

TRIZ: TEORÍA DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS INVENTIVOS

M. Sorli, Dr. Ingeniero Industrial. LABEIN
 C. Peña, Ingeniero Industrial. LABEIN
 M. Gastón, Ingeniero Industrial. Quinton-Hazell/Lipmesa

Introducción

TRIZ es el acrónimo en ruso de "Teoría de Resolución de Problemas Inventivos". La metodología TRIZ nació en Rusia en los años 40 al final de la 2ª Guerra Mundial de la mano de Genrich S. Altshuller, a quién puede considerarse como el padre del TRIZ.

En los años 90, Boris Zlotin y Alla Zusman (dos de los discípulos iniciales y aventajados de Altshuller) y su equipo de investigadores se asocian a Zion Bar-El y otros socios capitalistas creando en EEUU la em-

presa Ideation International Inc. Actualmente Ideation tiene en plantilla a un gran porcentaje (85%) de los principales investigadores y expertos en TRIZ del mundo y de su trabajo se ha originado la moderna teoría de TRIZ, a la que han registrado como I-TRIZ (Ideation TRIZ).

LABEIN entra en contacto con Ideation en 1997 y empieza a lanzar una serie de actividades de formación y asesoría. En 1998 se llega a un acuerdo con Ideation para trabajar conjuntamente en la promoción y desarrollo de I-TRIZ en España y Portugal.

Los fundamentos

TRIZ, utilizando la palabra genérica, es una metodología que ayuda a sistematizar la Innovación de productos y procesos, abordando los problemas tecnológicos con un planteamiento radicalmente distinto al tradicional. De una manera muy genérica, se puede decir que *TRIZ ayuda a inventar*.

A continuación vamos a enunciar sus premisas básicas:

- Todos los sistemas tienden hacia la idealidad. El mejor sistema es aquél que consigue sus objetivos con lo mínimo, incluso sin llegar a existir. Es primordial utilizar los recursos del sistema ya existentes.

- Los verdaderos problemas son aquéllos que encierran una contradicción. TRIZ dispone de una tabla de contradicciones y de los 40 principios inventivos que ayudan a resolver éstas, además de los principios de separación.

- Los Sistemas tecnológicos siguen unas determinadas pautas o leyes de Evolución. El enfoque sistema, supersistema y subsistemas incluidos, ha de contemplarse en la aproximación a los problemas.

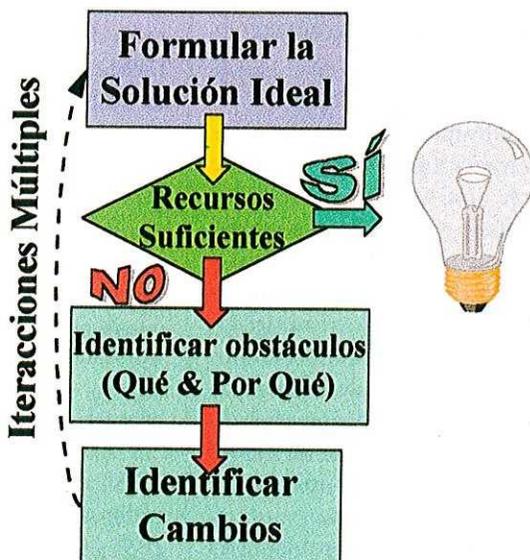
Tres son las aplicaciones directas que la metodología TRIZ ofrece a las empresas:

1. IPS - Resolución Innovadora de Problemas: Soporta básicamente el proceso mental que sigue intuitivamente un creador o inventor:

- Analizar, desmenuzar y buscar el auténtico problema. Generalmente lo que se nos presenta no es más que el "reflejo" o causa del problema (efecto).

- Abstracter y generalizar el problema. Elevarlo en el nivel de abstracción desde el caso concreto en el que

Algoritmo de Resolución de Problemas Inventivos (ARIZ)



nos encontramos hacia niveles más genéricos.

- Buscar pautas generales que nos propongan "Conceptos de análisis"

- Analizar la aplicabilidad de esos Conceptos a nuestro caso específico.

2. **AFD - Prevención Anticipada de Fallos.** ¿Qué podemos hacer para que falle el sistema? Siguiendo este proceso, tomamos los aspectos indeseados o ineficaces del sistema y los exageramos hasta el fallo más extremo. Esta situación catastrófica se convierte en el comportamiento deseado. A su vez, AFD tiene dos vertientes:

- **FP: Predicción o "Invencción" del Fallo.** Actuando a priori, antes de que se produzca el fallo. Con un esquema más potente que el AMFE tradicional, lo que propone es inventar el fallo y descubrir todas las posibles alternativas de fallo que se puedan presentar.

