

TRIZ: Ilustración del modo de formación de ingenieros chinos de excelencia

Yiyang Fan, Yuting Qiu, Xing Zhang

Business School, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai, China Email:

fyyqq@usst.edu.cn, klee17@139.com, zstar_hr@sina.com

Recibido el 10 de Octubre de 2012; revisado el 11 de Noviembre de 2012; aceptado el 22 Noviembre de 2012

RESUMEN

China ha sido el país más grande en términos de escala de mayor enseñanza de la ingeniería en el mundo. El plan de formación de ingenieros de excelencia (TPEE) que lanzaron en 2010 es la formación de diversos tipos de ingenieros de alta calidad y personal técnico que tienen fuertes capacidades innovadoras y satisfacen las necesidades de desarrollo económico y social. La teoría de resolución de problemas inventivos (TRIZ), como una metodología científica para resolver problemas de innovación, ofrece una base teórica y guía práctica para la formación de ingenieros de excelencia. Este trabajo analiza la filosofía de enseñanza y métodos para la formación de ingenieros de excelencia en el marco TRIZ desde la perspectiva de la demanda y, a continuación, se analizan las instrucciones y difusión de TRIZ en los siguientes aspectos, tales como la aplicación de TRIZ en educación ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM), formación de profesorado, desarrollo de plataformas de educación innovadora y así sucesivamente.

Palabras claves: TRIZ; Ingeniero de Excelencia; Modo de Entrenamiento; Enseñanza de la Ingeniería.

1. Introducción

Con el fin de poner en práctica a mediano y a largo plazo la reforma nacional educativa y el plan de desarrollo y el programa de desarrollo del talento, el Ministerio de Educación de la República Popular China puso en marcha el plan de formación de ingenieros de excelencia (TPEE¹).

El objetivo principal es la formación de un gran número, y de varios tipos, de ingenieros de alta calidad y personal técnico que tengan fuertes capacidades innovadoras y satisfagan las necesidades de desarrollo económico y social.

El número de postgraduados de tiempo completo y de candidatos doctorales en los colegios y universidades chinas es casi de 1.540.000 en la actualidad. Y el número de estudiantes a tiempo completo en la escuela es de más de 22,31 millones [1], entre los cuales más de un tercio de los estudiantes se especializa en ingeniería [2]. China ha sido el país más grande en términos de escala de enseñanza superior en ingeniería en el mundo.

Desde la fundación de la Nueva China, sobre todo desde la reforma y la apertura, la educación superior de ingeniería que ya ha capacitado a decenas de millones en ciencias de la ingeniería y talentos tecnológicos, apoyan fuertemente la formación y el desarrollo del sistema industrial de China, apoya 30 años de rápido crecimiento económico desde la reforma y apertura China, y hace importantes

contribuciones a la modernización socialista de China.

Hoy en día la ciencia y la tecnología se están desarrollando rápidamente, el ciclo de la modernización industrial y la transformación se acortan cada vez más y la frecuencia es cada vez más acelerada. La redistribución de los recursos y el reagrupamiento industrial, que son causadas por cambios de orden económico bajo la globalización económica, han propuesto nuevos requisitos para la demanda de la ingeniería y el personal técnico en el futuro. En este contexto, China necesita ingenieros diversificados [3], ingenieros innovadores y emprendedores que se orienten hacia la creatividad y el diseño, ingenieros de aplicación que tienen por objetivo la fabricación, e ingenieros de servicios que se orienten hacia la gestión operativa. El TPEE de China es la gran reforma de la educación superior de ingeniería implementada con el fin de cumplir con los requisitos anteriores

2. La Formación de Ingenieros de Excelencia Requiere de los Métodos Innovadores de TRIZ

2.1. El origen de TRIZ

La teoría de resolución de problemas inventiva (TRIZ), desarrollada por el inventor Soviético Genrich Altshuller, es atesorada como el "Toque de Oro" nacional de la Unión Soviética. Deriva del estudio de 2,5 millones de invenciones de alto nivel en la literatura mundial de patentes del siglo 20.

¹ Sigla en inglés de: Training Plan of Excellent Engineers, lo que en idioma español es Plan de Entrenamiento de Ingenieros de Excelencia. Nota de los Traductores.

Tras el fin de la guerra fría en 1990, TRIZ fue llevado al extranjero y comenzó a popularizarse en Europa y los EE.UU.². Hoy en día, ha sido ampliamente reconocido como un método de resolución de problemas con autoridad y eficacia y teoría básica de la innovación asistida por ordenador³.

