

El análisis campo-sustancia

The Substance-Field Analysis

Acosta-Flores J.J.
División de Ingeniería Mecánica e Industrial.
Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México.
E-mail: jjaf@servidor.unam.mx

(Recibido: mayo de 2008, reevaluado: agosto de 2009; aceptado: octubre de 2009)

Resumen

En el cambio social y en la transformación de las organizaciones puede ser muy útil hacer uso de la teoría para resolver problemas inventivos, TRIZ. En este artículo se presenta TRIZ, a través de una de sus herramientas: el análisis campo-sustancia. Este análisis es una herramienta analítica para modelar problemas que se observan en sistemas. Cada sistema se crea para realizar alguna función. La función deseada es la salida de una sustancia u objeto, causada por otros similares con la ayuda de algunos medios. En términos generales, las sustancias son objetos de cualquier nivel de complejidad. Pueden ser sistemas complejos o artículos simples. La acción o medios para lograr la acción se conoce como un campo. El análisis campo-sustancia provee un modelo simple y rápido que se emplea al considerar diferentes ideas.

Descriptores: TRIZ, sistemas, modelos, campo-sustancia.

Abstract

In organizational transformation and social change can be very useful to use the theory to solve inventives problems. In this paper TRIZ is presented with more detail, specifically through one of his tools: the substance-field analysis. Substance-Field Analysis is a TRIZ analytical tool for modeling problems related to existing systems. Every system is created to perform some functions. The desired function is the output from an object or substance, caused by another object with the help of some means. The general term, substances are objects of any level of complexity. They can be single items or complex systems. The action or means of accomplishing the action is called a field. Substance-Field Analysis provides a fast, simple model to use for considering different ideas.

Keywords: TRIZ, systems, models, substance-field.

Introducción

El reconocimiento de tipos genéricos de problemas en la innovación fue la clave para desarrollar la Teoría para Resolver Problemas Inventivos, cuyo acrónimo en ruso es TRIZ. Emplea el enfoque sistémico basado en el conocimiento para conseguir la innovación. Fue desarrollado bajo las ideas de Genrich S. Altshuller y su

escuela en la entonces Unión Soviética. Sus métodos surgieron del análisis de las invenciones más innovadoras (Altshuller, 2000, 2002, 2004).

Asimismo, Nakagawa (2001) establece la esencia de TRIZ en 50 palabras: “reconocer que los sistemas técnicos evolucionan hacia su ideal, resolviendo contradicciones con el uso mínimo de recursos. Por consiguiente, para resolver problemas creativos, TRIZ proporciona

una forma dialéctica de pensamiento, es decir, entender el problema como un sistema, hacer primero una imagen de la solución ideal para solucionar las contradicciones.”

Por su parte, Mann (2002) pregunta: ¿Es TRIZ un conjunto de herramientas? ¿Un método? ¿Una forma de pensamiento? ¿Una filosofía? A lo cual responde: es todo lo anterior.

En su nivel superior, TRIZ puede verse como el estudio sistemático de la excelencia. Este estudio se enfocó inicialmente sobre patentes y después evolucionó para mirar la excelencia en las ciencias y posteriormente en el arte, los negocios, las ciencias sociales y la política.

De este estudio han surgido cinco elementos filosóficos clave. Ellos son:

- Idealidad. El concepto que los sistemas evolucionan aumentando lo bueno y disminuyendo lo malo.
- Recursos. En este concepto se maximiza la efectividad de las cosas dentro y alrededor de un sistema, aún las cosas malas.
- Espacio/tiempo. La importancia de ver los sistemas en términos de su contexto de espacio y tiempo.
- Funcionalidad. La imperiosa importancia de la función cuando se piensa sobre los sistemas.
- Contradicciones. El concepto de eliminar las contradicciones (conflictos) como el conductor principal de la evolución.

Algunos de estos elementos son únicos de TRIZ; otros tienen precedentes paralelos con estudios similares.

Se tiene una serie amplia de herramientas y técnicas. Estas son: 40 principios inventivos, el resultado final ideal, la matriz de contradicciones, los patrones de evolución, el análisis campo-sustancia, el análisis funcional, los efectos físicos, 76 soluciones estándar y cuatro principios de separación.