- **FA: Análisis del Fallo.** Análisis del fallo una vez que se produce e investigación de las causas posibles que lo provocan.

3. **DE - Evolución Dirigida (Patrones de Evolución).** Los sistemas tecnológicos no evolucionan de forma aleatoria, sino de acuerdo a unos patrones, probados históricamente, que pueden revelarse y utilizarse para mejorar el sistema de forma directa, sin perder el tiempo con intentos a ciegas. **Evolución Dirigida (DE)** es una aplicación de I-TRIZ que consiste en un proceso sistemático para predecir (inventar) la evolución de un sistema.

Caso de aplicación práctica

Una de las primeras aplicaciones prácticas y exitosas realizadas por LA-BEIN en España se hizo sobre un amortiguador de automóvil en colaboración con el fabricante: **Quinton-Hazell/Lipmesa.**

Como es sabido, el sistema de suspensión de un vehículo tiene como fin proporcionar al sistema en su conjunto (vehículo = supersistema) la

flexibilidad necesaria que permita, por un lado, absorber los efectos causados por las irregularidades de la superficie y proporcionar, por otro lado, la suficiente estabilidad para hacer frente a las aceleraciones en la superficie rodante:

curvas, frenos, ... En resumen: comodidad y seguridad para el usuario.

Así podemos decir que el sistema de suspensión aspira a un doble objetivo:

- Proporcionar confort a los pasajeros, esto es, minimizar las aceleraciones del cuerpo del coche (o masa suspendida).

- Garantizar la máxima seguridad al movimiento del vehículo, previniendo que las fuerzas normales en los neumáticos disminuyan por debajo de los límites aceptables como proporcionando estabilidad al circular por rutas muy tortuosas.

Según el enfoque TRIZ, esto es una clara **contradicción** que puede formularse de esta forma:

Los amortiguadores deben proporcionar baja amortiguación para contribuir al confort de los pasajeros pero por otro lado deben proporcionar alto grado de amortiguación de cara a favorecer la seguridad.

Es decir, queremos que un *parámetro técnico* (amortiguación) se comporte a la vez con dos estados opuestos (alto y bajo), lo cual obviamente es imposible.

Además, había una clara limitación desde el punto de vista del fabricante: no son admisibles cambios radicales en el diseño de los amortiguadores. La idea es mantener el diseño similar al actual (por lo menos externamente) y usar el mismo esquema de funcionamiento.

La definición del problema es pues desarrollar un nuevo diseño in-



troduciendo innovaciones pero que requiera cambios secundarios sólo en el diseño interno. Esto es ya de por sí un buen reto.

El diseño de amortiguador existente, de doble-tubo de tipo pasivo, presenta una serie de desventajas o inconvenientes, que se pretenden eliminar o minimizar en el nuevo diseño, a través de la utilización de TRIZ. Estos problemas se deben básicamente a que la relación de amortiguación se mantiene constante para todas las frecuencias cuando lo deseable es que aumente para el rango de frecuencias críticas que son las de resonancia de la masa "suspendida" y de la "no suspendida". Otro problema importante es el ruido que se produce en algunos casos (cavitación del aceite) y que sería interesante reducir.

Aplicación de TRIZ al caso expuesto

En este caso se aplica la **Resolución Innovadora de Problemas (IPS)**. Para ello, seguimos los pasos de la Metodología Ideation-TRIZ, que son los siguientes:

1. Rellenar el Cuestionario de la Situación de Innovación (ISQ).
2. Formular el problema analizando las funciones útiles y no útiles (inútiles o dañinas).
3. Utilizar los operadores de innovación.
4. Analizar las soluciones conceptuales que se proponen.

Estos pasos, que un experto TRIZ sigue mentalmente, se facilitan utilizando la herramienta informática IBW (*Innovation Work Bench*®) de la que se han extraído los gráficos y co-

mentarios que se presentan a continuación.