2.2. Aplicación de TRIZ en la Educación Innovadora

La Educación en la Metodología TRIZ consta de un espectro genérico de soluciones para la innovación, procedimientos y herramientas para técnicas de invención como los ocho patrones de evolución⁴, los 39 parámetros de la tabla de contradicción (Matriz) y los 40 principios de invención. Se aplica factiblemente en industrias técnicas tales como de maquinarias, electrónica, biología, química e ingeniería militar, y luego se extendió ampliamente hacia áreas no técnicas como la gestión, la comercialización, la educación y la psicología. TRIZ, como un método y filosofía innovadora, es la clave de la innovación en educación. Muchos países han introducido TRIZ en el plan de estudios y los profesores animan a innovar la enseñanza de los métodos, inspiran el pensamiento inventivo de los estudiantes y desarrollan la creatividad de los estudiantes.

Diseñadores en ingeniería mecánica checos y británicos salieron de los paradigmas conceptuales existentes en intercambiadores de calor mediante el método del Resultado Final Ideal (RFI) de TRIZ y optimizaron relaciones funcionales claves para producir una solución de nuevo diseño. Este trabajo TRIZ era fácil de operar y enseñar. De acuerdo con el estudio de caso, B. Busov [4] TRIZ es considerado como un buen modo de enseñanza de la ingeniería y la educación innovadora en el siglo 21. Dentro de la Universidad de Twente, Países Bajos, TRIZ fue presentado como un curso master de 84 a 140 horas.

Wessel W. Wits [5] encontró que los estudiantes mostraron mucho interés y eran capaces de encontrar soluciones inventivas tanto para pequeñas piezas y para grandes proyectos durante el curso.

Los estudiantes de la Universidad Estatal de Pennsylvania aumentaron su producción creativa mediante el uso de métodos de TRIZ para diseñar dispensador de hielo. M. Ogot y G.E. Okudan [6]

recomiendan TRIZ como un método sistemático de creatividad e innovador de los estilos de aprendizaje en la enseñanza de la ingeniería.

Toru Nakagawa [7] en la Universidad de Osaka Gakuin lanzó un Esquema de Seis Cajas de seminarios de formación TRIZ para estudiantes de posgrado. El estudio mostró que la metodología de pensamiento inventivo estructurado⁵ TRIZ anima a los estudiantes para derivar obras de ingeniería creativas.

En 2009, el Ministerio de Ciencia y Tecnología en China llevó a cabo el entrenamiento de la teoría TRIZ a nivel nacional. La metodología TRIZ se ha aplicado en la educación en ingeniería como una nueva manera de explorar la educación innovadora en ingeniería superior, para desarrollar la creatividad de los estudiantes y formar ingenieros de excelencia para el futuro. Profesionales ingeniería y de la universidad técnica de Changzhou [8] lanzaron cursos TRIZ y de competencia original para impulsar a través de la reforma educativa y promover la creatividad de los estudiantes. La Universidad de Tsinghua, la Universidad de Sichuan y la Universidad del Suroeste de Jiaotong [9] han colocado TRIZ en el plan de estudios para estudiantes graduados con el fin de mejorar su creatividad y capacidad de innovación.

De acuerdo a las experiencias en el extranjero en la introducción de TRIZ en la currícula, la metodología de aplicación TRIZ en la educación superior de ingeniería de China es una eficaz manera de desarrollar la creatividad y habilidades innovadoras de los estudiantes.

2.3. La Formación de Ingenieros de Excelencia Necesita la Educación Innovadora de TRIZ

En la era de la información y de la explosión tecnológica, de las industrias que aceleran la modernización y transformación, de las modernas tendencias de la ingeniería hacia la sistematización, de la inteligencia y de la humanidad, de la innovación tecnológica lleva a la difusión inter-industrial del conocimiento y la tecnología, y hacia la necesidad de los consumidores de mejores productos y servicios. A fin de que construir un país innovador, para apoyar el desarrollo industrial, mejorar la fortaleza de nuestro país, y responder a los retos de la globalización económica, China necesita con urgencia capacitar a un gran número de talentos innovadores de ingeniería y excelentes equipos de ingenieros.

² Entre los pioneros de TRIZ en los EEUU, se encuentra Ed Sickafus, quién toma contacto con la metodología en los cursos de SIT (Structured Inventive Thinking) dados por Filkovsky a través de Horowitz y Goldenberg a principios de los 90 en Israel. Más tarde Sickafus en base a estas metodologías crea el USIT (Unified Structured Inventive Thinking). Nota de los Traductores.

