273-274. Recuperado de <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/2882>
- Gorgone, H., Gall, D., Acedo, F., Guillen, G., Diab, J., y Voda, D. (2010). *Nuevo enfoque en la enseñanza de la ingeniería. Futuro y relación con el desarrollo sustentable*. (Ponencia). X Coloquio Internacional sobre Gestión Universitaria en América del Sur: Balance y prospectiva de la Educación Superior en el marco de los bicentenarios de América del Sur. Mar del Plata, Argentina.
- Gravini, M., Cabrera, E., Ávila, V., y Vargas, I. (2009). Estrategias de enseñanza en docentes y estilos de aprendizaje en estudiantes del programa de psicología de la Universidad Simón Bolívar, Barranquilla. *Journal of Learning Style*, 2(3). Recuperado de <http://learningstyles.uvu.edu/index.php/jls/article/view/161>
- Guevara, G. (2011). Aprendizaje basado en problemas como técnica didáctica para la enseñanza del tema de la recursividad. *InterSedes*, 11(20). <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/intersedes/article/view/1019>
- Henriksen, D. (2014). Full STEAM Ahead: Creativity in Excellent STEM Teaching Practices. *The STEAM Journal*, 1(2). doi: 10.5642/steam.20140102.15
- Hynes, M., Portsmore, M., Dare, E., Milto, E., Rogers, C., Hammer, D., y Carberry, A. (2011). Infusing engineering design into High School STEM courses. *Publications*. Paper 165. Recuperado de [https://digitalcommons.usu.edu/ncete\\_publications/165/](https://digitalcommons.usu.edu/ncete_publications/165/)

- Kennedy, T. J, y Odell, M. R. L (2014). Engaging students in STEM education. *Science Education International*, 25(3), 246-258. Recuperado de <http://www.icasonline.net/sei/september2014/p1.pdf>
- Kim, D., Ko, D., Han, M., y Hong, S. (2014). The effects of science lessons applying STEAM education program on the creativity and interest levels of elementary students. *Journal of the Korean Association for Science Education*. Recuperado de [http://www.koreascience.or.kr/article/ArticleFullRecord.jsp?cn=GHGOBX\\_2014\\_v34n1\\_43](http://www.koreascience.or.kr/article/ArticleFullRecord.jsp?cn=GHGOBX_2014_v34n1_43)
- Ladino, D., Bejarano, B., Santana, L., Martínez, O., y Cabrera, D. (2018). Diseño de aprendizaje a partir de las posibilidades de las ecologías de aprendizaje en educación superior. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, 53, 35-52.
- Laranjeiras, C., Portela, S., y Ribeiro, L. (2018). Enseñanza y divulgación de la ciencia en la integración universidad-escuela: una experiencia en Brasil. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 15(2). doi:10.25267/Rev\_Eureka\_ensen\_divulg\_cienc.2018.v15.i2.2201
- Lupiáñez, J., y Ruiz-Hidalgo, F. (2016). Diseño de tareas para el desarrollo de la competencia STEM: los problemas de modelización matemática. Recuperado de <http://www.educacontic.es/imprimir-post/6829>
- Mejía, F. (2013). Resultados del sistema educativo mexicano en su contexto. ¿Coartada estructural o estructura que coarta?. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, XLIII(4), 55-65. Recuperado de <http://www.redalyc.org/html/270/27029787006/>
- Morrison, J. (2006). Attributes of STEM education. The student, the academy, the classroom. Recuperado de [https://www.partnersforpubliced.org/uploadedFiles/TeachingandLearning/Career\\_and\\_Technical\\_Education/Attributes%20of%20STEM%20Education%20with%20Cover%20%20.pdf](https://www.partnersforpubliced.org/uploadedFiles/TeachingandLearning/Career_and_Technical_Education/Attributes%20of%20STEM%20Education%20with%20Cover%20%20.pdf)
- Osorio, C. (2004). Los efectos de la ingeniería en el aspecto humano. Conferencia presentada en la XXIX Convención Panamericana de Ingeniería, UPAI, 2004. Ciudad de México, septiembre 22 al 25 de 2004. Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura. Recuperado de <https://www.oei.es/historico/salactsi/osorio7.htm>
- Park, N., y Ko, Y. (2012) Computer education's teaching-learning methods using educational programming language based on STEAM education. En J. J. Park, A. Zomaya, S. S. Yeo, y S. Sahni (Eds.), *Network and Parallel Computing. Lecture Notes in Computer Science*. Berlín, Alemania: Springer. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-642-35606-3\\_38](https://doi.org/10.1007/978-3-642-35606-3_38)
- Pernías, P. (2017). Nuevos empleos, nuevas habilidades: ¿estamos preparando el talento para la Cuarta Revolución Industrial? *ICE, Revista de Economía*, 1(898). doi. [org/10.32796/ice.2017.898.1961](https://doi.org/10.32796/ice.2017.898.1961)
- Rascón, O., Morán, C., Vega, J., Estrada, L., Vergara, I., y Mayo, A. (2007). La educación en ingeniería en México y el mundo. Recuperado de [http://www.ai.org.mx/sites/default/files/02.educacion-en-ingenieria-en-mexico-y-el-mundo\\_0.pdf](http://www.ai.org.mx/sites/default/files/02.educacion-en-ingenieria-en-mexico-y-el-mundo_0.pdf)
- Riley, S. (2013). Pivot point: At the crossroads of STEM, STEAM and arts integration. *Edu-topia*. Recuperado de <https://www.edutopia.org/blog/pivot-point-stem-steam-arts-integration-susan-riley>
- Salas, D. (2016). Revolución 4.0. *RIINN: Revista Ingeniería e Innovación*, 4(2). Recuperado de <http://revistas.unicordoba.edu.co/index.php/rii/article/view/1174/1452>
- Swain, R. (2017). *Modelo educativo para la Industria 4.0*. México: Academia de Ingeniería.