Entre la filosofía y esta colección de herramientas está lo que puede describirse como método. A este método se le denominó ARIZ (Algoritmo para resolver un problema inventivo), del cual existen varias versiones.

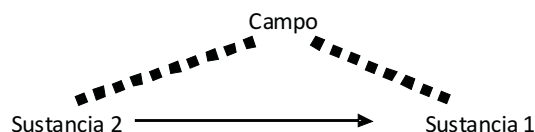
Enseguida se escribirá sobre una de las herramientas de TRIZ: el análisis campo-sustancia (Terninko, 2000) y (Terninko *et al.*, 1998).

El modelo campo-sustancia

En este modelo cada sistema se crea para que ejecute algunas funciones. La función deseada es la salida de un objeto o sustancia (S1), causada por otro objeto (S2) con la ayuda de ciertos medios (algún tipo de energía, F).

¿Cuándo emplear un análisis campo-sustancia?

Para definir un sistema técnico son necesarios y suficientes dos sustancias y un campo.



Existen cuatro modelos básicos:

- Un sistema incompleto (requiere completarlo o un sistema nuevo).
- Un sistema completo pero inefectivo (demanda mejoras para crear el efecto deseado).
- Un sistema completo dañino (es necesario eliminar el efecto negativo).
- Un sistema completo efectivo.

Si falta cualquiera de los tres elementos, el análisis campo sustancia indica dónde debe completarse el modelo y ofrecer direcciones para el pensamiento innovador. Si se tienen los tres elementos requeridos, el análisis puede sugerir maneras de modificar el sistema para que funcione óptimamente.

¿Cómo hacer el modelo sustancia-campo?

El campo, que en sí es una forma de energía, provee una fuerza o reacción para garantizar un efecto. El efecto podría ser sobre S1.

El término campo se utiliza en su sentido más amplio, incluyendo los campos de la física (electromagnetismo, gravedad, interacciones nucleares fuertes y débiles). Otros campos podrían ser químicos, mecánicos, acústicos, de luz, de temperatura, etc.

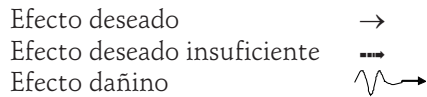
Las dos sustancias pueden ser sistemas completos, subsistemas u objetos. Pueden también clasificarse como herramientas o artículos.

El problema de innovación se modela como un triángulo que ilustra las relaciones entre las dos sustancias y el campo. Los sistemas complejos pueden modelarse conectando varios triángulos sustancia-campo.

Para hacer el modelo sustancia campo, se siguen los dos pasos siguientes:

1. Identificar los elementos. El campo está actuando sobre ambas sustancias o está integrado como sistema con la sustancia 2.
2. Construir el modelo.

Las relaciones entre los elementos del modelo sustancia-campo se dibujan con las líneas siguientes:



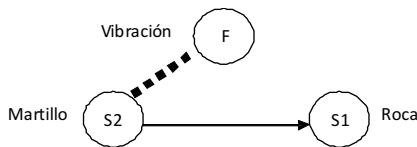
Ejemplo 1

Rompiendo una roca (Terninko *et al.*, 1998)

1. Identificar los elementos. Lo que se desea es romper una roca.
Función = Romper la roca. S1 = Roca. S2 = Herramienta. F = Fuente de energía.
2. Construir el modelo

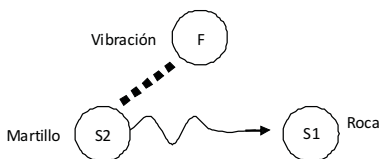
Un sistema incompleto. La roca es S1. Si sólo existe la roca, no se romperá, lo cual quiere decir que el modelo está incompleto. Igualmente el modelo también estará incompleto si se tienen únicamente la roca (S1) y un martillo (S2). De la misma manera, el modelo será incompleto si los únicos elementos del sistema son algún campo (F, gravedad) y la roca (S1).