³ El uso de ordenadores en estas metodologías estructuradas como TRIZ, SIT, USIT, TRIZICS, HI, etc., no es imprescindible. Son herramientas de pensamiento. El ordenador coopera rápidamente en el alcance de la información, pero no en el proceso de razonamiento. Nota de los Traductores.

⁴ Más conocido como Tendencias de la Evolución de los Sistemas. Nota de los Traductores.

⁵ El Pensamiento Inventivo Estructurado Unificado, al cual refiere el Autor, no es TRIZ, sino USIT (Unified Structured Inventive Thinking), metodología, como mencionamos en la Referencia 2, fue creada por Ed Sickafus. Toru Nakagawa estudió y difundió TRIZ y USIT en Japón. Nakagawa realizó profundos estudios y editó numerosos trabajos comparativos entre estas dos metodologías. De ahí, que estos Traductores suponen la confusión del Autor, que por otra parte es muy común en los profesionales que encaran por primera vez estos temas.

¿Cuál es el nivel de ingenieros de excelencia? esto parece ser muy difícil de definir. Sólo los empleadores tienen más poder para definir si él (o ella) es excepcional.

¿Y cuál es la definición de la capacidad de innovación? Algún índice explícito de la capacidad innovadora es muy fácil de distinguir y definir, por ejemplo, una persona sostiene la patente sobre una invención o diseño de algunos productos nuevos.

Pero las normas implícitas de aptitud innovadora son difíciles de definir. Las universidades forman talentos para el futuro.

Si él (ella) tiene la capacidad de innovación, o la posibilidad para ser un buen ingeniero, depende de cosas como: la capacidad de pensar de forma independiente y resolver problemas basado en técnicas profesionales y habilidades básicas, para resolver los siempre nuevos problemas técnicos, para resolver problemas técnicos profesionales no propios, una mente sana, un espíritu a cooperar con otros y así sucesivamente. Con todo, las personas con una cierta capacidad de aprendizaje y capacidad innovadora pueden convertirse en un buen ingeniero. La principal tarea de la universidad es impartir conocimientos y habilidades que no siempre son capaces de satisfacer los requisitos para el trabajo. La persona sólo con capacidad de auto-aprendizaje e ingenio puede adaptarse al entorno laboral cambiante, acogerse a los requisitos de trabajo y lograr un alto rendimiento.

Por lo tanto, es una tarea más importante y difícil mejorar el pensamiento inventivo de los estudiantes y las capacidades creativas que la impartición de conocimiento y habilidades.

TRIZ, como una herramienta de orientación eficaz, extrapola desde lo particular a lo general y refina aún más una serie de métodos y normas de invención y técnicas científicas de resolución de problemas sobre el análisis de un número de patentes de alto nivel de invención. TRIZ, que consta de muchas soluciones para problemas técnicos de invención e innovación, es fácil de integrar con los cursos profesionales y operar con métodos de enseñanza para inspirar el pensamiento inventivo y las habilidades de los estudiantes en resolución de problemas. Por consiguiente, es muy significativo aplicar TRIZ en el modo de entrenamiento de ingenieros de excelencia.

3. Modo de Entrenamiento de Ingenieros de Excelencia Dentro del Marco TRIZ

Actualmente, la ingeniería superior en China enfrenta a graves problemas de educación [2] con un enorme desajuste entre la oferta y la demanda, la convergencia de objetivos de capacitación y el modo, la ausencia de contenidos de enseñanza pragmáticos, el sistema de enseñanza de mala adaptación de las características de ingeniería, y la falta de iniciativa por parte de los estudiantes. Introducir TRIZ en la enseñanza de la ingeniería

superior es digno de referencia e iluminación en el modelo innovador de gestión y filosofía en la enseñanza de la ingeniería superior y de reforma del sistema curricular.

3.1. TRIZ Inspira una Nueva Filosofía de Enseñanza y Métodos para Educadores

La forma innovadora de pensar y de soluciones para las invenciones y problema dentro del marco TRIZ, muestran una fuerte logicidad⁶ en la cognición del conocimiento y la viabilidad en los enfoques innovadores y proporcionar orientación útil en la innovación y la educación empresarial. TRIZ es un resumen de las invenciones y las prácticas innovadoras y hay muchas opciones de los métodos de enseñanza para el desarrollo de los estudiantes en el pensamiento inventivo y habilidades creativas dentro del marco TRIZ.

