

## **Enseñanza de la Innovación en los colegios secundarios**

La innovación científica es el conjunto de procedimientos de razonamiento que tienen por objeto resolver problemas con soluciones innovadoras en forma eficiente.

La innovación científica se diferencia de la artística, aunque también maneja criterios de ergonomía, estética y se aplica ampliamente en educación, medio ambiente y todas las Ciencias.

Basándonos en que crear es pensar algo distinto e innovar es fabricar eso pensado, es que las empresas, organizaciones y universidades piden a gritos que se innove.

La innovación está muy ligada al mercado y a generar dinero al menor costo posible.

Existe un método denominado innovación sistemática que es ampliamente usado en todo el mundo. La base de la Innovación sistemática deriva del método ruso llamado TRIZ.

TRIZ proviene de la palabra rusa "ТРИЗ", que es el acrónimo de "Teoría de Resolución de Problemas Inventivos" bautizado así por Altshuller, su autor, en 1950.

TRIZ es un método sistemático para incrementar la innovación de productos, servicios y modelos de negocio derivado del estudio de la evolución de inventos y patentes mundiales, y que aplica soluciones y principios estándar a diversos problemas técnicos, sociales, administrativos, etc.

Las personas que resuelven problemas de forma intuitiva, encontrarán que TRIZ les proporciona muchas más ideas adicionales. Las personas que resuelven problemas de forma estructurada encontrarán que TRIZ les proporciona una guía sistemática.

Esta metodología comenzó a desarrollarse en 1960 en el área de Ingeniería, del diseño de productos, procesos y del mejoramiento de servicios, para extenderse a otros Campos del Conocimiento.

Se entiende por problema una circunstancia en la que no coincide la situación actual con determinadas expectativas. Esta amplia definición indica que la creatividad técnica puede utilizarse para casi cualquier cosa, si bien las aplicaciones principales se dan en las empresas y en la investigación, donde se utiliza para la resolución de problemas de estrategia, gestión o tecnología.

Esta teoría persigue la obtención de ideas de alto potencial, novedosas e innovadoras, que serían difícilmente accesibles de otra forma. La mayoría de las técnicas creativas existentes, utilizan una alteración del razonamiento habitual por un procedimiento propio de cada técnica. Estas técnicas, basadas en la Intuición, la imaginación y la psicología prescinden voluntariamente de los conocimientos previos de patentes o inventos sobre el elemento en estudio y buscan alternativas de solución en forma aleatoria y por prueba y error, lo cual es ineficiente.

TRIZ está basado en el Conocimiento de miles de patentes mundiales y en la Gestión del Conocimiento en todos las Ciencias. Es decir, el concepto básico de TRIZ es que el problema que usted quiere solucionar ya fue resuelto por alguien en algún otro campo de la Ciencia.

TRIZ sorprende por la rapidez y calidad de los resultados obtenidos y gracias a ellos se han resuelto problemas de extrema dificultad en las industrias, investigaciones y en Ciencias

básicas. Ningún otro método creativo tiene la extensa cantidad de aplicaciones en los Procesos, Productos y Servicios que tiene TRIZ, compruébelo investigando los archivos de diez años a la fecha en el sitio Triz journal de dirección [www.triz-journal.com](http://www.triz-journal.com)

TRIZ es distinta y única en su concepción ya que surge de un enfoque que consiste en utilizar el máximo de conocimientos disponibles sobre un problema concreto y llegar a su solución por la adecuación de patentes con soluciones aplicadas previamente a otros problemas.

TRIZ es la primer técnica que se ha definido como “basada en el conocimiento” y forma parte de la Gestión del Conocimiento, que es junto a la Calidad y mejora continua, la base de los departamentos de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+I) de las empresas.

Altshuller, un ingeniero ruso que desarrolló la teoría a través del análisis de miles de patentes de invención, desde 1946 a su muerte en 1989, se percató que a pesar de que los inventos que analizó resolvían problemas diferentes en campos también muy distintos, las soluciones aplicadas podían derivarse de un conjunto reducido de solo 40 principios de invención.