En estos modelos incompletos, no sucede el efecto deseado. Si se completa el sistema se tendrá la función útil. Un sistema completo es un martillo neumático que proporciona la fuerza mecánica con el martillo sobre la roca, como se muestra en la figura siguiente.

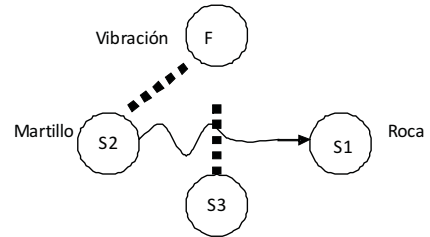


Si el sistema produce el efecto deseado, el análisis está completo. Existen dos formas en las que el sistema podría fallar en dar el efecto deseado: sucede un efecto dañino o los resultados son inadecuados.

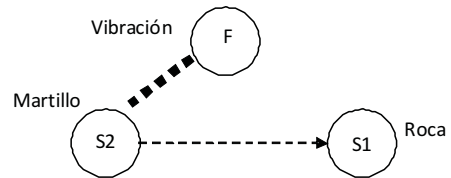
Sistema completo dañino. Suponga que el efecto dañino en este ejemplo son las piezas que vuelan.



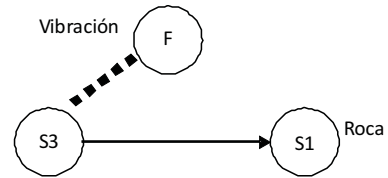
Entonces podría agregarse una sustancia (S3) que podría ser una cápsula de metal o una malla de alambre para eliminar el efecto dañino.



Sistema completo inefectivo. El romper la roca puede no ser tan eficiente o efectivo como se desea.



Al agregar o cambiar los elementos del modelo, se logra mejorar el funcionamiento de diversas maneras. Por ejemplo, cambiando la sustancia S2.



Una posibilidad de cambiar la sustancia (S2) consiste en reemplazar la cabeza original del martillo por una cabeza de martillo para romper rocas (S3).

Ejemplo 2

El campo universal. (Altshuller, 2004). En una fábrica que elabora maquinaria agrícola, es necesario contar con un terreno cercado para probar la movilidad del equipo.

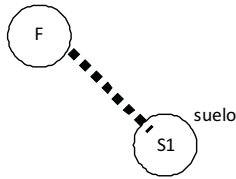
En cierta ocasión la fábrica obtuvo pedidos para fabricar maquinaria para muchos países distintos. Sin embargo, al comprobar que estos países presentan diferentes tipos de suelo, la fábrica encontró que para probar todas estas máquinas necesitaba diversas composiciones de suelo.

Se realizó una reunión, donde el presidente de la fábrica dijo a su ingeniero "Se necesitan 140 clases disímiles de tierra. ¿Cómo obtendremos tanto terreno?"

El contador general agregó “Costaría mucho dinero. Eso sería irreal. ¡La situación no tiene solución!”

De repente apareció el inventor, quien dijo: “No existen situaciones sin solución, se puede construir un campo universal que reemplace a los 140.” La solución consistía en que:

“Primero, se establecerán las condiciones actuales. ¿qué se tiene? El suelo es una sustancia que se designará con el símbolo S1. Es necesario aprender a controlar los parámetros de S1 empleando alguna fuerza o “campo”. Se nombrará este campo con la letra F.



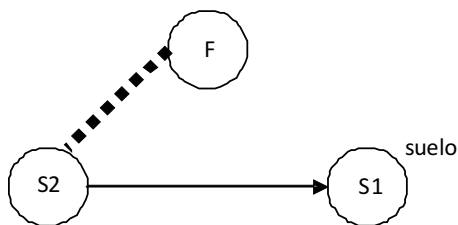
Existen seis campos básicos:

1. Gravitatorio,
2. Electromagnético,
3. Campo nuclear de interacción débil,
4. Campo nuclear de interacción fuerte,
5. Mecánico,
6. Térmico.