Como se muestra en la **Tabla 1**, el sistema TRIZ desarrolla muchos tipos de métodos para romper la inercia psicológica y estimular el pensamiento inventivo, y algunos de ellos resultan familiares a la gente, como la lluvia de ideas⁷. Los profesores pueden utilizar estos métodos en muchos aspectos docentes, que son aplicables a la población general y no restringida por su conocimiento previo. Algunas formas innovadoras de pensamiento, como el análisis morfológico⁸ y el método de lista de verificación⁹, son más adecuados para los profesionales. TRIZ da soluciones a problemas de invención e innovación, por ejemplo, la matriz 39 de parámetros de ingeniería general y los 40 principios de invención se pueden usar idealmente para instruir

⁶ LOGICIDAD: Principio de los sistemas de clasificación según el cual todo sistema debe organizar su estructura, siguiendo hasta donde sea posible el orden consensual impuesto. Nota de los Traductores.

⁷ Se refiere como “**lluvia de ideas**” a lo que en idioma inglés se refiere a “**brainstorming**”. Se trata de una herramienta de trabajo grupal ideada en 1938 por Osborn en la que se realiza un proceso interactivo no estructurado y grupal que genera más y mejores ideas que las que los individuos podrían producir trabajando de forma independiente. Nota de los traductores.

⁸ Este método, aparentemente poderoso para producir invenciones fue desarrollado por los profesores F. Zwick y M. S. Allen, en los años cuarenta. El sistema se basa en que una vez planteado el problema, éste se divide en funciones específicas, con lo que es posible construir una serie de matrices para generar múltiples combinaciones y permutaciones. Desgraciadamente, a medida que se tienen más funciones, las posibilidades de llegar a una solución adecuada disminuyen de manera geométrica, siendo ésta su limitante fundamental. Nota de los Traductores.

⁹ Las listas de chequeo verificación consisten en una lista ordenada de factores ambientales potencialmente afectados por las acciones producidas por el proyecto en ejecución. Su fin es identificar los posibles efectos de las acciones propuestas. Tienen la ventaja de permitir estructurar la etapa inicial de un proceso y asegura de que ningún factor sea omitido de un análisis, pero la desventajas es que son lineales y limitadas para evaluar impactos individuales, no identificando impactos indirectos, probabilidad de ocurrencias ni los riesgos asociados con los impactos, no ofrecen indicaciones sobre la ubicación del impacto, no permiten establecer una prioridad relativa de los impactos. Nota de los Traductores.

Tabla 1. TRIZ guía de los métodos de enseñanza innovadores.