Altshuller publicó su primer artículo en 1956. Entre 1961 y 1979 escribió los libros básicos, exponiendo el método en forma ordenada e introduciendo el nombre TRIZ en el texto “La creatividad como una ciencia exacta”. Este último libro fue el primero que se tradujo al inglés y se publicó fuera de la Unión Soviética en 1984, aunque no llamó la atención por la traducción deficiente.

Altshuller y el TRIZ lograron reconocimiento internacional en 1990, al publicarse en Estados Unidos y Europa el libro “Y de pronto apareció el inventor”, en el que el método se explica en forma didáctica.

TRIZ había ya sido reconocido en la Unión Soviética como un aporte muy valiosa desde 1970 durante la carrera armamentista. El primer seminario sobre TRIZ se realizó en 1969, la primera escuela se creó en Leningrado (actual San Petersburgo) en 1974 y la asociación rusa de TRIZ se constituyó en 1989.

TRIZ comenzó siendo aplicado en la resolución de problemas tecnológicos y científicos, pero luego del inmenso número de estos problemas solucionados en forma efectiva (más de 5000), hoy es la técnica de inventiva e innovación más utilizada por empresas, Institutos de investigación y Universidades.

Altshuller continuó toda su vida trabajando en el método, realizando nuevas aportaciones y formando un grupo de maestros de TRIZ, principales continuadores del desarrollo hoy en día.

TRIZ se basa en eliminar contradicciones y son justamente las contradicciones las que en todos los órdenes de la vida reducen la eficiencia.

Porque en definitiva una contradicción, sea administrativa, técnica o física, es un problema que afecta al negocio, y por consiguiente a la empresa misma, ya que otra empresa puede ocuparnos parte del Mercado si encuentra, elimina y trabaja sin contradicciones.

La eliminación de contradicciones sin aceptar compromisos o soluciones intermedias es una de las herramientas básicas de TRIZ. Se definen tres tipos de contradicciones:

Administrativas: son problemas o situaciones que requieren una solución en tiempo y forma no aceptándose alternativas desventajosas.

-Se podrá incrementar la productividad de la empresa con mejor entrenamiento (positivo) pero los empleados no trabajaran mientras están entrenándose (negativo).

-Se podrá tener un horario flexible en la empresa (positivo) pero habrá que coordinar reuniones donde todos los integrantes concurren siempre

Técnicas: son las restricciones de problemas ingenieriles o de diseño donde el resultado ideal final es prevenir con la solución encontrada de tener otros inconvenientes del sistema. Por lo general se tiene:

- Un contenedor puede soportar altas presiones (positivo) pero a costa de un mayor peso (negativo)
- Una computadora puede tener una pantalla con más brillo (positivo) pero consumirá más electricidad (negativo)
- Un avión o un automóvil puede tomar más velocidad (positivo) pero producirá más ruido (negativo)

Físicas o inherentes: son problemas o situaciones donde el sistema tiene requisitos opuestos para el mismo parámetro o atributo de diseño, por ejemplo:

- Una olla debe mantener la comida caliente (positivo) pero debe tener su parte exterior fría para prevenir de quemarse las manos
- una bicicleta debe ser grande por comodidad (positivo) pero no tanto que moleste cuando se guarda (negativo)
- el plástico será resistente (positivo) y económicas (positivo) pero también biodegradable (mayor costo negativo)
- las luminarias de la calle serán potentes (positivo) pero no ocasionarán polución lumínica (negativo)

De esta forma eliminando todas las contradicciones se podrá arribar al resultado ideal final. En el caso del contenedor se puede respetar al compromiso de la resistencia a mayor presión y no tener mucho peso si cambiamos de material del contenedor a aluminio o plástico reforzado.

En el caso de la bicicleta será grande pero podrá desarmarse y reducirse a dimensiones menores para su almacenado.