1er Paso: Cuestionario de Innovación (ISQ)

Empezamos a seguir el proceso formal cuyo primer paso es rellenar el ISQ para enfocar el problema. El "Innovative Situation Questionnaire" tiene el objetivo principal de ayudar al técnico a cambiar su forma de ver las cosas, como dicen los americanos: a salir de la caja (*out-of-the-box*). Un amplio cuestionario obliga al técnico a analizar el problema en profundidad, planteando preguntas como las siguientes:

a) Información acerca del sistema que deseamos mejorar y su entorno

Este apartado propone una reflexión sobre el problema, en primer lugar para centrarlo, identificar el auténtico problema (puede no ser el que parece) y, sobre todo, intentar aportar otros enfoques diferentes a los tradicionales (*out-of-the-box*).

b) Recursos disponibles

Uno de los puntos fuertes de TRIZ: aprovechar los recursos existentes, muchas veces ocultos o no tenidos en cuenta. "Mejorar el sistema sin añadir complejidad y reduciendo el costo". Se analizan varios tipos de recursos: Sustancias, campo, funcionales, información, tiempo y espacio.

Por ejemplo, en el amortiguador:

- Tenemos espacios llenos de aceite, aire o gas; ¿Podemos aprovechar estos espacios?

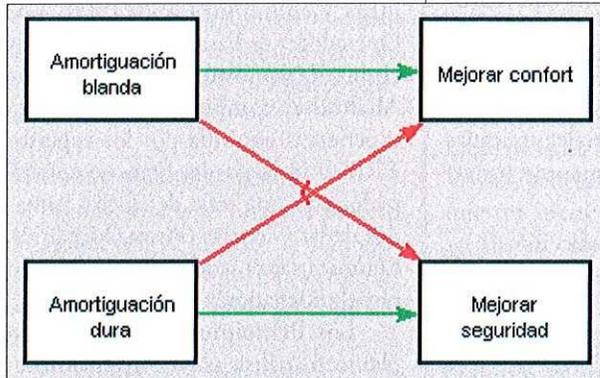
- Hay unos tiempos de subida y bajada del pistón, que varían según la frecuencia ¿Nos sirven de algo? ¿Podemos usarlos?

c) Información sobre la situación del problema

Análisis de la historia y génesis del problema. Sobre todo son fundamentales las preguntas: ¿Por qué consideramos que esto es un problema? ¿Cuál es realmente el problema? y ¿Podemos trasladar el problema a otra dimensión?

En nuestro caso:

- El problema es principalmente comercial, la existencia de otros modelos con respuesta variable puede limitar el mercado de la empresa.
- El problema se puede trasladar al Super-Sistema (vehículo) pero se sale del ámbito del fabricante del



Contradicción

amortiguador pasando al del coche, e incluso al Estado (red de carreteras).

2º Paso: Formulación del problema

La formulación del problema se apoya sobre una herramienta gráfica, siguiendo un esquema que recuerda el análisis funcional. Se pueden distinguir diferentes niveles en la formulación del problema. Por ejemplo, el siguiente gráfico muestra solamente la contradicción que antes hemos mencionado:

En el gráfico, las flechas horizontales (en verde) indican la consecución de funciones útiles mientras que las cruzadas (rojas) indican efectos indeseados: "Amortiguación blanda" proporciona "Mejorar confort" pero (efecto indeseado) limita o reduce "Mejorar seguridad".

TRIZ establece que la mayor parte de los problemas de diseño están relacionados con contradicciones. El diseño innovador elimina la Contradicción en lugar de buscar un compromiso entre los parámetros enfrentados, como hacemos tradicionalmente.

TRIZ presenta dos grupos de herramientas para manejar las **Contradicciones**: Los principios de separación (para contradicciones físicas) y la tabla de contradicciones (para contradicciones técnicas). Hablamos de contradicciones físicas cuando tenemos un parámetro que a la vez, queremos que se comporte de forma contrapuesta (por ej.: la amortiguación tiene que ser blanda y dura). Por el otro lado, la contradicción técnica se da cuando tenemos dos parámetros técnicos enfrentados: la mejora de uno va a perjudicar el comportamiento del otro.

Siempre hay una relación entre la contradicción física y la técnica pero, según los casos, es más fácil identificar una u otra. En este caso la contradicción física está clara (amortiguación blanda y dura), mientras que la técnica es más compleja debido al gran número de parámetros que intervienen en el proceso.

En cada caso, el experto en TRIZ analiza una de las vías o ambas aplicando los Principios de separación o la Tabla de contradicciones. Muy brevemente podemos decir que los Principios de separación plantean la siguiente pregunta: Ese comportamiento opuesto deseado, ¿se tiene que dar en el mismo instante?, ¿en el mismo sitio?, ¿bajo las mismas condiciones?... Este análisis busca la posibilidad de "separar el efecto contrapuesto". Por su parte, la Tabla de contradicciones es una matriz desarrollada por Altshuller, en la que se cruzan los parámetros enfrentados (i.e.: peso vs. velocidad) y la celda de cruce nos indica cuáles de los 40 Principios de Innovación son los más recomendables para analizar en el caso bajo estudio (Ver 3er paso).