Métodos innovadores TRIZ		Propósito de la enseñanza	Objetivo de la enseñanza	Sugerencia de los métodos de enseñanza
Métodos para romper la inercia psicológica	Método 9 ventanas	Pensamiento sistémico, pensamiento asociativo tiempo-espacio y formación del pensamiento creativo	Cualquier estructura de conocimiento, nivel de conocimientos y experiencia profesional	Activar pensamiento de los estudiantes en el aula, y asignar diferentes trabajos en grupo
	Operador TTC (Tamaño- Tiempo- Costo)/Operador RTC (Recurso- Tiempo- Costo)	Analizar la contradicción principal y centrarse en la resolución de problemas por pensamiento tri-dimensional	Estudiantes con claro propósito de investigación	Llevar a cabo el diseño del curso, y el análisis de ingeniería, económicos, y sociales
	Método de Pequeñas Personas Inteligentes	Buscar las funciones que pueden mejorar y perfeccionar el diseño de la arquitectura del sistema	Cursos especializados para estudiantes avanzados en ingeniería mecánica	Fomentar los sistemas, componentes, diseño estructural y la innovación
	Método de Análisis de Escenas de Fantasía	Buscar soluciones para el problema con ideas nuevas diferentes o imaginación iterativa	Cualquier estructura de conocimiento, nivel de conocimientos y experiencia profesional	Activar el pensamiento de los estudiantes en el aula, y asignar diferentes trabajos en grupo
	RFI (Resultado Final Ideal)	Tratar para eliminar las deficiencias del sistema original, y maximizar los factores favorables para alcanzar resultados óptimos	Estudiantes con claro propósito de investigación	Realizar un análisis de ingeniería, económicos, y sociales
Métodos para estimular el pensamiento inventivo	Método de Prueba y Error	Reiterar intentos para encontrar soluciones al problema, y la formación del pensamiento divergente	Cualquier estructura de conocimiento, nivel de conocimientos y experiencia profesional	Activar el pensamiento de los estudiantes en el aula, y asignar diferentes trabajos en grupo
	Brainstorming (Lluvia de Ideas)	Pensamiento libre y estimulación intelectual para generar nuevas ideas y entrenar el pensamiento creativo	Cualquier estructura de conocimiento, nivel de conocimientos y experiencia profesional	Activar el pensamiento y la discusión de los alumnos en el aula, y asignar diferentes trabajos en grupo
	Análisis Morfológico	Observar sistemáticamente y seleccionar las mejores combinaciones	Juniors con conocimientos profesionales, que se especializaron en STEM o economía	Llevar a cabo investigaciones especiales y desarrollo de nuevos productos
	Pensamiento Lateral	Similar a la lluvia de ideas, ver lo mismo desde diferentes perspectivas para entrenar el pensamiento divergente	Cualquier estructura de conocimiento, nivel de conocimientos y experiencia profesional	Activar el pensamiento y la discusión de los alumnos en el aula, y asignar diferentes trabajos en grupo
	Método de Validación de Lista	Concebir creativamente a través de diferentes ángulos mediante métodos de lista de verificación para entrenar el pensamiento centrada en soluciones	Los estudiantes con el propósito de investigación clara y antecedentes profesionales	Promover invención y actividades creativas
	Principios de separación de la matriz contradicción y su aplicación	Analizar el impacto de los atributos de las contradicciones en los sistemas de tecnología y encontrar una solución al problema sobre la base del principio de separación de espacio, el tiempo, las condiciones, y el sistema de niveles	Los estudiantes con el propósito de investigación clara y antecedentes profesionales	Promover invención y actividades creativas
Las soluciones al problema de la invención y la innovación	Identificación y separación entre contradicción física y técnica	Identificar el impacto de los parámetros cambiantes de sistema y entrenar la capacidad de analizar y resolver problemas	Estudiantes con el propósito claro de investigación y antecedentes profesionales	Promover invención y actividades creativas, y llevar a cabo diversas investigaciones de ingeniería, economía y gestión social
	Análisis Sustancia-campo	Analizar los cambios de los diversos factores que afectan el sistema desde el punto de vista del análisis sustancia de campo, optimizar la arquitectura de sistema y buscar soluciones al problema	Estudiantes con el propósito claro de investigación y antecedentes profesionales	Llevar a cabo diversas investigaciones especiales de ingeniería, proyecto, la economía y gestión social
	Identificación de 39 parámetros de ingeniería genéricos	Afinar parámetros de ingeniería en temas específicos, y buscar herramientas para la resolución de problemas	Estudiantes con conocimientos profesionales	Promover invención y actividades creativas, y llevar a cabo diversas investigaciones especiales de la ingeniería, la economía y la gestión social

alumnos de las invenciones, las actividades de innovación, y en varios estudios monográficos.

3.2. Aplicar TRIZ en la Educación STEM¹⁰ para el Entrenamiento y Practicas de Pensamiento

La esencia de TRIZ es buscar soluciones a los problemas de innovación por una vía innovadora de pensamiento y metodología especializada.

En 2009, el Ministerio de Ciencia y Tecnología de la República Popular China comenzó a introducir TRIZ para entrenamiento, y el objetivo es mejorar la capacidad de innovación del personal científico y técnico de China. Las experiencias de prácticas de TRIZ en universidades extranjeras y aplicaciones industriales indicaron que TRIZ ha desempeñado un papel catalizador en la reducción del ciclo de desarrollo I + D de nuevos y originales productos y en la mejora de la eficiencia de la innovación.

La educación STEM, como cuna de futuros ingenieros, es necesaria para integrar TRIZ en términos de educación general, o en la formación profesional. Las prácticas de TRIZ en graduados de diseño de hidráulica del Instituto de Ciencia y la Tecnología de Heilongjiang [10] indica que el número de propuestas de diseño aumentó 25%, y el esquema efectivo de alto nivel representó el 12%, lo que mejoró la calidad de los graduados de diseño [10].