Hay numerosos ejemplos inventivos en la historia y todos derivan de eliminar contradicciones físicas, técnicas o administrativas. Veamos algunos:

-Las carretas, en épocas de los sumerios, 4000 años atrás, usaban ruedas totalmente macizas para transportar mercancías.

Pero los griegos debían hacer la guerra y agilizar la logística y entonces inventaron los rayos en las ruedas para hacerlas más livianas y agregaron bordes metálicos para que sean más durables. Es decir eliminaron las contradicciones de peso y desgaste.

-Los egipcios 5000 años atrás, para construir sus pirámides necesitaron de grandes bloques de roca y para hacerlos fácilmente transportables en largas distancias, inventaron las plataformas de madera con troncos encerados para resbalar sobre la arena, es decir que vieron la contradicción entre hacer mucho trabajo mecánico por el roce de las rocas al piso y lo minimizaron a su manera.

-Cualquier invento de la época industrial fue mejorado en función de eliminar contradicciones y países como Inglaterra, Alemania y Holanda, fueron punta de lanza de innovaciones.

TRIZ está difundido en colegios y universidades fuera de Rusia, entre ellos Estados Unidos, Israel, Inglaterra, Francia y Japón, que se han distinguido por la aceptación y el impulso con aplicaciones en todo tipo.

Muchos de los expertos rusos han fijado su residencia en Estados Unidos y es en este país además de Rusia e Inglaterra, donde se realizan actualmente los mayores avances.

En los varios talleres creativos de escuelas con nivel secundario de Argentina, hemos seleccionado distintos ejercicios didácticos que enseñan en forma simplificada la metodología sistemática TRIZ, que es opuesta a la forma de buscar soluciones por prueba y error, al azar, con métodos imaginativos o intuitivos.

No es que estos métodos nombrados no funcionen sino que no son eficientes y hoy esto resulta inaceptable en la industria.

De las varias charlas y talleres sobre resolución de problemas hemos visto que conviene ejercitar uno o dos temas que sean sobre problemas emergentes de los participantes.

No es sencillo encontrar a una escuela, a maestros o una clase que pueda dedicar una semana entera para una introducción a la solución sistemática de problemas, por lo que hemos visto que lo más útil es tocar temas que pueda cubrirse en un par de horas.

Es importante discutir los temas de interés con los alumnos y profesores y que encaje correctamente con los problemas y objetivos que ellos están tratando de resolver y alcanzar.

Algunos ejemplos en diferentes escuelas del conurbano de Buenos Aires, Argentina:

**1-Con alumnos de colegios de nivel técnico** ejercitaron los siguientes problemas:

Las respuestas indicadas son las mejores obtenidas, aunque hubo varias otras que demostraron ingenio.

-El envase de ketchup o mostaza

Suele ocurrir que los envases de ketchup al irse gastando se dificulta la salida del producto, sea ketchup o mostaza. A veces tarda en bajar el producto y lo hace a borbotones.

¿Qué se puede hacer? Investigue eliminar las contradicciones técnicas o físicas

Respuestas:

a-Invertir el envase hacia abajo.

b-Usar un envase plástico deformable para accionar neumáticamente la salida de producto

c-Hacer el cuerpo y la base redondeada y flexible para prevenir los borbotones como en los tubos de dentífrico

-El oxígeno es incoloro, inodoro y sin olor y se usa en procesos como la soldadura. Entonces las pérdidas de oxígeno son peligrosas por razones obvias, Encuentre una alternativa de solución para dar aviso de una pérdida. Investigue por la herramienta Sustancia-Campo

Respuestas:

a-Incorporar un mercaptano, como se hace en el gas natural domiciliario, para darle olor desagradable y avisar de la pérdida.

b-La característica magnética del Oxígeno, puede demostrarse por medio de superficies imantadas y conectados a alguna alarma sonora. No parece práctico.