El principio de la separación bajo

condiciones diferentes es el principio de trabajo que se usa en los sistemas de suspensión, llamado: suspensión "variable" o suspensión "activa".

Bajo este enfoque, nos planteamos el objetivo de separar la contradicción bajo condiciones de frecuencia diferentes. Esto nos lleva a una formulación del problema con mayor nivel de detalle:

A partir de la formulación del problema, TRIZ propone analizar una serie de líneas generales aplicadas a cada uno de los elementos (cajas) del gráfico. Por ejemplo:

- Resolver la contradicción.
- Mejorar e incrementar un efecto positivo.
- Tratar de conseguir beneficios de un efecto no dañino o no deseado.
- Buscar un resultado positivo sin necesidad de una acción que cause un efecto dañino o indeseado.
- Encontrar vías alternativas de conseguir el efecto de una acción.

3er paso: Utilizar los operadores de Innovación

El análisis mediante los *Operadores de innovación* de las líneas propuestas, ayuda al equipo investigador a generar un número exhaustivo de conceptos de solución. Con la ayuda del *software* IWB y los "Operadores" se pueden visualizar y evaluar muchas ideas y soluciones aplicables. Los Operadores se basan en los 40 Principios de Innovación originales de Altshuller, complementados con la experiencia adquirida por los expertos TRIZ a lo largo del tiempo, combinados con una serie de efectos tomados de las Ciencias (Física, Mecánica, Química, etc.), todo ello gestionado por el ordenador.

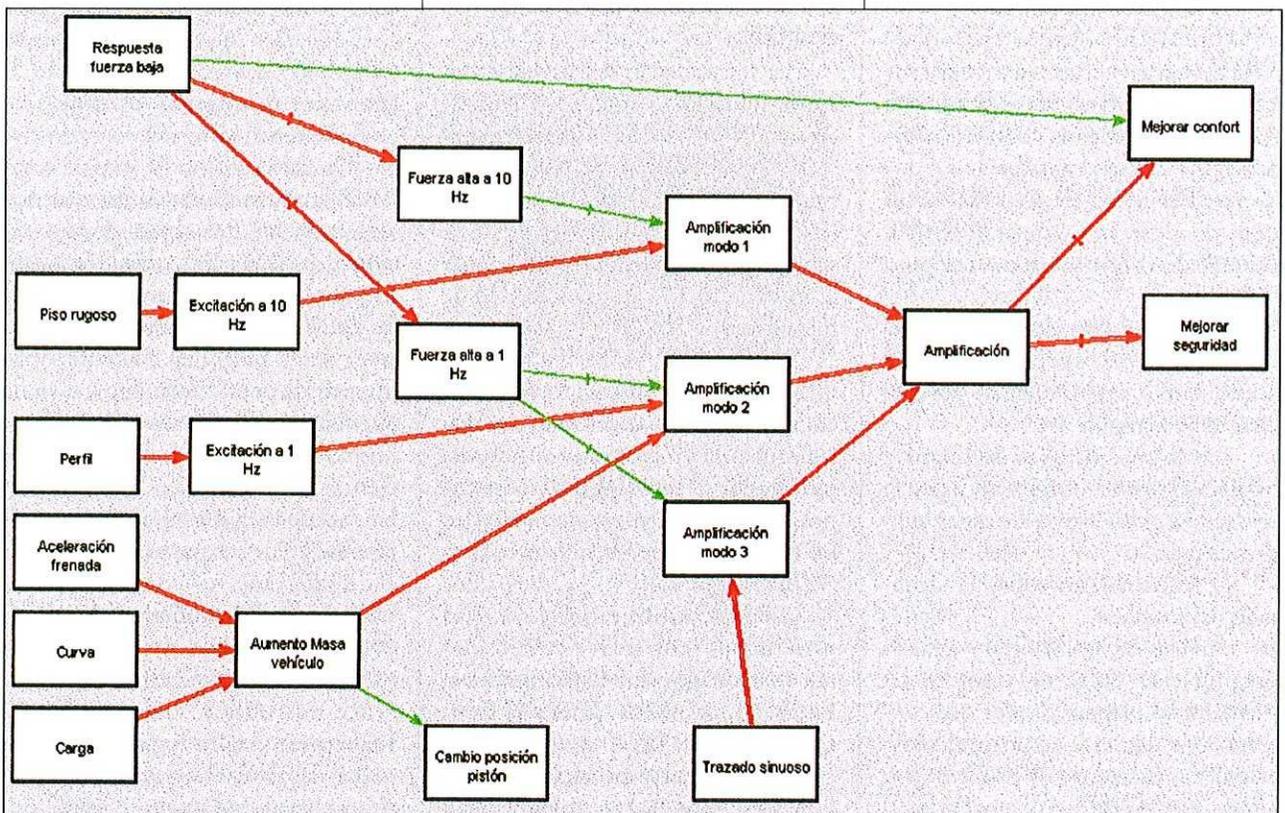
Los Principios de Innovación plantean análisis poco convencionales que el técnico debe *comprender, desmenuzar y adaptar* al problema hasta decidir si dicho principio puede ser válido o no para el caso. Por ejemplo: El principio #1 habla de la *Segmentación* y nos recomienda: a) Dividir