Casi todos los cursos STEM en universidades chinas contienen los 39 parámetros generales de ingeniería y los 40 principios de invención. Por lo tanto, el lanzamiento de la educación temprana TRIZ puede entrenar más ingenieros de excelencia y talento innovador para el desarrollo industrial de China. Actualmente en China la educación superior, STEM ocupa más de la mitad la proporción de una amplia variedad de especialidades científicas, la mayoría de los Colegios STEM ofrecen ingeniería electrónica, ingeniería mecánica, física e ingeniería de materiales térmicos. El proceso de formación de ingenieros de excelencia se muestra en la **Figura 1**. La adquisición fundamental y del conocimiento profesional y la

aplicación de la teoría a la práctica pueden equipar a los estudiantes con la excelente calidad de los ingenieros.

La educación de los ingenieros de excelencia puede probarse con éxito cuando un estudiante graduado STEM tiene invención patentes, grandes logros innovadores, tesis de alta calidad o habilidades y así sucesivamente en la resolución de problemas.

La metodología TRIZ es más probable que sea aceptada por los estudiantes STEM. Las **Figuras 1 y 2** son muy similares.

El primer proceso es mejorar la calidad excelente y el ingenio de los ingenieros por el aprendizaje, la acumulación de conocimientos y habilidades prácticas. Este último es utilizar el conocimiento fundamental de la operación y conocimiento profesional para identificar problemas, y luego usar técnicas y herramientas especializadas para resolver el problema directamente y alcanzar el logro innovador y creativo. Por lo tanto, promover la aplicación de TRIZ en la educación STEM es una forma eficaz de llevar a cabo el plan de formación de ingenieros de excelencias.

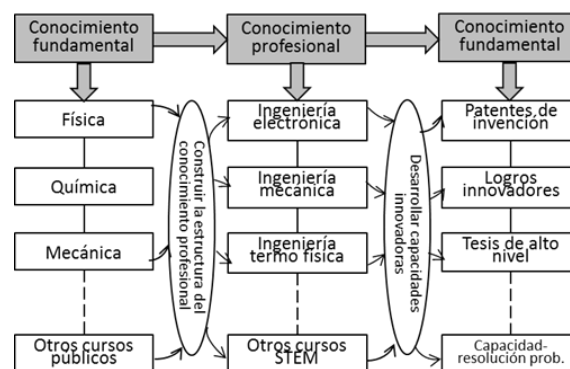


Figura 1. El proceso de formación de ingenieros de excelencia.

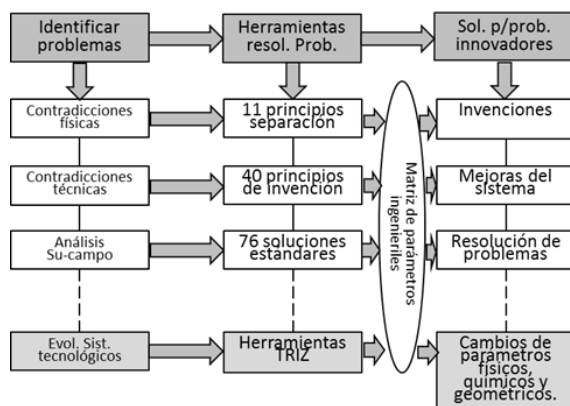


Figura 2. El innovador proceso de resolución de problemas de TRIZ.

¹⁰ Sigla en inglés de: Science, Technology, Engineering, and Mathematics, esto es referido a Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas. Este término es utilizado, sobre todo, en Estados Unidos para abordar determinados tratamientos sobre temas relacionados con las ciencias, la educación, la fuerza de trabajo, la seguridad nacional o la inmigración. En alemán, el acrónimo equivalente es MINT, de Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik.

Las definiciones del alcance del STEM, varía de una organización a otra. En su definición más amplia, STEM incluye los campos de la química, la informática, las tecnologías de la información, ingeniería, ciencias de la tierra, ciencias de la vida, ciencias matemáticas, física, astronomía, psicología o ciencias sociales.

En 2011, para los organismos estadounidenses del United States National Research Council y la National Science Foundation, estas disciplinas son consideradas fundamentales para las sociedades tecnológicamente avanzadas.

La educación en estos campos de STEM contribuye a conseguir una mayor competitividad y por consiguiente, ayudará en el futuro a conseguir una mayor prosperidad económica y es un claro índice de la capacidad de un país para sostener un crecimiento sostenido.

3.3. Fomentar el Desarrollo en la Facultad de la Educación Innovadora de TRIZ

La capacidad innovadora y la filosofía de las facultades universitarias determinan el efecto de la educación innovadora. Pero muchos de los profesores de STEM en universidades de China no entienden la teoría innovadora de TRIZ, y apenas podrían integrarla en cursos profesionales.