-Un vagón de ferrocarril se usa para el transporte de mercaderías. Las mercaderías pueden ser de cualquier tipo. Cuando se estudia la eficiencia se encontró que la cantidad de mercancía es muy baja debido a que no se pueden apilar las mercancías, debido al daño pero se adiciona que mientras se transportan pueden ocurrir aceleraciones grandes por las sacudidas, lo que causa daños adicionales.

¿Qué se podrá hacer? Investigue de eliminar la contradicción técnica

Respuesta:

a-Usar un mediador por ejemplo cinta o flejes de acero cuando se almacena la mercancía.  
b-Incluso la cinta puede amordazar a dos o tres paquetes para maximizar la carga y minimizar el espacio.

-Una pastelería tiene problemas económicos. Cada vez que la gestión a cargo decide desarrollar nuevos productos resulta que aparecen una gran variedad de productos alternativos. El principal problema es que el departamento comercial no decide cual producto alternativo mantener y cual desechar. Una cierta parte de los productos de la pastelería es estacional. Adicionalmente el proceso de cocción esta recargado de tareas.

¿Qué se podrá hacer? Investigue usar una contradicción física.

Respuesta:

a-Aplicar la División en tiempo colocando un número limitado de productos alternativos en la lista de ventas

b-Cambie cada mes los productos alternativos de la lista

-Una lavadora está ubicada en el baño. El piso está algo inclinado por el desagüe del agua que se pueda caer. Cuando se pone en funcionamiento la lavadora se desbalancea.

Entonces la lavadora tiene tendencia a irse hacia el centro del baño.

¿Qué podrá hacerse para prevenir tal movimiento? Investigue como contradicción técnica o por la herramienta Sustancia-Campo

Respuesta:

a-Adicione una sustancia por ejemplo una goma debajo de la lavadora de forma de proveer fricción

-Hace unos años se necesitó vacunar a la población contra la polio. La dosis de vacuna eran cinco gotas. Sin embargo la dosis debía ser dada con un método barato, simple y sin usar otro recipiente. Para dosificar el líquido a tomar en forma oral varias ideas se dieron. ¿Qué tipo de método apropiado usted propondría si la vacuna se entrega en botellas de un litro y en cada vacunatorio se dispone de jeringas apropiadas? Investigue como contradicción técnica o con la herramienta Sustancia -Campo

Respuesta:

Se puede usar un mediador donde en un trozo de azúcar se colocan las gotas de la vacuna con anterioridad a ser aplicada (principio de acción anticipada)

## **2-Con alumnos de nivel medio no técnicos** ejercitaron los siguientes problemas.

-En una clase de contabilidad ejercitando como representar analogías abstractas (en este caso la tarea fue:

Representen con dibujos o cuentos lo siguiente "los bancos son un salvavidas social", o "Los bancos son una amenaza social"

Primero vimos cómo usar la herramienta de "las Nueve Pantallas", y llenamos entre todos la pizarra para crear el contexto de pasado-presente-futuro y de súper y de sub sistema. Luego cada alumno escogería las relaciones que les interesan y nadie tendría el mismo dibujo o cuento. Junto con los profesores vimos resultados apasionantes.

-En otra clase de matemáticas, los alumnos definieron de antemano un problema que les afectaba en ese momento: la burocracia de una cierta transacción bancaria para pagar las cuotas mensuales de la escolaridad.

Les guie desde una descripción general con la “relación causa-efecto” para identificar la causa raíz del problema. Les decía "Cada nivel son nuevos síntomas, pero cuales son las causas?"

Usando porqué-porqué varias veces se puede llegar cerca de la causa raíz y es interesante construir un esquema de la función principal útil.

Luego vimos juntos el problema de las pinchaduras de neumáticos en los caminos y se les preguntaba de cuantas formas se pueden evitar los pinchazos en las rutas.