un objeto en partes independientes; b) Hacerlo modular; c) Incrementar el grado de segmentación de un objeto. El #13 nos dice *Hacerlo al Revés* y sugiere: a) En lugar de la acción directa que nos interesa, intentar la opuesta; b) Poner el elemento boca arriba; c) Hacer móvil la parte estática y viceversa.

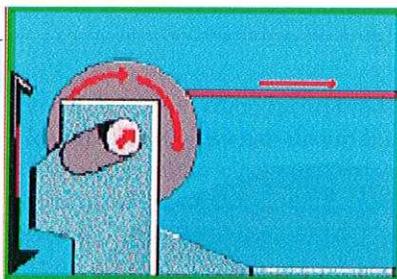
El *software* se basa en los operadores y va ofreciendo ejemplos de aplicación de determinadas soluciones en diferentes campos técnicos o de la vida en general. Los técnicos deben analizar la aplicabilidad de esas ideas al caso particular y desarrollar una lista de *posibles conceptos de solución*.

4º Paso. Analizar las soluciones conceptuales

Por ejemplo, en nuestro caso la red de operadores sugiere utilizar los Principios de separación para resolver las contradicciones. El ejemplo que se muestra en la ilustración siguiente (de los casos de ejemplo ofre-



Formulación en frecuencias



cido por el IWB) propone separar una función según condición.

Separación bajo condición

En el ejemplo se muestra cómo un sencillo mecanismo permite separar una contradicción (en este caso el *frenado / no frenado* del tambor) según las condiciones del sistema (Principio de separación *bajo una condición*). En el sistema de alimentación de una máquina de soldadura el tambor debe girar libre mientras la soldadora tira del alambre, pero cuando la máquina no está soldando hay que frenar el tambor para evitar roturas o enganchones del alambre. El frenado se consigue de una forma muy barata y sencilla mediante un agujero rasgado para alojar el eje de forma que, cuando el sistema se libera, el tambor

Separación bajo condición

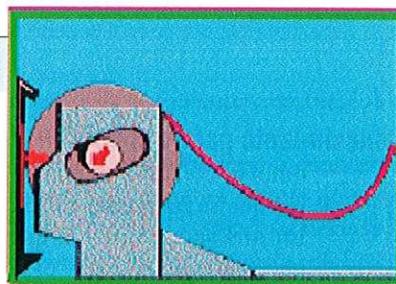
cae ligeramente hasta rozar con un elemento friccionante que consigue frenarlo rápidamente.

En nuestro caso, tenemos que separar la contradicción antes enunciada entre baja y alta amortiguación y esta idea nos ofrece algunas interesantes posibilidades de trabajo. A partir de aquí, se necesita un trabajo sistemático de comprensión y análisis de los ejemplos propuestos para su adaptación a nuestro problema específico.

Resumen y Conclusiones

Como resultado final del proceso de aplicación de TRIZ, se seleccionan y analizan las soluciones conceptuales que han aparecido en el proceso (paso 4º).

Lipmesa está desarrollando actualmente su nuevo modelo, resultado de la combinación de este y otros conceptos preliminares junto con otras ideas sueltas extraídas también del proceso TRIZ (IPS). Probable-



mente surgirán *problemas secundarios* durante su desarrollo e implantación, que también serán analizados usando la metodología TRIZ. Los llamados *problemas secundarios* constituyen también una aportación muy interesante de la metodología.

En general, podemos afirmar que nuestro socio industrial ha quedado satisfecho con el proceso que ha seguido el proyecto y con sus resultados finales.

Corroborando esto, existen compromisos de participar próximamente en otro proyecto con objeto de mejorar el desarrollo de otra clase de amortiguadores utilizados en los portones del maletero de los coches, bajo condiciones extremas de temperatura. ■