En consecuencia las universidades deben dar importancia a la realización de investigaciones y clases de capacitación TRIZ, y animar a los profesores a participar en la práctica de TRIZ, la investigación interdisciplinaria, actividades y la innovación tecnológica industrial a través de la plataforma innovadora de TRIZ y la cooperación universitaria en la investigación para la industria.

En primer lugar, extender la aplicación de TRIZ entre profesores STEM e integrar métodos y filosofía de TRIZ con educación innovadora profesional. A continuación, construir un equipo TRIZ de educación con maestros multidisciplinarios que consisten principalmente en maestros STEM y buscar en parte el apoyo de tutores de empresas de TRIZ.

3.4. Desarrollar una Plataforma de Cooperación y de Recursos Compartidos de Educación TRIZ

TRIZ se originó en la exploración de la innovación industrial e inventos técnicos en los campos de la ingeniería. Desde 2009, el gobierno chino, las empresas, las universidades y las instituciones de investigación se han embarcado en la promoción de la aplicación de TRIZ, pero eso no es suficiente para satisfacer la gran demanda de educación superior de ingeniería de China.

La razón principal es la falta de servicios de formación de la innovación tecnológica, maestros con espíritu innovador y métodos de enseñanza viables.

El principio del plan de formación de China de ingenieros de excelencia es proporcionar una guía para la industria, mejorar la cooperación entre universidades y empresas, implementar sistemáticamente, y diversificar las formas. El desarrollo de una plataforma de cooperación y de intercambio de recursos para la plataforma de una educación TRIZ, no es sólo para proporcionar una educación continua para mejorar las capacidades de I + D de personal técnico y científico de las empresas, sino también para ofrecer las innovadoras oportunidades de educación y de formación estrechamente integradas con las empresas para profesores y estudiantes en las universidades.

Como se muestra en la **Figura 3**, el gobierno, las empresas, universidades e instituciones de investigación establecen en conjunto la plataforma de educación TRIZ. Esta plataforma TRIZ ofrece muchos tipos de recursos educativos, incluyendo el estudio de la teoría, intercambios académicos, cursos públicos, formación metodológica para la

innovación de ingeniería, estudio de casos y concursos de innovación. Y la plataforma también ofrece recursos públicos, tales como la difusión de TRIZ, la formación profesional, cursos y concursos de innovación abierta, para las empresas, instituciones de investigación, empresas de servicios tecnológicos y universidades.

4. Conclusiones

La práctica de aplicar TRIZ para la educación superior de ingeniería indica que la metodología TRIZ mejora significativamente la ingeniería y las capacidades innovadoras de los estudiantes.

Debido a las características científicas, pragmáticas y operables, TRIZ puede ser una manera eficaz para desarrollar habilidades innovadoras, competencia profesional, y capacidades ingenieriles de los estudiantes, y también un gran punto de partida para la ejecución de TPEE de China.

En la actualidad, China tiene 194 colegios y

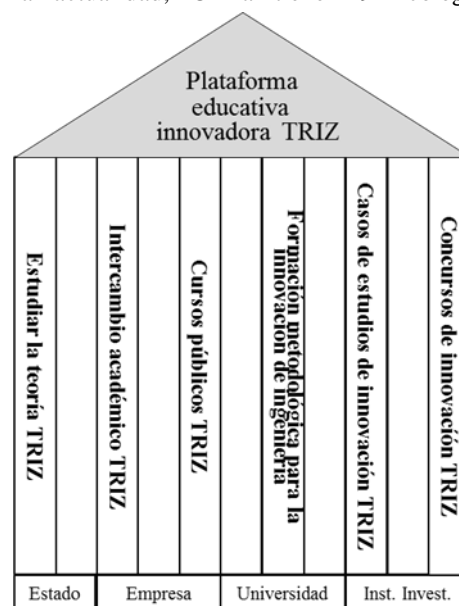


Figura 3. Plataforma de educación innovadora de TRIZ.

universidades que han lanzado el TPEE como estudio piloto de la reforma de la enseñanza. Y las prácticas que integran TRIZ con la forma de enseñanza de excelente formación de los ingenieros ofrecen valiosas lecciones para los educadores de colegios y universidades.