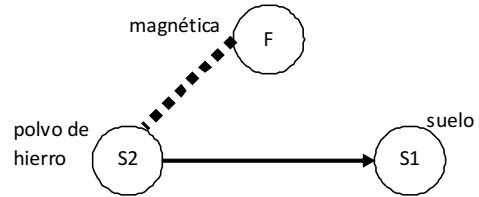
No se considerarán los campos nucleares. Lo que se requiere es una solución muy simple. Se tiene que eliminar el campo de la gravedad porque aún no hemos aprendido a controlarlo. Quedan tres campos –electromagnético, mecánico y térmico”.

Se ve claramente una contradicción física. El campo F deberá actuar sobre la sustancia S1 (suelo) –esto es por especificación del problema- pero el campo F no puede actuar sobre esta sustancia porque no tiene ningún efecto sobre los parámetros de la sustancia S1.

Si es imposible para el campo F actuar directamente sobre la sustancia S1, entonces deberá instrumentarse un libramiento. Permítase al campo F actuar sobre S1 mediante otra sustancia, S2, que instrumente una buena respuesta del campo F.



Supongamos que decidimos emplear un campo magnético. ¿Qué clase de sustancia corresponderá a S2? La respuesta es obvia. Deberá ser una sustancia ferromagnética, por ejemplo, el polvo de hierro, que puede mezclarse fácilmente con el suelo.



Las partículas magnetizadas se atraen unas a otras. Mientras más fuerte es el campo magnético más potente es la atracción. Una mezcla de suelo con polvo ferromagnético en un campo magnético intenso, podría ser tan duro como el granito. La misma mezcla en un campo magnético débil podría ser tan suave como la arena.

Entonces, si el polvo de hierro se mezcla con alguna sustancia, un campo magnético podría fácilmente controlar las propiedades de dicha sustancia –comprimir, ensanchar, inclinar, situar y así por el estilo.

Existen también aplicaciones del análisis campo-sustancia en situaciones no técnicas, por ejemplo el estudio de caso para mejorar el abastecimiento mundial de alimentos (Miller *et al*, 2001). En este estudio de caso se empleó también otra herramienta de TRIZ, las 76 Soluciones Estándar (Terninko *et al*, 2000a, 2000b, 2000c, 2000d y 2000e). Como también es interesante el artículo de Lettieri y Yoneyama (2006), ingenieros aeronáuticos en Brasil, que presentan usando este análisis, un ejemplo educativo para resolver fácilmente problemas de circuitos eléctricos.

Conclusiones

Así, TRIZ es una filosofía, una forma de pensamiento y una metodología que tiene un conjunto de herramientas. Una de esas herramientas es el análisis campo-sustancia, método fácil y rápido para encontrar soluciones innovadoras a diversos problemas.

El análisis consiste en definir el problema mediante un modelo que consta de dos sustancias y una fuerza o campo, que actúa sobre una de ellas o sobre las dos, para obtener el resultado deseado. Los campos pueden ser el gravitatorio, electromagnético, nuclear de interacción débil, nuclear de interacción fuerte, mecánico o térmico.

Cuando falta alguno de estos tres elementos se tiene un sistema incompleto, que requiere ser completado para tener un sistema efectivo. Cuando el sistema está

completo pero es inefectivo, demanda mejoras para crear el efecto deseado, posiblemente agregando otra sustancia o cambiando una de ellas, o bien, utilizando otro campo. Cuando el sistema está completo pero es dañino, se debe eliminar el efecto negativo para contar con un sistema completo efectivo.