-En otro caso en el proyecto de Ciencias sociales se debía imaginar y proponer cómo hacer mejoras a los sistemas de grabación de robos en las calles de una pequeña ciudad. Usamos la evolución de sistemas para saber cuáles sistemas estaban más avanzados y donde se podrían enfocar los esfuerzos de mejoría.

Alguien consultó sobre la evolución de los celulares y entonces investigamos sobre “la evolución de los teléfonos celulares”. Juntos pudimos construir esta tabla evolutiva:

Fase de evolución	Descripción	Ejemplo del teléfono móvil
I	Objeto sólido	Teléfono móvil tradicional
II	Objeto tipo matrioska	Móvil con una parte retráctil que contiene al micrófono
III	En partes c/ link flexible	Móvil en dos partes
IV	Muchos segmentos con links flexibles	Móvil en varias partes
V	Objeto totalmente flexible	Un film flexible de LCD que se enrolla y se aloja en un contenedor plástico

-En el taller de Ciencias se enumeró y explicaron “los 40 principios de Altshuller” y luego se solicitó dar ideas nuevas en tijeras usándolos.

-Tijeras que se separan en dos cuchillos de cocina

-Tijeras con un mango rugoso para limarse los dedos

-Tijeras con un contador milimétrico digital seteable desde la piel al filo de la uña.

-Tijeras con un fulcro móvil que permite hacer menos fuerza con piezas a cortar gruesas

-Tijeras con un compás que trace un arco deseado

-Tijeras de material transparente que no dificulten la visión cuando uno está cortando

-Tijeras con bordes que repelen a la goma de los tejidos

- Tijeras con bordes cambiables para distintos trazos
- Tijeras con un dispositivo que selle el tejido con grapas

Luego se propusieron estos problemas a resolver con los principios inventivos:

a. Como mediría el peso de un automóvil si su balanza no pesa mas de 600 Kg  
 Por ejemplo desarmando el auto en partes (puertas, asientos, ruedas, etc.) y pesando cada una individualmente (principio de segmentación)

b. Como tomaría la lectura del gasto eléctrico en un hogar sin entrar físicamente al sitio  
 Por ejemplo con lectores ópticos instalados en el exterior de las casas (principio de extracción)

c. Como presentaría simultáneamente la duración y la secuencia de las actividades de un proyecto.  
 Una forma es mediante un diagrama de barras donde se combine tiempo y actividades (principio de combinación)

d. Como diseñaría una cámara que, estando fija en un soporte triple pie, pudiera tomar fotos en ángulos entre 0 y 90°  
 Por ejemplo permitiendo girar la cabeza del soporte (principio de Calidad local)

e. Como lograría que todos los empleados de tu empresa llegarán a tiempo a sus trabajos  
 Hay múltiples modos, por ejemplo:

- Colocando casas cerca o dentro del lugar del trabajo (principio de combinación)
- Por División del horario de cada empleado en turnos y una banda fija horaria para todos
- Por Unificación dando premios de asistencia
- Por Remoción de parte del salario por llegadas tarde

-En otra clase de Matemáticas estudiamos las soluciones alternativas a problemas dentro del “sistema, del súper sistema y del sub sistema”.

Alguien consultó sobre los problemas de los proyectores de filminas.

Entonces cuando usamos un proyector debe disponer de la habitación en casi plena oscuridad pero si queremos tomar notas escritas de la presentación, entonces necesitamos algo de luz. ¿Qué hacer?

A nivel de sistema (rediseñar el sistema mismo):

- Reemplazar el proyector por una pantalla LCD que no necesita luz difusa de la habitación

A nivel de subsistema (rediseñar el subsistema del proyector):

- hacer la lámpara mucho más brillante
- instalar una óptica de lentes más poderosa

A nivel de súper sistema (cambiar el súper sistema externo cercano):

- oscurecer la sala e instalar spot en los puntos que toman notas
- usar toma notas iluminados
- usar varios proyectores y dar luz en la habitación

Otro participante pidió estudiar el tráfico seguro en el cruce de rutas. Cuando circulamos por un cruce de rutas, debemos pasar rápido para agilizar el tráfico pero también debemos circular despacio para evitar choques. ¿Qué hacer?