Desde la perspectiva de la reforma de la enseñanza, hay algunas recomendaciones para la aplicación de TRIZ:

- Ir desde colegios y universidades, y cooperar con la industria. Aprender de las empresas que implementan actualmente TRIZ, participar en sus actividades de I + D y nuevas actividades de desarrollo de productos, y emplear ingenieros corporativos para guiar la reforma de la enseñanza TRIZ.

- Llevar a cabo la etapa de la reforma de la enseñanza TRIZ paso a paso. Desarrollar diferentes formas de cursos TRIZ para diferentes niveles de estudiantes, como junior college, de pregrado, maestría y doctorado, y de diferentes profundidades para las diferentes materias.
 - Poner a pleno juego el papel de los profesionales de la enseñanza. La Cursos STEM consisten en los parámetros de ingeniería de TRIZ, y los profesores de STEM son la primera línea de comunicadores y promotores.
 - Realizar la educación TRIZ combinando con las propias características del TPEE. De acuerdo a los conocimientos tradicionales de las escuelas, ubicación, recursos educativos, explorar el modo de enseñanza compatible de TRIZ.
 - Desarrollar un sistema de enseñanza y de formación estándar para TRIZ. TRIZ tiene su propia lógica y regularidad. Así pues, desarrollar un sistema de formación estándar, tales como la formación de la plataforma y software, puede mejorar mucho la eficiencia de la difusión del conocimiento y la eficacia de la enseñanza.
- [4] B. Busov, D. L. Mann and P. Jirman, "TRIZ and Invention Machine: Methods and Systems For Creative Engineering and Education in the 21st Century," 1st International Conference on Advanced Engineering Design, Prague, May 1999, pp. 1-10.
 - [5] W. W. Wits, T. H. J. Vaneker and V. Souchkov, "Full Immersion TRIZ in Education," Proceedings of the TRIZ Future Conference 2010, Bergamo, 3-5 November 2010, pp. 269-276.
 - [6] M. Ogot and G. E. Okudan, "Systematic Creativity Methods in Engineering Education: A Learning Styles Perspective," International Journal of Engineering, Vol. 22, No. 3, 2006, pp. 566-576. doi:10.1080/03043790600797335
 - [7] T. Nakagawa, "Education and Training of Creative Problem Solving Thinking with TRIZ/USIT," Procedia Engineering, Vol. 9, 2011, pp. 582-595. doi:10.1016/j.proeng.2011.03.144
 - [8] D.-Z. Xu and W. Xiong, "Research and Exploration of Introducing TRIZ into Innovation Education of Institutions of Higher Vocational Education," Journal of Shenyang Institute of Engineering (Social Sciences), Vol. 6, No. 1, 2010, pp. 93-99.
 - [9] X. F. Zhang, "TRIZ Tactics into Classroom Teaching," Journal of Tianjin Normal University (Elementary Education Edition), Vol. 12, No. 2, 2011, pp. 32-35.
 - [10] X. T. Liu, C.-Y. Zhao and P. Xu, "TRIZ Theory and Students' Innovative Ability Cultivation," Higher Education Forum, Vol. 6, No. 3, 2010, pp. 29-31.

5. Agradecimientos

Esta investigación fue apoyada financieramente por el NSFC¹¹ con la subvención Nos. 71171134/G012, Proyecto Municipal de Investigación de Educación y Ciencia 2011. Shanghai. China (B11041).

REFERENCIAS

- [1] Ministry of Education of China, "Statistical Report of National Education Development Affairs," 2011. Copyright © 2012 SciRes. ENG. Y. FAN ET AL. Copyright © 2012 SciRes. ENG 913 http://www.moe.edu.cn/publicfiles/business/htmlfiles/moe/moe_633/201208/141305.html
- [2] G. F. Zhu, "Current Status and Prospects of Engineering Education in China," Research in Higher Education of Engineering, Vol. 22, No. 6, 2011, pp. 1-4.
- [3] P. G. Li, X. D. Xu and G.S. Chen, "On Practical Teaching of Undergraduate Engineering Education in China: Problems and Causes," Research in Higher Education of Engineering, Vol. 23, No. 3, 2012, pp. 1-6.

¹¹ SNCF: NATIONAL NATURAL SCIENCE FOUNDATION of China, en español sería: FUNDACIÓN NACIONAL DE CIENCIAS NATURALES de China. Es el mayor organismo de financiación para la investigación básica en el país. Existe un deseo por parte del gobierno chino en determinar cuánto rinden sus grandes esfuerzos por impulsar el apoyo a la investigación científica comparando con normas internacionales. Nota de los Traductores.