Referencias

- Altshuller G. *And Suddenly the Inventor Appeared. TRIZ, the Theory of Inventive Problem Solving*. 6th Printing. USA. Technical Innovation Center, Inc. 2004.
- Altshuller G. *40 Principles. TRIZ Keys to Technical Innovation*. 3th Printing. USA. Technical Innovation Center, Inc. 2002.
- Altshuller G. *The Innovation Algorithm. TRIZ, Systematic Innovation and Technical Creativity*. 2th Printing. USA. Technical Innovation Center, Inc. 2000.
- Lettieri A.C., Yoneyama T. Su-Field: An Educational Example of Inventive Problem Solving in Electrical Engineering [en línea] 2006. Disponible en: <http://www.triz-journal.com/archives/2006/01/05.pdf>
- Mann D. TRIZ for Everyone [en línea] 2002. Disponible en: <http://www.triz-journal.com/archives/2002/01/e/index.htm>
- Miller J., Domb E., McGran E., Terninko J. Using the 76 Standard Solutions: A Case Study for Improving the World Food Supply [en línea] 2001. Disponible en: <http://www.triz-journal.com/archives/2001/04/e/index.htm>
- Nakagawa T. Introduction to TRIZ (Theory of Inventive Problem Solving): A Technological Philosophy for Creative Problem Solving [en línea] 2001. Disponible en: <http://www.osakagu.ac.jp/php/nakagawa/TRIZ/eTRIZ/epapers/eIntro011223/eIntroJCS011104.html>
- Terninko J. Su-Field Analysis [en línea] 2000. Disponible en: http://www.triz-journal.com/archives/2000/02/d/article4_02-2000.PDF
- Teninko J., Domb E., Miller J. The Seventy-six Standard Solutions, with examples. Section One [en línea] 2000a. Disponible en: <http://www.triz-journal.com/archives/2000/02/g/index.htm>
- Teninko J., Domb E., Miller J. The Seventy-Six Standard Solutions, with Examples – Class 2. One [en línea] 2000b. Disponible en: <http://www.triz-journal.com/archives/2000/03/d/index.htm>
- Teninko J., Domb E., Miller J. The Seventy-Six Standard Solutions, with Examples – Class 3. [en línea] (2000c). Disponible en: <http://www.triz-journal.com/archives/2000/05/b/index.htm>
- Teninko J., Domb E., Miller J. The Seventy-Six Standard Solutions, with Examples– Class 4. [en línea] (2000d). Disponible en: <http://www.triz-journal.com/archives/2000/06/e/index.htm>
- Teninko J., Domb E., Miller J. The Seventy-Six Standard Solutions, with Examples– Class 5. [en línea] (2000e). Disponible en: <http://www.triz-journal.com/archives/2000/07/b/index.htm>
- Terninko J., Zusman A., Zlotin B. *Systematic Innovation*. CRC Press LLC. 1998.
- Zlotin B., Zusman A., Kaplan L. Visnepolschi Svetlana, Proseanic Vladimir and Malkin Sergey (2001). TRIZ Beyond Technology: The Theory and Practice of Applying TRIZ to Non-Technical Areas [en línea]. Disponible en: <http://www.triz-journal.com/archives/2001/01/f/index.html>

Semblanza del autor

José Jesús Acosta-Flores. Egresado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Es ingeniero civil, maestro en ingeniería y doctor en ingeniería. Cursó el programa de estudios de ingeniería avanzada en el Instituto Tecnológico de Massachussets. En la Universidad Nacional Autónoma de México es profesor desde 1965. En la Facultad de Ingeniería, UNAM, fue coordinador de su plan de desarrollo 1995-2000, subjefe de la División de Estudios de Posgrado, jefe del Departamento de Ingeniería de Sistemas, miembro del consejo interno de posgrado, de la comisión dictaminadora de la División de Ingeniería Mecánica e Industrial durante dos períodos y de la comisión evaluadora de las primas de desempeño (PRIDE). Ha sido director de 40 tesis de licenciatura, maestría y doctorado. Ha sido autor de numerosos artículos e informes técnicos, así como de siete libros sobre ingeniería de sistemas. En el sector público, trabajó en las Secretarías de Educación Pública, Recursos Hidráulicos, Obras Públicas y Asentamientos Humanos y Obras Públicas. En la iniciativa privada fue director general de desarrollo integral empresarial y consultoría. Miembro fundador de la Academia Mexicana de Tecnología, Académico de número en la Academia de Ingeniería, donde fue presidente de la comisión de ingeniería de sistemas, presidente fundador de la Academia Mexicana de Ciencias, Artes, Tecnología y Humanidades y de la Academia Mexicana de la Ciencia de Sistemas. Recibió la Cátedra Especial “JAVIER BARROS SIERRA” en dos ocasiones, en el año 2003 y en el 2005.