A nivel de sistema:

- tener autos voladores o de asiento eyectable cuando ya se produce la colisión misma

A nivel de mejorar el subsistema:

- los air bags
- mejores frenos
- detectores de distancia ultrasónico

A nivel de súper sistema (cambiar el sistema externo cercano):

- señales de tráfico
  - reductores de velocidad
  - cruce a distintas alturas
  - luces automáticas con retro alimentación a cada auto
- Se ha comprobado que las dos últimas soluciones son ideales pero difíciles de implementar en ciudades de alta densidad edilicia. Con esto se trata de llegar a la Idealidad del sistema.

-En otra clase de matemáticas se comentó el problema de la biblioteca de la ciudad que debía ser trasladada y no había dinero para eso. Para mover los 5000 libros a la nueva locación se necesitaba de mucho dinero, pero más de un 15% de ellos se destruirían por su mal estado sí se contrataba una mudanza económica.

Uno de los Principios de TRIZ es transferir la función necesaria al Super sistema, es decir a todo lo que interactúa con el sistema pero no es parte de él. Cuál es el súper sistema de la Biblioteca, veamos: proveedores de libros, transporte, edificio, empleados, lectores, etc.

Podemos contratar un transporte pero es caro, y entonces qué hacer?

Podemos usar a los empleados y a los propios lectores, dando a cada uno de los 500 lectores habituales, y dejando que los retornen en su nueva locación. Resultó un éxito.

-En otra clase de Física estudiamos "la idealidad" y el problema del gas natural que suele detectarse por el mercaptano que se le agrega al gas natural a propósito.

Les comenté que recientemente un fabricante de refrigeradores deseaba comprobar en forma rápida y eficiente, las posibles pérdidas del gas refrigerante de los nuevos equipos, previo a su despacho de los negocios.

La solución consistió en adicionar pequeñas cantidades de un producto gas luminiscente al gas refrigerante de las heladeras, de forma que al probar los equipos en la oscuridad, fácilmente se comprobaba donde había pérdidas.

Uno no se enfoca en una sola herramienta de análisis que pueda explicar en quince minutos y el resto del tiempo es para hacer el ejercicio emergente con los estudiantes.

Suelen dar buenos resultados en estudiantes curiosos y ellos reconocen y recuerdan que existen métodos sistemáticos para resolver problemas.

Muchas veces me busca uno en los recreos para preguntar ¿Cómo era eso que nos presentaste? ¿Sabes de algún libro sobre el tema?

### **Bibliografía**

-**Creatividad e innovación tecnológica mediante TRIZ** de Rafael Oropeza Monterrubio, donde se enumeran los principios y estándares del método para escuela secundaria. Es de fácil lectura y con muchos ejemplos aplicables.

-**Y de pronto surgió el inventor** de G Altshuller. Es un libro explicativo para escuela primaria del método.

### **Currículo vitae**

Oscar Isoba, casado, tres hijos, es un ingeniero químico argentino que se dedica a promover la creatividad en la educación y la Comunidad Latinoamericana.

Jefe de proyectos de ingeniería y Obras industriales en Argentina y Canadá.

Perfil en la página TRIZ worldwide en <http://www.inventive-design.net/content/view/166/283/>

Profesor del curso Generación y Desarrollo de Ideas creativas de la Universidad Virtual Interamericana en <http://universidadvirtualinternacional.blogspot.com/>

Realizó entrenamiento en el Creative Problem Solving Institute de Chicago en 1995 y el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey en 1999. Actualmente terminando un master en TRIZ.

Es columnista de diarios en Argentina y en los sitios Internet de Monografías, Neuronilla y Gestipolis.

E mail de contacto [oisoba@gmail.com](mailto:oisoba@gmail.com)